

سنجش عوامل مؤثر بر رشد شهری با تاکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: تبریز)

رحیم سرور - استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
رسول یزدانی - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
علی عشقی چهاربرج^۱ - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۰۴

چکیده

گسترش افقی و بی‌برنامه شهرها متأثر از رشد جمعیت و مهاجرت، منجر به، کمبود زمین، تغییر اراضی مجاور به ساخت‌وسازهای شهری و ایجاد زاغه‌هایی در مکان‌های نامساعد طبیعی گشته است. شهر تبریز طی دهه‌های اخیر رشد و گسترش کالبدی سریعی را تجربه نموده است. رشد بی‌رویه شهری باعث تخریب اراضی باغی مرغوب اطراف شهرها، ایجاد زاغه‌هایی در نواحی پرشیب و بر روی گسل تبریز، ترافیک و انواع آلودگی‌ها شده است. برای مدیریت و برنامه‌ریزی رشد شهر و کاهش اثرات نامطلوب آن شناخت عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری زمین و رشد شهری ضروری می‌باشد. در پژوهش حاضر مدل رگرسیون لجستیک به عنوان یک مدل اطلاعات محور توانایی بالایی در دخیل کردن متغیرهای زیاد دارد جهت تحلیل الگوهای گسترش شهر و روابط بین رشد شهری و عوامل محرکه آن مورد استفاده قرار گرفته است. روش پژوهش توصیفی - تحلیلی باهدف کاربردی است. در این تحقیق، ابتدا با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای طی دوره ۲۲ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۸) با استفاده از روش حداکثر احتمال تغییرات پوشش/کاربری زمین شهر تبریز و اراضی اطراف کشف و تحلیل شد. سپس ۱۴ متغیر مستقل یا عوامل محرکه رشد شهری و متغیر وابسته یا رشد شهری صورت گرفته طی ۲۲ سال اخیر مورد آزمون قرار گرفتند. مدلسازی برای دو دوره ۱۳۹۰ و ۱۴۱۲ صورت گرفت. ابتدا با استفاده از داده‌های سال ۱۳۶۸ رشد شهری برای سال ۱۳۹۰ مدلسازی شد مطابقت بالای نقشه خروجی سال ۱۳۹۰ با نقشه کاربری زمین واقعی سال ۱۳۹۰ صحت مدلسازی را مورد تأیید قرارداد. در نهایت رشد و گسترش شهر برای سال ۱۴۱۲ مدلسازی شد نتایج نشان می‌دهد که احتمال گسترش شهر به سمت جنوب شرق یا جاده تهران و شمال غرب (بطرف مرند و مرز بازرگان) و جنوب غرب (بطرف آذرشهر) بیشتر از نواحی دیگر می‌باشد. جهت اعتبارسنجی مدلسازی و شناخت میزان تأثیرگذاری عوامل مؤثر در رشد شهری از روش ROC استفاده گردید نتایج نشان‌دهنده تأثیر بالای فاصله از باغات و اراضی شهری و در مرحله بعد متغیرهای اراضی بایر و باغات در رشد شهر طی ۲۲ سال اخیر می‌باشد.

واژه گان: گسترش کالبدی، شاخص‌های مؤثر رشد شهری، مدل رگرسیون لجستیک، شهر تبریز

مقدمه

در سال ۲۰۰۷ برای اولین بار در تاریخ، جمعیت شهرنشین از جمعیت روستایی جهان فراتر رفت. جهان طی ۶ دهه اخیر فرآیند شهرنشینی سریعی را تجربه می‌کند، به طوری که در سال ۱۹۵۰، ۳۰ درصد جمعیت جهان شهرنشین بود ولی در سال ۲۰۱۴ به ۵۴ درصد رسید (UN, 2014: 7). انتظار می‌رود جمعیت جهان طی ۵۰ سال آینده ۲/۶ میلیارد نفر افزایش یابد. پیش‌بینی می‌شود بخش زیادی از این رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه جهان، جایی که حدود ۵/۳ میلیارد نفر از جمعیت جهان اکنون در آنجا زندگی می‌کنند، به وقوع بپیوندد. بنابراین پیش‌بینی می‌شود که جمعیت کشورهای در حال توسعه در سال ۲۰۵۰ به ۷/۸ میلیارد نفر برسد در صورتی که جمعیت کشورهای صنعتی در این مدت حدود ۱/۲ میلیارد نفر بدون تغییر بماند (Bounoua et al, 2009: 217). در حال حاضر رشد جمعیت شهری جهان سریعتر از جمعیت کل جهان می‌باشد (UN, 2010). طبق گزارش سازمان ملل بیش از نیمی از جمعیت جهان یعنی حدود ۳/۵ میلیارد نفر در شهرها زندگی می‌کنند که این رخداد به ۶۵ درصد در سال ۲۰۳۰ و به حدود ۷۰ درصد در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (ESA-UN, 2007). این میزان برای کشورهای در حال توسعه بخصوص در آسیا شتاب بیشتری را نشان می‌دهد بطوری که جمعیت شهری قاره آسیا از ۳۱ درصد در سال ۱۹۵۰ به ۶۰ درصد در سال ۲۰۰۹ رسیده است (Population division, 2009). رشد سکونتگاه‌های شهری در کشورها در حال توسعه پنج برابر کشورهای توسعه یافته می‌باشد (Lopez et al, 2001). افزایش سریع جمعیت شهرها باعث ظهور ویژگی‌ها و شرایط جدیدی در ساختار و عملکرد شهرها شده است. طی دهه‌های گذشته شهرهای زیادی در دنیا مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه رشد شهری بی‌سابقه را تجربه کرده‌اند. این رشد شهری با تغییر کاربری زمین و افزایش فعالیت‌های شهر همراه است. این تغییرات با افزایش جمعیت و توسعه اقتصادی مرتبط است (Achmad et al, 2015: 237). بنابراین شهرنشینی فرآیند گزیر ناپذیری است که در اثر توسعه اقتصادی و رشد سریع جمعیت بوجود می‌آید. شهرنشینی، مسئله اصلی بسیاری از نواحی شهری در جهان می‌باشد که شامل گسترش بی‌رویه شهر به سمت نواحی پیرامونی با برنامه‌ریزی و کنترل ضعیف می‌باشد شهرنشینی برنامه‌ریزی نشده مسائل عمده‌ای همچون آلودگی، ترافیک، جنگل‌زدایی و تراکم مکان‌ها را بوجود آورده است (Deep & Saklani, 2014: 179).

گسترش افقی شهر بعد از دهه ۱۹۶۰، یک مشکل جهانی در ارتباط با رشد مادر شهرها شد (Zhao, 2011: 96). گسترش کالبدی شهرها معمولاً با نابودی مناطق کشاورزی و طبیعی همراه است که باعث افزایش اثرات منفی شهرنشینی بر جهان می‌باشد (Momany, 2011: 9). مهم‌ترین اثر این پدیده تغییرات چشم‌انداز است (Han, 2009: 133). رشد سریع شهری موجب مسائل اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی شده که باعث افت کیفیت زندگی ساکنان شهری گشته است (Vermeirn et al, 2012: 19) که در تضاد با اصول توسعه پایدار قرار گرفته است. رشد شهری پایدار، یک مسأله استراتژیک در دستیابی به کیفیت زندگی بهتر از طریق بهبود کیفیت محیط شهری می‌باشد. توسعه پایدار نمی‌تواند جدا از کاربری زمین و قابلیت منابع موجود برای اهداف توسعه انسانی و جامعه باشد (Achmad et al, 2015: 238). گسترش سریع شهرها، فشار شدیدی بر زمین و منابع پیرامون شهر تحمیل می‌کنند. در فرآیند تصمیم‌گیری، مدیران نیازمند بررسی دقیق تغییرات ایجاد شده به وسیله گسترش شهر هستند (Rafiee et al, 2009: 19). یکی از ابزارهای مورداستفاده برنامه‌ریزان در جهت کنترل روند تغییرات کاربری، مدل‌ها هستند. مدل‌ها، ابزاری برای شناسایی تغییرات کاربری زمین می‌باشند و در کشف ارتباط کاربری زمین و عوامل مؤثر بر آن بسیار کارآمد هستند (Kamyab et al, 2010: 89). بر این اساس جهت مدیریت و کنترل رشد شهری و تغییرات کاربری زمین پیرامون شهر شناخت علل و نیروهای بوجود آورنده و تشدیدکننده رشد شهری به عنوان نخستین گام ضروری می‌باشد (Thapa & Murayama, 2010: 71). یکی از بهترین مدل‌ها جهت شناخت عوامل مؤثر در رشد شهری رگرسیون لجستیک می‌باشد. مدلسازی رگرسیون لجستیک، برای تعیین و بهبود شناخت ما از نیروهای اجتماعی، اقتصادی و بیوفیزیکی که بر

رشد شهر تأثیر می‌گذارد و همچنین تعیین نواحی مناسب توسعه شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hu & Lo, 2007: 670). ایران اکنون به‌عنوان یک کشور در حال توسعه شاهد یک فرایند شهرنشینی تقریباً بزرگ مقیاسی است که بیشتر این افزایش جمعیت شهرنشین در چندین شهر بزرگ کشور از جمله تهران، مشهد، تبریز و اصفهان صورت گرفته است (Rafiee et al, 2009: 19). شهر تبریز طی دهه‌های اخیر در اثر رشد زیاد جمعیت و مهاجرت‌های بی‌رویه روستایی - شهری، رشد و گسترش کالبدی زیادی را پذیرفته است. همچنین، در اثر گسترش استفاده از اتومبیل و ترویج فرهنگ مصرفی، زمین زیادی در اطراف شهر به نسبت رشد جمعیت تحت توسعه شهری قرار گرفته است. به طوری که مساحت شهر از ۷۲۲۰ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۲۲۳۴۶ هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است، یعنی طی ۲۷ سال گذشته مساحت شهر بیش از ۳ برابر گشته است. در صورتی که جمعیت شهر در سال ۱۳۶۳ حدود ۹۵۷ هزار نفر بوده که در سال ۱۳۹۰ به ۱۳۳۶ هزار نفر رسیده است، یعنی طی ۲۷ سال گذشته جمعیت شهر فقط ۱/۳ برابر افزایش یافته است (Gorbany, 2015: 26). گسترش افقی و بی‌برنامه شهر تبریز با افزایش جمعیت و رشد روزافزون شهرنشینی منجر به، تغییر کاربری‌های مجاور به ساخت و سازهای شهری و ایجاد زاغه‌هایی در نواحی پرشیب شده است که نشان‌دهنده نوعی پراکنش شهری می‌باشد. افزایش جمعیت به‌نوبه‌ی خود باعث توسعه فیزیکی و کالبدی بدون برنامه و لجام‌گسیخته، و ایجاد شهرک‌های در پیرامون کلان‌شهر تبریز شده است تخریب باغ‌ها و زمین‌های زراعی به نفع ساخت‌وسازها، توسعه درشیب‌های تند، همجواری‌های نامناسب در کاربری‌ها و ... از جمله تبعات این نوع توسعه‌های فیزیکی است. لذا برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب زیست‌محیطی حاصل از چنین فرآیندی، شناخت نیروهای تأثیرگذار در گسترش کالبدی بی‌رویه شهر ضروری می‌باشد. در پژوهش حاضر رویکرد مدلسازی علل و نیروهای تأثیرگذار رشد شهری و تغییرات کاربری زمین پیرامون شهر تبریز با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک تشریح شده است. این مدلسازی روش مناسبی جهت کشف رابطه بین رشد شهری و نیروهای اجتماعی، اقتصادی و بیوفیزیکی برای پیش‌بینی الگوی آتی شهر می‌باشد. هدف این پژوهش مدلسازی احتمال رشد شهر تبریز برای سال ۱۴۱۲ می‌باشد. در زمینه ارزیابی گسترش افقی شهرها و تغییرات کاربری اراضی، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی روند آن مطالعات زیادی صورت گرفته است. به برخی از تحقیقاتی در این زمینه اشاره می‌شود:

گنگ^۱ (۱۹۹۳) در پژوهشی با استفاده از مؤلفه‌های اصلی و مجموعه‌های فازی به ارزیابی تغییرات در شهر انتاریو کانادا پرداخته است و تغییرات صورت گرفته را در یک تصویر نشان داد. جنرت^۲ و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهشی به ارزیابی تغییر چشم‌انداز بیابان‌ها در مرکز آریزونا^۳ به‌واسطه گسترش مناطق شهری از سال ۱۹۱۲ تا ۱۹۹۵ با استفاده از مدل (Markov- cellular automata) پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که گسترش مناطق شهری با نتایج افزایش جمعیت در این دوره مطابق بوده است. مونالیزا میشر^۴ (۲۰۱۲) در پژوهشی در شهر بوبنسوار^۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰-۱۹۹۷ و GIS، گسترش پراکنده‌وار شهر و نظارت بر استفاده از زمین شهری و تغییرات کاربری اراضی را ارزیابی کرد و در نهایت به پیش‌بینی گسترش شهر در آینده پرداخت. واکود^۶ و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان "ارزیابی گسترش شهری با استفاده تصاویر ماهواره‌ای لندست و GIS (مطالعه موردی: حیدرآباد هند)" با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰-۱۹۸۹ و GIS به استخراج تغییرات کاربری اراضی شهری در نتیجه گسترش شهری پرداخته‌اند. چنگ سون^۷ و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به عنوان "کم

1. Gong
2. Jenerette
3. Arizon
4. Monalisha Mishra
5. Bhubaneswar
6. Wakode
7. Cheng Sun

سازی میزان رشد و پویایی شهر در شهرگوانژو^۱ با استفاده از RS" به برآورد میزان کم سازی رشد شهری و کمک به برنامه ریزان در استفاده از زمین‌های شهری پرداخته‌اند.

احدنژاد (۱۳۷۹) برای کشف و ارزیابی تغییرات از روش‌های تفریق تصاویر و تحلیل مؤلفه‌های اصلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با شاخص زیان باری در منطقه مراغه پرداخته است. ربیعی و همکاران (۱۳۸۴) در پژوهشی با عنوان "کشف و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی" با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۰ و GIS به ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی با تأکید بر گسترش افقی شهر اصفهان پرداخته‌اند. پورمحمدی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان را در بین سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۸۴ با استفاده از روش رگرسیون خطی و مدل کراس تب موردبررسی قرار دادند نتایج تحقیق، همبستگی، شدت، وسعت و مکانیزم تبدیل و تغییر کاربری اراضی شهری شهر زنجان را به‌عنوان برآیند و تجسم گسترش فضایی- کالبدی آن نشان می‌دهد. واحدیان بیکی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی اثرات توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییرات کاربری اراضی منطقه ۵ را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و GIS باهدف شناخت و تحلیل کاربری‌های که نقش مهمی در حفظ و سلامت منطقه و شهر دارند موردبررسی قرار دادند. قربانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی عوامل مؤثر در روند توسعه فیزیکی کلانشهر تبریز را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه لندست ۵ و ۷ و تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای شی‌گرا تغییرات کاربری اراضی در مقطع زمانی ۲۰۱۱-۱۹۸۴ مورد ارزیابی قرار دادند نتایج تحقیق نشان داد مقدار مساحت کلانشهر تبریز (مادر شهر تبریز و شهرهای اقماری) از ۷۲۲۰/۳۴ هکتار در سال ۱۹۸۴ به ۲۲۳۴۶/۸۲ هکتار در سال ۲۰۱۱ رسیده است. مساحت قابل توجهی از توسعه اخیر بر بستر سیلابی و پهنه‌های آسیب‌پذیر از زلزله صورت گرفته که لزوم مدیریت توسعه آتی شهرهای محدوده را می‌طلبد. در نهایت با استفاده از مدل سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف Ca_Markov به پیش بینی الگوی آتی کاربری اراضی در قالب رویکرد حفاظت زیست‌محیطی و منطبق بر اصول توسعه پایدار تا سال ۲۰۳۸ پرداخته شد

در تحقیق حاضر، با استفاده تصویر لندست+ETM مربوط به سال ۱۳۹۰ و لندست TM سال ۱۳۶۸ به ارزیابی تغییرات کاربری در محدوده شهری تبریز در دوره‌های زمانی (۱۳۶۸-۱۳۹۰) در یک دوره ۲۲ پرداخته و میزان تغییرات انواع کاربری‌ها به کاربری اراضی ساخته‌شده مورد بررسی قرار گرفته است؛ برای بررسی روند تغییرات، لایه‌های فاکتورها مؤثر بر گسترش شهر یا همان متغیرهای مستقل و پیشگویی‌کننده در نرم‌افزار IDRISI Selva به روش فازی استانداردسازی و وارد مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار IDRISI گردیدند. خروجی مدل پیش‌بینی تغییرات احتمالی اراضی تا سال ۱۴۱۲ است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر توصیفی- تحلیلی با هدف کاربردی است. در این تحقیق، ابتدا با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای از دوره‌های زمانی (۱۳۶۸-۱۳۹۰) اقدام به سنجش تغییرات کاربری زمین در یک دوره ۲۲ ساله گردیده است. تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار پردازش تصویر ENVI4.7 پیش‌پردازش و پردازش گردیدند. در رگرسیون لجستیک، نیاز به یک متغیر وابسته گسسته از نوع بولین یا باینری و چندین متغیر مستقل یا پیش‌بینی‌کننده پیوسته است. متغیر وابسته در این تحقیق نواحی رشد شهری طی دو دوره ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ می‌باشد. نواحی که در سال ۱۳۶۸ جزء مناطق غیر شهری بودند ولی در سال ۱۳۹۰ جزء مناطق شهری شدند به‌عبارت‌دیگر نواحی که طی دو دوره مورد مطالعه در آن‌ها رشد شهری

1. Gwangju

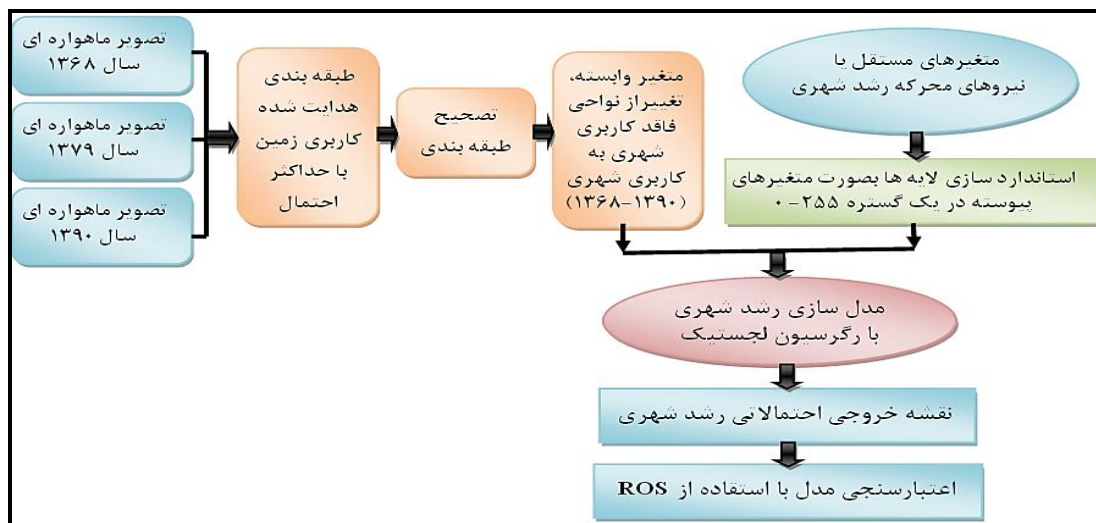
صورت گرفته است عدد ۱ و نواحی که طی دو دوره مورد مطالعه در آن‌ها رشد شهری صورت نگرفته عدد صفر اختصاص می‌یابد. در مرحله دوم، اقدام به تهیه لایه‌های عوامل مؤثر بر رشد و گسترش شهر با استفاده از منابع مختلف (نقشه کاربری زمین حاصل از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه خطوط ارتباطی، لایه رقومی ارتفاعی، نقشه کاربری زمین شهر تبریز و داده‌های آماری شهر از جمله جمعیت و تراکم جمعیت) در محیط نرم‌افزار ARC/GIS گردید. در مرحله بعد، به خاطر آنکه داده‌ها از انواع و منابع متفاوت می‌باشند نیازمند استانداردسازی و طبقه‌بندی مجدد می‌باشند، بنابراین لایه‌های فاکتورها و عوامل مؤثر بر رشد و گسترش شهر یا همان متغیرهای مستقل و پیش‌گویی‌کننده در نرم‌افزار IDRISI Selva به روش فازی استانداردسازی شدند. در مرحله آخر، هم متغیر وابسته و هم متغیرهای مستقل یا عوامل مؤثر بر توسعه شهر وارد مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار IDRISI گردیدند. خروجی‌های مدل شامل یک نقشه احتمالاتی رشد شهری است که میزان احتمال تبدیل به شهر شدن هر نقطه را به صورت عددی بین صفر تا یک نشان می‌دهد. هرچقدر ارزش سلول به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده این است که آن نقطه قابلیت بیش‌تری برای شهر شدن دارد و هرچقدر به صفر نزدیک‌تر باشد قابلیت توسعه شهری آن کمتر است. خروجی‌های دیگر شامل ROC و Pseudo-R² می‌باشد. ROC به صورت عددی بین ۰-۱ بیان می‌شود که از منحنی ROC به دست می‌آید. ارزش یک برای میزان ROC نشان‌دهنده توافق کامل مکانی بین نقشه رشد شهری پیش‌بینی‌شده و میزان واقعی رشد شهری است. ارزش ۰/۵ برای این معیار بیان‌کننده تصادفی بودن موقعیت‌ها است میزان قابل قبول بین ۰/۸-۱ می‌باشد. Pseudo-R² در رگرسیون لجستیک برای آزمون رضامندی مدل بکار می‌رود در صورتی که در رگرسیون‌های غیر لجستیک، میزان ضریب تعیین‌کنندگی R² تغییرپذیری کلی متغیرها در مدل را نشان می‌دهد. میزان قابل قبول Pseudo-R² برای تأیید رضامندی مدل در محدوده ۰/۴-۰/۲ است.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش برای مدل‌سازی رشد شهری تبریز بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ عبارت‌اند از:

۱. نقشه طبقه‌بندی‌شده پوشش/کاربری زمین شهر تبریز و اراضی پیرامونی شهر تصویر لندست ETM+ مربوط به سال ۱۳۹۰ و لندست TM سال ۱۳۶۸،
 ۲. نقشه رقومی ارتفاعی در سطح شهرستان،
 ۳. نقشه کاربری زمین شهر،
 ۴. نقشه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شبکه‌های ارتباطی طی سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۰،
 ۵. داده‌های آماری شهر تبریز به صورت جدول و نقشه، و اطلاعات طرح تفصیلی شهر تبریز.
- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق شامل لندست TM سال ۱۳۶۸ با اندازه سلول ۳۰ متر و ETM+ سال ۱۳۹۰ با اندازه سلول ۳۰ متر می‌باشد. تصاویر در نرم‌افزار ENVI4.7 به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال و در ۶ کلاس پوشش/کاربری زمین (سطوح ساخته‌شده، صنعتی، اراضی بایر، اراضی زراعی، باغات و سطوح آبی) طبقه‌بندی شدند. بعد از فرآیند طبقه‌بندی، اقدام به ارزیابی صحت طبقه‌بندی با استفاده از دو روش دقت کلی و ضریب کاپا گردیده است.

جدول ۱. ارزیابی صحت طبقه‌بندی

تصاویر ماهواره‌ای	دقت کلی (درصد)	ضریب کاپا
لندست TM سال ۱۳۶۸	۹۸/۸۹	۰/۹۷
لندست ETM سال ۱۳۹۰	۹۷/۸۵	۰/۹۶



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

کاربرد تکنیک‌های آماری برای به دست آوردن روابط ریاضی بین متغیرهای وابسته و مجموعه‌های مستقل (یا پیش بینی کننده) به طور گسترده‌ای در مدل‌سازی سیستم‌های اجتماعی-اقتصادی و دیگر سیستم‌های سودمحور مطرح شده است. معمول‌ترین تکنیک‌های آماری مورداستفاده، شامل تحلیل رگرسیون چندمتغیره است. در رگرسیون چندگانه و لجستیک ارتباط بین چند متغیر مستقل با یک متغیر وابسته سنجیده می‌شود. مدل‌های آماری که موضوع اصلی آن‌ها تحلیل تغییر کاربری زمین است، از دهه ۱۹۶۰ شروع شده‌اند (Bryasvlys, 2010: 167-168). مدل‌های تغییر کاربری زمین را می‌توان در اصل به دو نوع اطلاعات محور مثل مدل برآورد تجربی رگرسیون لجستیک و قوانین انتقال محور مثل سلول‌های خودکار تقسیم کرد. مدل‌های شبیه‌سازی قانون - محور، مانند مدل سلول‌های خودکار برای مشارکت دادن آثار متقابل مکانی و بهره‌گیری از پویایی زمانی بسیار مطلوب هستند. اگرچه مدل‌های سلول خودکار برای شبیه‌سازی الگوهای مکانی و درک فرآیندهای مکانی - زمانی رشد شهری مفید هستند، اما وارد کردن متغیرهای اقتصادی-اجتماعی کافی در این مدل‌ها به دشواری انجام می‌شود به عبارت دیگر سلول‌های خودکار به دنبال شبیه‌سازی الگوهای فضایی هستند نه فرآیندهای فضایی. مدل‌های برآورد تجربی همانند مدل رگرسیون لجستیک از فنون آماری برای مدل‌سازی ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و نیروهای اثرگذار براساس داده‌های گذشته استفاده می‌کنند و این توانایی را دارند که با سهولت نسبی متغیرهای بیشتری را وارد فرآیند مدل‌سازی کنند در واقع مدل رگرسیون لجستیک به دنبال تبیین و فهم فرآیندهای فضایی-زمانی رشد شهری هستند. مدل رگرسیون لجستیک سه هدف اصلی را دنبال می‌کند. اول آنکه امکان شناسایی متغیرهای مؤثر یا مستقل بر توسعه شهری را فراهم می‌کند. دوم آن که اهمیت نسبی متغیرهای شاخص را برآورد می‌کند و در آخر، برای شناسایی موقعیت تغییرات شهری در آینده‌ای نزدیک، مناسب است (Hu & Lo, 2007: 668، Kamyab et al, 2010:89-90). بنابراین، مدل رگرسیون لجستیک برای مرتبط کردن رشد شهری با نیروهای محرک جمعیت‌شناختی، اقتصادی و زیست‌محیطی و ایجاد یک نقشه احتمالاتی رشد شهری (که احتمال تبدیل به شهر شدن را برای هر یک از پیکسل‌ها به صورت عددی بین صفر تا یک بیان می‌کند) مورداستفاده قرار می‌گیرد (Hu & Lo, 2007: 670).

در آمار، رگرسیون لجستیک یک نوعی از تحلیل رگرسیونی برای پیش‌بینی خروجی یک متغیر وابسته گسسته بر پایه یک یا چند متغیر پیشگویی کننده است. رگرسیون لجستیک زمانی کاربرد خواهد داشت که متغیر وابسته، گسسته است و رابطه آن با متغیرهای مستقل از منحنی لگاریتمی (منحنی نمایش S شکل) تبعیت می‌کند. رگرسیون لجستیک یک روش

مرسوم برای مدلسازی و تحلیل تجربی کاربری زمین و تغییر کاربری زمین می‌باشد (Fang et al, 2005: 294). در رگرسیون لجستیک، متغیر وابسته بولین می‌باشد. متغیرهای مستقل در این مدل پیشگویی کننده متغیر وابسته می‌باشد و می‌تواند در یک مقیاس اسمی، ترتیبی، فاصله‌ای یا نسبتی باشد. رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل غیرخطی می‌باشد (Park et al, 2011: 108).

رگرسیون روشی برای کشف روابط تجربی بین یک متغیر باینری و چندین متغیر پیوسته و جداگانه مستقل می‌باشد (Jokararsanjani et al, 2012: 2). اگر ارزش‌های باینری ۱ و ۰ به ترتیب برای نشان دادن رشد و عدم رشد شهری بکار روند و نیز اگر فرض شود که احتمال اینکه یک سلول به کاربری شهری تغییر یابد از یک انحنای لجستیک تبعیت می‌کند، بوسیله تابع لجستیک تشریح می‌شود (Hu & Lo, 2007: 671). به‌طور کمی، رابطه بین یک رویداد و وابستگی‌اش به چندین متغیر می‌تواند به صورت زیر بیان شود.

$$p = \frac{1}{1 - e^{-z}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، p تناسب وقوع رشد شهری پیش‌بینی شده می‌باشد. تناسب در محدوده بین ۰ تا ۱ در یک انحنای S شکل می‌باشد و z نشان‌دهنده ترکیب خطی می‌باشد و بصورت زیر بیان می‌شود.

$$z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad \text{رابطه (۲)}$$

در اینجا، b_0 برش عرضی مدل می‌باشد، $b_{i(i=0,1,2,\dots,n)}$ نمایش دهنده ضرایب مدل رگرسیون لجستیک می‌باشد و $X_{i(i=0,1,2,\dots,n)}$ نشان‌دهنده متغیرهای مستقل می‌باشد (Park et al, 2011: 108). بنابراین، احتمال اینکه یک سلول به کاربری شهری تبدیل شود از معادله مدل رگرسیون لجستیک تبعیت می‌کند:

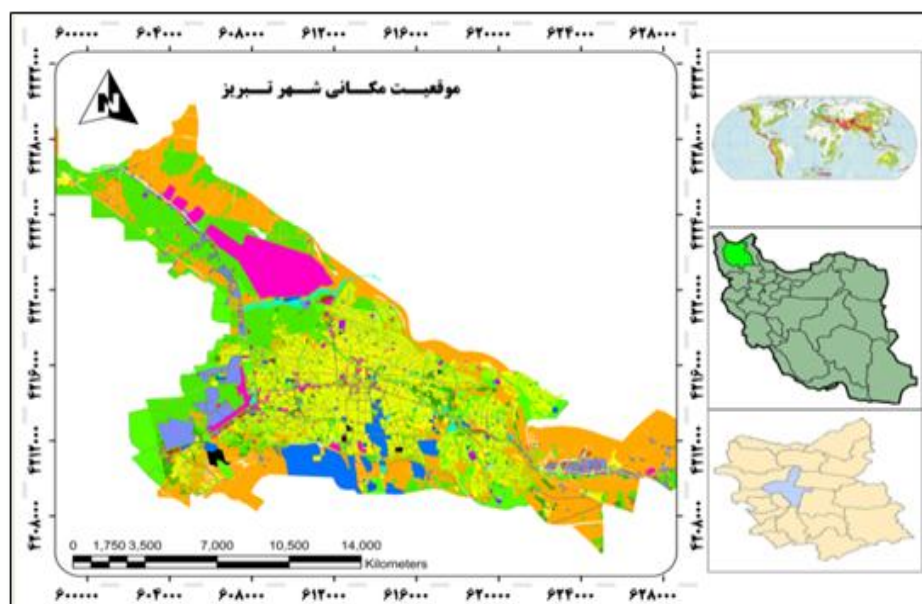
$$P(Y = 1|X_1, X_2, \dots, X_K) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i)}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در اینجا، $P(Y = 1|X_1, X_2, \dots, X_K)$ احتمال اینکه متغیر وابسته Y دارای ارزش ۱ می‌باشد، در واقع احتمال شهری شدن یک سلول می‌باشد. X_i یک متغیر مستقل است که نمایانگر نیروی محرکه شهرنشینی می‌باشد که می‌تواند بصورت عدد فاصله‌ای، ترتیبی و قیاسی باشد. β_i یک ضریبی برای متغیر X_i می‌باشد (Hu & Lo, 2007: 671). برای اعتبارسنجی مدل رگرسیون لجستیک از روش ROC^۱ استفاده می‌شود. ROC اساساً مقیاسی است که تعداد تطبیقی پیکسل‌ها را در یک نقشه تشریح می‌کند (Fang et al, 2005: 300). روش ROC در مطالعات مدلسازی تغییرات پوشش/کاربری زمین بکار می‌رود و همچنین به عنوان یک روش مطمئن برای کنترل و اعتبارسنجی مدل‌ها بکار می‌رود. این روش روابط بین تغییرات پیش‌بینی شده و واقعی را اندازه‌گیری می‌کند و درصد مثبت‌های غلط (-false positives)، مثبت‌های درست (true-positives) در یک محدوده‌ی مشخصی محاسبه می‌کند و آن‌ها را در یک نمودار به یکدیگر مرتبط می‌سازد. ROC قسمت تحت انحناء را که بین ۰/۵ تا ۱ می‌باشد محاسبه می‌نماید. ارزش ۰/۵ نشان‌دهنده تصادفی بودن احتمالات و ارزش ۱ نشان‌دهنده تطابق کامل احتمالات یعنی تطابق کامل بین رشد شهری واقعی و اندازه‌گیری شده می‌باشد (Alsharif & Pradhan, 2014: 157).

1. relative operating characteristic

محدوده مورد مطالعه

شهر تبریز، مرکز استان آذربایجان شرقی به عنوان بزرگ‌ترین شهر شمال غرب ایران، از لحاظ مختصات جغرافیایی در ۴۶ درجه و ۲۶-۸ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۹-۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهر از شمال و شرق به کوه‌های عون بن علی، از جنوب به رشته‌کوه‌های سه‌هند و از غرب با شیب ملایمی به دریاچه ارومیه ختم می‌شود. این شهر در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۴۹۵۰۰۰ نفر جمعیت داشت و وسعت شهر ۲۴۴۵۳ هکتار بود (Engineers Environment, 2013).



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

یافته‌ها و بحث

تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری زمین

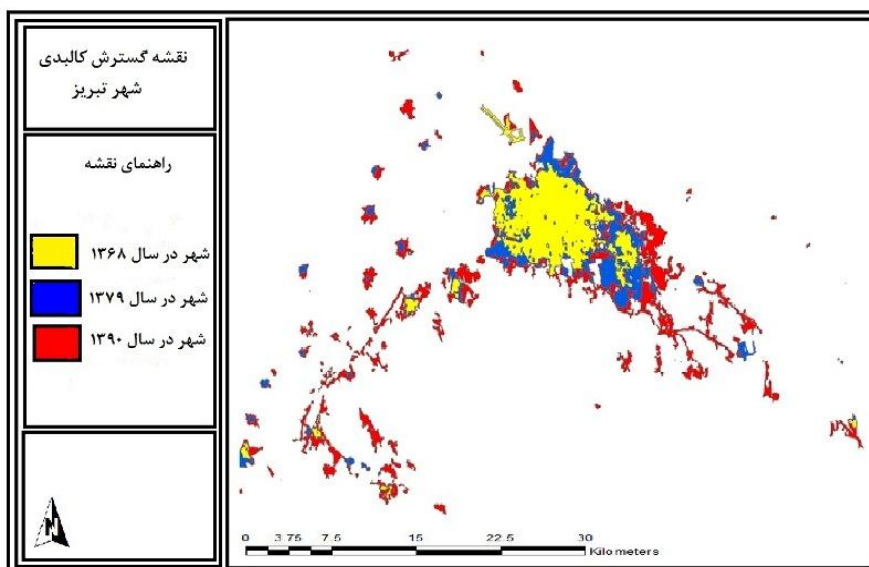
برای تحلیل تغییرات صورت گرفته طی ۲۲ سال گذشته از جداول متقاطع یا crosstab استفاده گردیده است. جدول و نقشه crosstab در نرم‌افزار IDRISI ایجاد گردیدند. جداول (۲) و (۳) تغییرات کاربری زمین شهر تبریز و اطراف آن را به میزان ۲۰۹۸۴۲ هکتار طی ۲۲ سال اخیر را نشان می‌دهد.

جدول ۲. جدول crosstab تغییرات کاربری زمین طی ۲۲ سال اخیر

شرح	کاربری شهری	کاربری صنعتی	باغات	اراضی بایر	اراضی زراعی	سطوح آبی	مجموع
کاربری شهری	۵۵۰۷/۴	۰/۲	۲۲۳۴	۸۱۴۷/۸	۴۷۲/۷	۲/۷	۱۶۳۶۴/۸
کاربری صنعتی	۰	۲۸۴/۲	۳۴۰/۹	۲۷۸۷/۲	۴۰۶/۳	۷/۵	۳۸۲۶/۱
باغات	۱/۵	۰/۱	۹۲۳۳/۲	۲۱۸۲/۷	۲۹۲۹/۴	۱۷/۵	۱۴۳۶۳/۴
اراضی بایر	۲/۵	۱/۲	۲۱۸۷/۵	۱۷۵۱۵۸	۳۰۶۸۷	۱۵/۶	۱۸۰۴۳۳/۵
اراضی زراعی	۰/۲	۰	۳۴۴۸/۲	۸۲۹۶/۶	۶۹۶۶	۱۰/۵	۱۷۷۲۱/۵
سطوح آبی	۰	۰	۴/۳	۹۵/۸	۰	۳۴۸/۲	۴۴۸/۳
مجموع	۵۵۱۱/۶	۲۸۵/۷	۱۶۴۴۷/۱	۱۹۶۶۶۸/۱	۱۳۸۴۳/۱	۴۰۲	۲۳۳۱۵۷/۶
تغییرات	۴/۲	۱/۵	۷۲۱۴/۹	۲۱۵۱۰/۱	۶۸۷۷/۱	۵۳/۸	-

گسترش کالبدی شهر تبریز

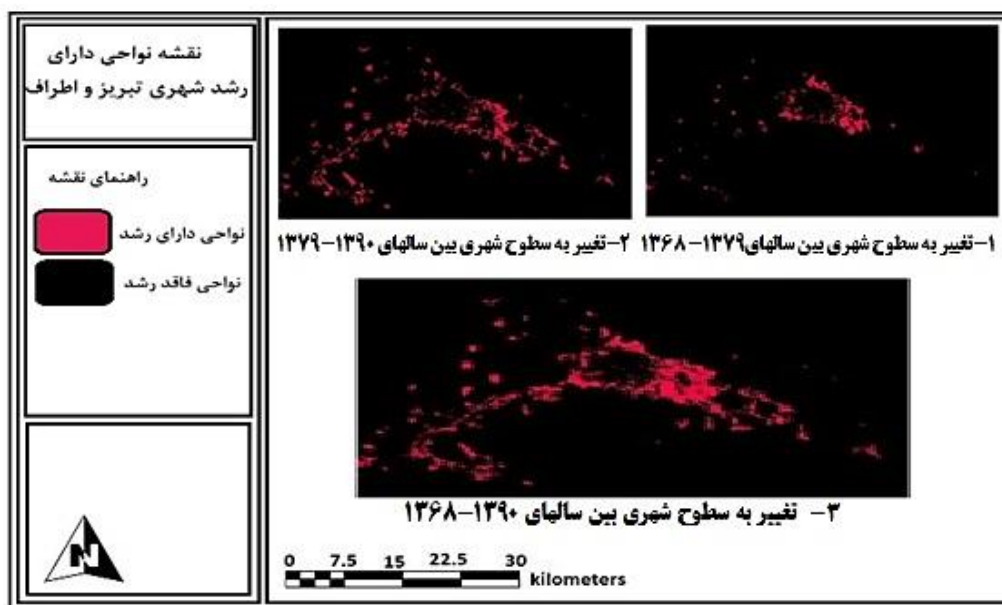
شهر تبریز در دوره‌های سرشماری ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ به ترتیب دارای جمعیتی حدود ۲۹۰، ۴۰۳، ۵۹۸، ۹۷۱، ۱۱۹۱، ۱۳۷۹ و ۱۴۹۵ هزار نفر داشت. در واقع جمعیت شهر طی ۵۵ سال گذشته ۵/۱ برابر شده است. به موازات افزایش جمعیت این شهر، گسترش فیزیکی آن نیز بسیار شدید بوده است. تبریز در سال ۱۳۸۰، ۷۰۰ هکتار وسعت داشته است. این رقم در سال ۱۳۳۵ به ۱۷۷۰ هکتار، در سال ۱۳۵۵ به ۴۵۸۰ هکتار و در سال ۱۳۶۵ به ۱۴۰۰۰ هکتار رسیده است. در واقع وسعت شهر بین سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۶۵ نزدیک به ۸ برابر شده است. بیشترین شدت این گسترش بین سال‌های ۱۳۵۵-۶۵ بوده است که وسعت شهر از ۴۵۸۰ هکتار به یکباره به ۱۴۰۰۰ هکتار رسید. وسعت شهر تبریز در سال ۱۳۹۰ نیز به ۲۴۴۵۳ هکتار افزایش یافت (مشهدی‌زاده دهقانی، ۱۳۷۴: ۴۶۲ و مرکز آمار ایران: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تبریز). یعنی مساحت شهر طی ۵۵ سال گذشته حدود ۱۳/۸ برابر شده است که در مقایسه با رشد ۵/۱ برابری جمعیت شهر، افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر گسترش مساحت شهر ۲/۵ برابر رشد جمعیت شهر بوده است و این نشان‌دهنده گسترش کالبدی بی‌رویه و کم تراکم یا همان پدیده (Sprawl) در شهر تبریز می‌باشد. شکل (۴) گسترش کالبدی شهر تبریز را طی ۲۲ سال اخیر نشان می‌دهد.



شکل ۴. گسترش کالبدی شهر تبریز طی دوره زمانی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰

متغیر وابسته

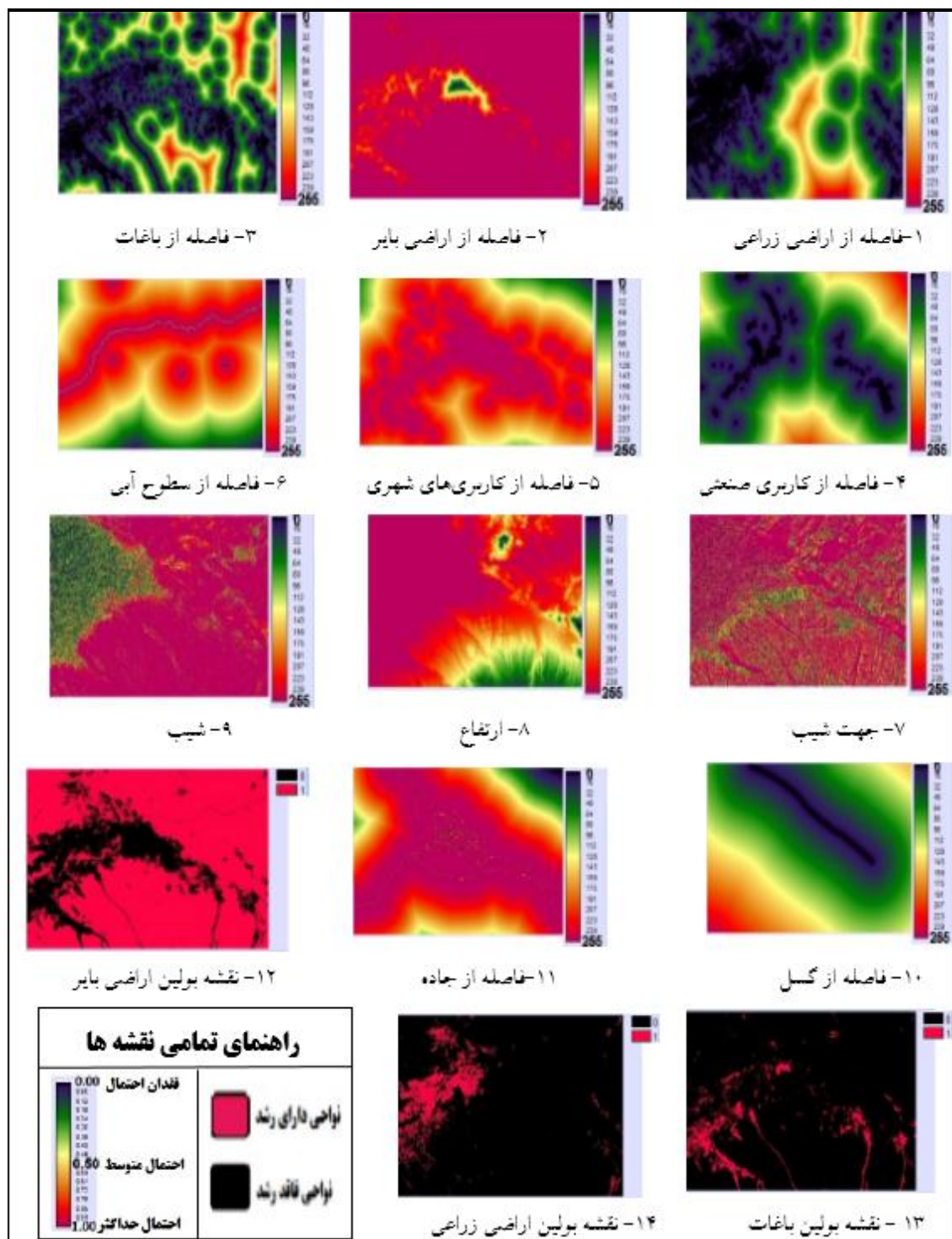
در مدل رگرسیون لجستیک، متغیرهای پیشگویی‌کننده مورد دستکاری قرار می‌گیرند تا تأثیرشان بر روی متغیر وابسته یا همان نواحی که طی دوره ۲۲ ساله (۱۳۶۸-۱۳۹۰) شهری شده‌اند، شناخته شود و متغیر وابسته در رگرسیون لجستیک، گسسته بولین یا باینری (دوگانه) می‌باشد. در این تحقیق، متغیر نواحی دارای رشد شهری به عنوان متغیر وابسته مطرح می‌باشد به طوری که نواحی دارای رشد شهری ارزش ۱ و نواحی که رشد شهری در آن‌ها صورت نگرفته ارزش صفر می‌گیرند. با استفاده از نقشه‌های کاربری زمین سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ نقشه تغییرات سطوح شهری بین دوره‌های ۱۳۶۸-۱۳۷۹، ۱۳۷۹-۱۳۹۰ و ۱۳۶۸-۱۳۹۰ به صورت نقشه بولین (۰ و ۱) ایجاد گردید و وارد مدل شد. در این نقشه‌ها سلول‌هایی با ارزش ۱ نشان‌دهنده تغییر از کاربری‌های غیر شهری به کاربری شهری بوده و به عنوان متغیر وابسته شناخته می‌شود. شکل (۵) نشان‌دهنده نواحی دارای رشد شهری طی ۲۲ ساله اخیر می‌باشد.



شکل ۵. متغیرهای وابسته پژوهش

متغیرهای مستقل

نیروهای محرکه رشد شهری عموماً شامل فاکتورهای اجتماعی - اقتصادی و بیوفیزیکی می‌باشند. نیروهای محرکه یا همان متغیرهای مستقل و پیشگویی‌کننده مؤثر چندی در تحلیل رشد شهری تبریز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. متغیرهای مستقل مورد استفاده‌شده در این تحقیق عبارت‌اند از: ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از کاربری شهری، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی زراعی، فاصله از باغات، فاصله از سطوح آبی، فاصله از گسل، فاصله از خطوط ارتباطی، تراکم، نقشه بولین اراضی بایر، نقشه بولین اراضی زراعی و نقشه بولین باغات. از آنجاکه این متغیرهای مستقل از منابع متعدد و گوناگون می‌باشد و مقیاس‌های عددی‌شان نیز با یکدیگر متفاوت است، بنابراین نیازمند طبقه‌بندی مجدد و استانداردسازی می‌باشند. به‌عنوان مثال در متغیرهای فاصله از کاربری شهری، فاصله از خطوط ارتباطی، فاصله از اراضی بایر و نیز فاصله از سطوح آبی، نواحی که در مجاورت و نزدیکی با این سطوح و خطوط هستند قابلیت بیشتری برای تبدیل به شهر شدن دارند. در صورتی‌که، در متغیرهای مستقل فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از اراضی زراعی و باغات و فاصله از گسل، نواحی که در مجاورت و نزدیکی با این سطوح می‌باشند قابلیت کمتری برای تبدیل به شهر شدن دارند.



شکل ۶. متغیرهای مستقل یا پیش‌گوئی‌کننده مؤثر در رشد شهر تبریز

در متغیرهایی مثل ارتفاع و شیب یا جهت شیب عامل فاصله تأثیرگذار نیست بلکه برای هرکدام معیار و اندازه خاصی مطرح می‌باشد. به‌عنوان مثال در متغیر شیب، اغلب نواحی با شیب بین ۱۵-۳ مناسب رشد شهری می‌باشند، و نواحی با شیب کمتر اغلب دارای مشکل تخلیه رواناب و نواحی با شیب بیشتر نیز دارای مشکل دسترسی دارند. در متغیر ارتفاع نیز نواحی مرتفع‌تر مشکلات بیولوژیکی و کمبود اکسیژن را دارند و یا در متغیر جهت شیب، در عرض‌های جغرافیایی شمال، نواحی که جهت شیب به سمت شمال می‌باشند دچار کمبود نور و گرمای خورشید می‌باشند و در عرض‌های جغرافیایی جنوب، نواحی که جهت شیب به سمت جنوب می‌باشند همین وضعیت را دارند. بنابراین نقشه‌های متغیرهای مستقل با استفاده از عملگرهای استانداردسازی فازی در نرم‌افزار IDRISI بسته به نقش متغیر در توسعه شهری و در فرمت بین ۲۵۵-۰ طبقه‌بندی مجدد شدند. علاوه بر متغیرهای مستقل پیوسته، چندین متغیر مستقل نیز به صورت بولین می‌باشد، که شامل نقشه بولین اراضی بایر، نقشه بولین اراضی زراعی و باغات می‌باشد.

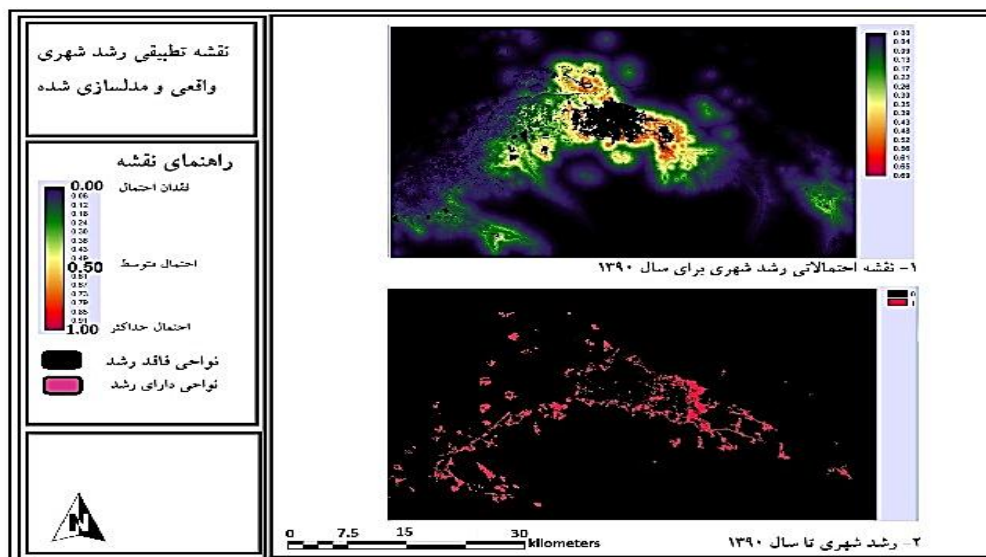
جدول ۳. متغیرهای وابسته و مستقل

متغیر	نوع متغیر	ماهیت متغیر
متغیر وابسته	۰- عدم رشد شهری * ۱- رشد شهری	بولین
متغیر مستقل	ارتفاع	پیوسته
متغیر مستقل	شیب	پیوسته
متغیر مستقل	جهت شیب	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از کاربری شهری	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از کاربری صنعتی	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از اراضی بایر	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از اراضی زراعی	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از باغات	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از سطوح آبی	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از خطوط ارتباطی	پیوسته
متغیر مستقل	فاصله از گسل	پیوسته
متغیر مستقل	۰- اراضی غیر بایر * ۱- اراضی بایر	بولین
متغیر مستقل	۰- اراضی غیر زراعی * ۱- اراضی زراعی	بولین
متغیر مستقل	۰- اراضی غیر باغی * ۱- اراضی باغی	بولین

شبیه‌سازی رشد شهری

تحلیل رگرسیون لجستیک برای آشکارسازی روابط بین رشد شهری و نیروهای محرکه اجتماعی- اقتصادی و بیوفیزیکی بکار می‌رود. متغیر وابسته، رشد شهری بوجود آمده طی ۲۲ سال اخیر می‌باشد و متغیرهای مستقل، فاکتورهای اجتماعی- اقتصادی و بیوفیزیکی (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از کاربری شهری، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی زراعی، فاصله از باغات، فاصله از سطوح آبی، فاصله از گسل، فاصله از خطوط ارتباطی، تراکم، نقشه بولین اراضی بایر، نقشه بولین اراضی زراعی و نقشه بولین باغات) می‌باشد. متغیر وابسته از طریق تفریق کلاس کاربری شهری نقشه طبقه‌بندی شده پوشش/کاربری زمین سال ۱۳۹۰ از کلاس کاربری شهری نقشه طبقه‌بندی شده پوشش/کاربری زمین سال ۱۳۶۸ بدست آمده است. متغیرهای مستقل با استفاده از متغیرهای مورد بررسی در تحقیقات پیشین انتخاب شده‌اند. مدلسازی رشد شهر برای دو دوره ۱۳۹۰ با استفاده از نقشه‌های پایه سال ۱۳۶۸، و دوره ۱۴۱۲ با استفاده از نقشه‌های پایه ۱۳۹۰ انجام گرفته است. نقشه خروجی احتمالاتی برای سال ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که بیشتر نواحی که قابلیت زیادی برای رشد تا سال ۱۳۹۰ داشتند، نواحی بودند که در سال ۱۳۹۰ به کاربری‌های شهری

تبدیل شده‌اند و بنابراین صحت مدلسازی را تأیید می‌کنند و امکان مدلسازی رشد شهری را برای سال‌های آتی میسر می‌سازد. شکل (۷) مقایسه دو نقشه، رشد واقعی صورت گرفته در سال ۱۳۹۰ با استفاده از پردازش تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۹۰ و نقشه احتمالاتی رشد شهری مدل‌سازی شده برای سال ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد.



شکل ۷. مقایسه نقشه کاربری زمین واقعی با نقشه احتمالاتی سال ۱۳۹۰

نقشه خروجی نیز تحت عنوان نقشه احتمالاتی رشد شهری، قابلیت نواحی را برای توسعه شهری در یک گستره بین صفر تا یک نشان می‌دهند، به طوری که سلول‌هایی که به صفر نزدیک‌ترند (سلول‌های بارنگ سیاه و بنفش)، احتمال کمتری برای تبدیل به شهر شدن دارند و در مقابل سلول‌هایی که ارزش یک را دارند و یا به یک نزدیک‌ترند (سلول‌هایی بارنگ قرمز تا زرد) از احتمال بیشتری برای تبدیل به شهر شدن دارند. همچنین، سلول‌هایی که نزدیک به ارزش ۰/۵ دارند (سلول‌هایی بارنگ بین سبز و زرد)، قابلیتشان برای شهر شدن در حد متوسط می‌باشد.

مسئله حائز اهمیت در مدل مورداستفاده این است که علاوه بر نقشه احتمالاتی رشد شهری، یک جدول خروجی را نیز نشان می‌دهد، که حاوی بسیاری از نماگرهای آماری مربوط به مدلسازی رشد شهری و روابط بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته می‌باشد. خروجی‌های دیگر شامل ROC و Pseudo-R² می‌باشد. ROC به صورت عددی بین ۰-۱ بیان می‌شود که از منحنی ROC به دست می‌آید. ارزش یک برای میزان ROC نشان‌دهنده توافق کامل مکانی بین نقشه رشد شهری پیش‌بینی شده و میزان واقعی رشد شهری است. ارزش ۰/۵ برای این معیار بیان‌کننده تصادفی بودن موقعیت‌ها است. میزان قابل قبول بین ۰/۸-۱ می‌باشد. Pseudo-R² در رگرسیون لجستیک برای آزمون رضامندی مدل بکار می‌رود در صورتی که در رگرسیون‌های غیر لجستیک، میزان ضریب تعیین‌کنندگی R² تغییرپذیری کلی متغیرها در مدل را نشان می‌دهد. میزان قابل قبول Pseudo-R² برای تأیید رضامندی مدل در محدوده ۰/۲-۰/۴ است. در پژوهش حاضر میزان Pseudo R-square و ROC برای این مدل نیز به ترتیب ۰/۳۴۳۴ و ۰/۹۱۱۱ بدست آمد که تأییدکننده مدلسازی می‌باشند. برای اعتبارسنجی مدلسازی رشد شهری در آینده ابتدا با استفاده از داده‌های سال ۱۳۶۸، نقشه احتمالاتی برای افق سال ۱۳۹۰ استخراج شد. مقایسه نقشه احتمالاتی سال ۱۳۹۰ با نقشه واقعی کاربری زمین سال ۱۳۹۰ نشان‌دهنده مطابقت زیاد بین این دو نقشه و صحت مدلسازی می‌باشد. چنانچه نقشه نواحی مناسب رشد شهری سال ۱۳۹۰ نشان می‌دهد نواحی بارنگ قرمز و زرد دارای بیشترین احتمال تبدیل به شهر شدن را دارند و همین

نواحی در نقشه واقعی کاربری زمین سال ۱۳۹۰ در شکل (۷) به کاربری شهری تبدیل شده‌اند. بنابراین مدل‌سازی رشد آتی شهر برای ۲۲ سال آینده انجام گرفت.

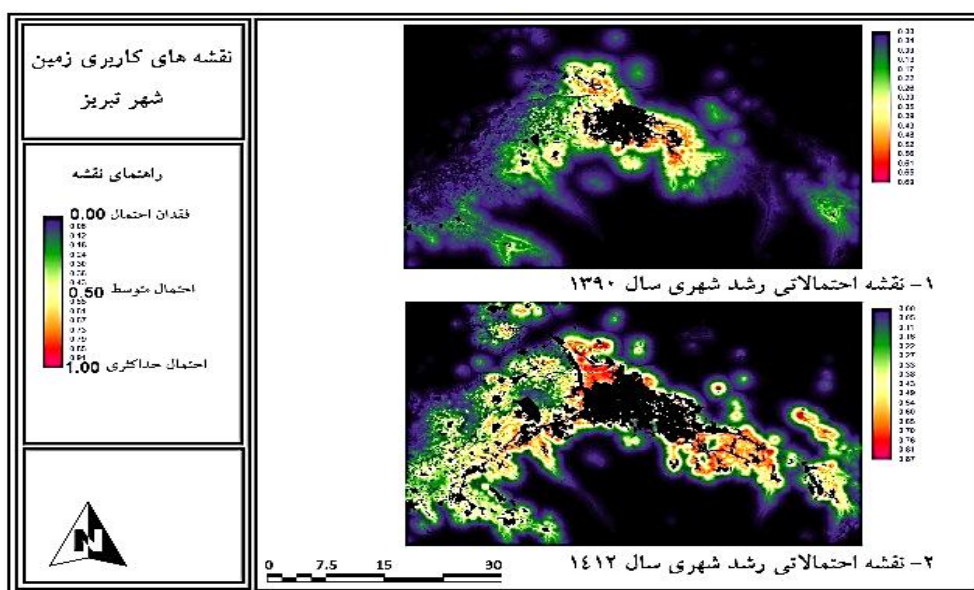
مدلسازی رشد شهری تا سال ۱۳۹۰

برای مدل‌سازی رشد شهری سال ۱۳۹۰، متغیرهای مستقل سال ۱۳۶۸ و متغیر وابسته (نواحی دارای رشد شهری طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۶۸) وارد مدل رگرسیون لجستیک می‌شوند. ۱۱ متغیرهای مستقل مورد استفاده پیوسته بودند و ۳ متغیر مستقل اراضی زراعی، باغات و اراضی بایر و متغیر وابسته نواحی دارای رشد شهری طی دوره‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۸ دارای ماهیت بولین بودند. میزان Pseudo R-square و ROC برای این مدل نیز به ترتیب ۰/۳۴۳۴ و ۰/۹۱۱۱ بدست آمد که به دلیل قرار داشتن در محدوده مورد قبول تأییدکننده مدل‌سازی می‌باشند. به همراه نتایج آماری مدل، نقشه احتمالاتی پیش‌بینی رشد شهری برای سال ۱۳۹۰ نیز به دست آمد. مقایسه بصری و همپوشانی نقشه پیش‌بینی شده برای سال ۱۳۹۰ با نقشه واقعی کاربری زمین سال ۱۳۹۰ مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای نیز نشان می‌دهد که تطابق بالایی بین دو نقشه وجود دارد و صحت مدل‌سازی را نشان می‌دهد. معادله رگرسیونی حاصل از این مدل نیز به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Logit (URBAN CHANGE 1989-2010)} = -18.9835 + 0.0072*\text{barren1989 distance fuzzy} - 0.0060*\text{farm1989 distance fuzzy} - 0.0485*\text{garden1989 distance fuzzy} - 3.573\text{E-}04*\text{industry1989 distance fuzzy} + 0.0435*\text{urban1989 distance fuzzy} + 0.0046*\text{water1989 distance fuzzy} - 0.0071*\text{gosal distance fuzzy} - 4.281\text{E-}04*\text{road1989 distance fuzzy} + 0.0016*\text{dem fuzzy} + 6.114\text{E-}04*\text{slope fuzzy} - 8.353\text{E-}04*\text{aspect fuzzy} + 6.7049*\text{barren1989} + 5.7298*\text{farm1989} + 6.3256*\text{garden1989}.$$

مدلسازی رشد شهری تا سال ۱۴۱۲

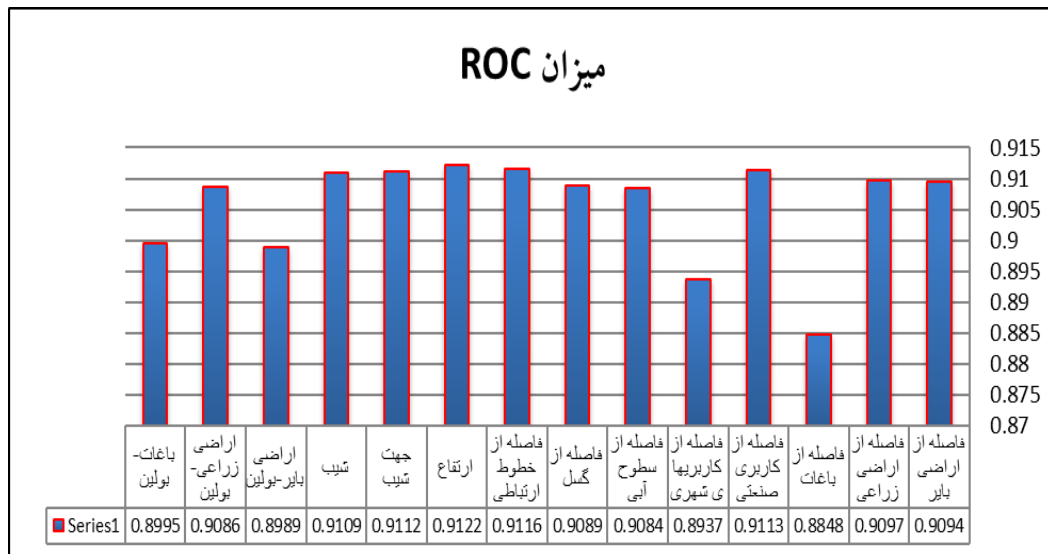
برای توسعه شهری سال ۱۴۱۲ نیز مانند روش سال ۱۳۹۰ با استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۰ اقدام به مدل‌سازی گردید. ۱۱ متغیرهای مستقل مورد استفاده، پیوسته بودند و ۳ متغیر مستقل اراضی زراعی، باغات و اراضی بایر و متغیر وابسته نواحی دارای رشد شهری طی دوره‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۸ دارای ماهیت بولین بودند. به دلیل عدم تغییر متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت و فاصله از گسل طی ۲۲ سال گذشته از متغیرهای سال ۱۳۶۸ استفاده شده است، ولی متغیرهای فاصله از سطوح ساخته شده شهری، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده و متغیرهای بولین اراضی بایر و اراضی کشاورزی مربوط به سال ۱۳۹۰ استفاده شده است. خروجی مدل نقشه‌های احتمالاتی رشد شهری در طیف ۰-۱ است که نشان‌دهنده تناسب نقاط (پیکسل‌ها) برای توسعه شهری طی ۲۲ سال آینده ۱۳۹۰ و ۱۴۱۲ می‌باشد. نواحی که به ۱ نزدیک‌تر بودند دارای قابلیت بیشتری برای توسعه شهری می‌باشند و نواحی نزدیک به عدد صفر از قابلیت پائینی برای توسعه شهری برخوردارند. بنابراین نواحی دارای قابلیت بیشتر برای توسعه شهری را به صورت بولین برای هر دو دوره ۱۳۹۰ و ۱۴۱۲ استخراج کرده و در یک نقشه جداگانه برای سهولت ارائه نتایج نمایش داده می‌شود.



شکل ۸. نقشه‌های احتمالاتی رشد شهری سال ۱۳۹۰ و ۱۴۱۲

اعتبارسنجی مدل با استفاده از روش ROC

به منظور شناخت عواملی که بیشترین تأثیر را در رشد و گسترش شهری دارند اقدام به اعتبارسنجی مدل گردیده است. روش ROC برای اعتبارسنجی مدل رگرسیون لجستیک بکار می‌رود. ROC اساساً مقیاسی است که تعداد تطبیقی پیکسل‌ها را در یک نقشه تشریح می‌کند (Fang et al, 2005: 300). در این روش، پس از مدلسازی با تمامی مجموعه متغیرهای مستقل، مدل به تعداد متغیرهای مستقل دوباره به مرحله اجرا درمی‌آید با این تفاوت که این بار در هر مرحله اجرای مدل، یکی از متغیرهای مستقل حذف و مدل با متغیرهای مستقل باقیمانده اجرا می‌شود. در این روش میزان تأثیر هر کدام از متغیرهای مستقل در رشد شهری سنجیده می‌شود، به طوری که میزان ROC در هر بار مدلسازی رگرسیون لجستیک با حذف یک متغیر مستقل استخراج گردیده و بر اساس میزان تفاوت با مدل کامل، اثر متغیر مستقل محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر با توجه به تفاوت میزان ROC در هر بار اجرای مدلسازی به میزان تأثیر آن متغیر مستقل که در مدلسازی رگرسیون لجستیک حذف شده است پی برده می‌شود. چنانچه در نمودار به‌وضوح مشاهده می‌شود، میزان ROC در مدلسازی رگرسیون لجستیک بدون متغیر فاصله از باغات (۰/۸۸۴۸) و سپس در مرتبه دوم در مدلسازی بدون متغیر مستقل فاصله از کاربری‌های شهری (۰/۸۹۳۷) دارای بیشترین تفاوت با میزان‌های ROC مدلسازی‌های دیگر می‌باشند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که فاکتورهای فاصله از باغات و فاصله از کاربری‌های شهری دارای بیشترین تأثیر در رشد شهری تبریز طی ۲۲ سال اخیر بوده است. بعد از متغیرهای فاصله از باغات و فاصله از کاربری‌های شهری، میزان ROC در مدلسازی‌های بدون متغیرهای مستقل بولین اراضی بایر (۰/۸۹۸۹) و متغیر مستقل بولین باغات (۰/۸۹۹۵) نسبت به مدلسازی‌های دیگر متفاوت می‌باشد. بنابراین، بعد از متغیرهای فاصله از باغات و فاصله از کاربری‌های شهری، متغیرهای اراضی بایر و باغات در مرتبه بعدی تأثیرگذاری در رشد شهری می‌باشد. تأثیر متغیرهای دیگر نیز نسبت به یکدیگر یکسان می‌باشد.



شکل ۹. اعتبارسنجی مدل با استفاده از حذف متغیرهای مستقل

یافته‌های این پژوهش نتایج مطالعات قربانی و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر تأثیر عوامل مؤثر در توسعه فیزیکی کلانشهر تبریز بر تغییر کاربری اراضی محدوده را تأیید می‌کند. همچنین نشان می‌دهد که مساحت قابل توجهی از توسعه اخیر بر بستر سیلابی و پهنه‌های آسیب‌پذیر از زلزله صورت گرفته که لزوم مدیریت توسعه آتی شهرهای محدوده را می‌طلبد. یافته‌های این پژوهش مبنی بر تأثیر عوامل مؤثر در توسعه فیزیکی شهرها بر تغییر کاربری اراضی محدوده با توجه به اسناد بالادست نیز تأیید می‌شود. یافته‌های ربیعی و همکاران (۱۳۸۳) مبنی بر کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پورمحمدی و همکاران (۱۳۸۷) مبنی بر ارزیابی گسترش فضایی - کالبدی شهر زنجان زمین با تأکید بر تغییر کاربری زمین طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۵، کامیاب و همکاران (۱۳۸۹) مبنی بر اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدلسازی توسعه شهری گرگان و همچنین یافته‌های روستایی و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر سنجش فضایی گسترده‌ی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه (مطالعه موردی: ارومیه)، تأثیر عوامل مؤثر در توسعه فیزیکی شهرها بر تغییر کاربری اراضی محدوده را تأیید می‌کنند. با توجه به اینکه در تمامی تحقیقات انجام شده در این زمینه بر لزوم مدیریت توسعه آتی شهرهای تأکید شده است، تلاش برای بهبود مدیریت توسعه آتی شهرهای تا حصول به توسعه‌ی پایدار شهری ضروری است.

نتیجه‌گیری

مدل رگرسیون لجستیک در تشریح کمی رابطه بین رشد و گسترش شهر با نیروهای محرکه اجتماعی، اقتصادی و بیوفیزیکی که بر رشد شهر تأثیر می‌گذارند می‌باشد. در این تحقیق، از مدل رگرسیون لجستیک برای مدلسازی تأثیر عوامل مؤثر بر رشد و گسترش شهر تبریز استفاده گردیده است. شهر تبریز به عنوان مرکز استان دارای مرکزیت تولیدی، خدماتی، گردشگری و آموزشی قابلیت بالایی در رشد و توسعه شهری دارا می‌باشد. طی دهه‌های گذشته رشد و گسترش زیادی در جمعیت و مساحت شهر صورت گرفته است. شهر تبریز در سال ۱۳۳۵ حدود ۲۹۰ هزار نفر جمعیت داشت و مساحت شهر ۱۷۷۰ هکتار بود که در سال ۱۳۶۵ جمعیت شهر به حدود ۹۷۱ هزار نفر و مساحت شهر به ۱۴۰۰۰ هکتار افزایش یافت. جمعیت شهر در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۴۹۵ هزار و مساحت شهر به ۲۴۴۵۳ هکتار رسید. یعنی طی ۵۵ سال

گذشته جمعیت شهر ۵/۱ برابر افزایش یافت، در صورتی که مساحت شهر در این مدت حدود ۱۳/۸ برابر افزایش یافته است. بیشترین تغییرات به کاربری‌های شهری نیز از اراضی بایر و باغات اطراف شهر صورت گرفته است. در رشد و گسترش شهر عوامل مختلف اجتماعی - اقتصادی و بیوفیزیکی بسیاری دخیل است و درک و شناخت رفتار این عوامل و متغیرها برای مدیریت بهتر شهر و پیش‌بینی وضعیت آتی شهر ضروری است. بنابراین، با توجه به قابلیت‌های مدل رگرسیون لجستیک در شناخت تأثیر و میزان تأثیر عوامل اجتماعی - اقتصادی و بیوفیزیکی در رشد شهر، از این مدل برای تحلیل عوامل رشد شهر تبریز طی ۲۲ سال اخیر و پیش‌بینی روند گسترش شهر طی ۲۲ سال آینده استفاده گردیده است. مدلسازی رشد و گسترش شهر برای سال ۱۳۹۰ نشان‌دهنده مطابقت بالایی نتیجه مدلسازی با نقشه کاربری زمین واقعی سال ۱۳۹۰ دارد، بنابراین برای مدلسازی گسترش شهر برای آینده اقدام گردید. نقشه خروجی احتمالاتی نیز نشان‌دهنده این است که احتمال گسترش شهر به سمت جنوب شرق یا جاده تهران و شمال غرب (به طرف مرنده و مرز بازرگان) و جنوب غرب (به طرف آذرشهر) بیشتر از نواحی دیگر می‌باشد. در مرحله آخر نیز برای شناخت میزان تأثیرگذاری عوامل مؤثر در رشد شهری یا همان متغیرهای مستقل، از روش حذف مرحله‌ای متغیرهای مستقل در هر بار مدلسازی استفاده شد. یعنی در هر بار مدلسازی رگرسیون لجستیک یکی از متغیرهای مستقل را حذف نموده تا تأثیر آن در رشد شهری سنجیده شود. بدین صورت که با مقایسه میزان ROC در هر نوبت مدلسازی به تأثیر متغیرهای مستقل در رشد شهر پی برده می‌شود. نتایج مدلسازی نشان‌دهنده تأثیر خیلی بالایی فاصله از باغات و فاصله از کاربری‌های شهری در رشد و گسترش شهر طی ۲۲ سال گذشته می‌باشد. بعد از عوامل فاصله از باغات و فاصله از کاربری‌های شهری، متغیرهای بولین اراضی بایر و باغات تأثیر نسبتاً زیادی در رشد و گسترش شهر دارند.

منابع

۱. احدنژاد، روشتی، محسن. (۱۳۷۹). *ارزیابی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (منطقه مورد مطالعه مراغه)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، رشته سنجش‌ازدور.
۲. بریاسولیس، هلن. (۱۳۸۸). *الگوهای تحلیلی تغییر کاربری زمین؛ رویکردهای نظری و مدلسازی*، مترجمین؛ مجتبی رفیعیان و مهران محمودی، تهران: انتشارات آذرخش.
۳. پورمحمدی، محمد رضا. جمالی، فیروز. و اصغری زمانی، اکبر. (۱۳۸۷). *ارزیابی گسترش فضایی - کالبدی شهر زنجان با تأکید بر تغییر کاربری زمین طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۵*. پژوهش جغرافیایی، (۶۳)، ۲۹-۴۶.
۴. ربیعی، حمیدرضا. ضیائیان، پرویز. و علی محمدی، عباس. (۱۳۸۴). *کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی*، فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۹ (۴)، ۱۹-۳۲.
۵. روستایی، شهریور، احدنژاد، محسن. و فرخی صومعه، مینا. (۱۳۹۳). *سنجش فضایی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه (مطالعه موردی: ارومیه)*، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، ۱۸، شماره ۵۰، ۱۸۹-۲۰۰۶.
۶. قربانی، رسول. پورمحمدی، محمدرضا. و محمود زاده، حسن. (۱۳۹۳). *رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلانشهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه‌ای*، ارزیابی چندمعیاری و سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف (۱۳۶۳-۱۴۱۷)، فصلنامه مطالعات شهری، (۸) ۱۳-۳۰.

۷. کامیاب، حمیدرضا. سلمان ماهینی، عبدالرسول. حسینی، سیدمحسن. و غلامعلی فرد، مهدی. (۱۳۸۹) اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدلسازی توسعه شهری گرگان. *مجله محیط‌شناسی*، ۵۴، ۸۹-۹۶.
۸. مرکز آمار ایران. (۱۳۹۰) *سرشماری عمومی نفوس و مسکن، شهرستان تبریز*.
۹. مشهدی زاده دهقانی، ناصر. (۱۳۷۴). *تحلیلی از ویژگی‌های برنامه‌ریزی شهری در ایران، تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران*.
۱۰. معاونت شهرسازی و معماری شهرداری شهر تبریز. (۱۳۹۲). *اهم ضوابط و مقررات طرح تفصیلی شهر تبریز*.
۱۱. مهندسان مشاور نقش محیط. (۱۳۹۱). *طرح توسعه و عمران (جامع) شهر تبریز*.
۱۲. مؤمنی، ایمان. (۱۳۸۹)، *مدلسازی رشد شهری شهر تهران تا سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل SLEUTH*، تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، شهرداری تهران.
۱۳. واحدیان بیکی، لیللا. پوراحمد، احمد. سیف‌الدینی، فرانک. (۱۳۹۰). اثر توسعه شهر تهران بر تغییر کاربری اراضی منطقه ۵، فصلنامه *نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ۴ (۱)، ۲۹-۴۶.
14. Alsharif, A. & Pradhan, B., (2014), Urban sprawl analysis of Tripoli metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic regression model, *Journal of Indian society of remote sensing*, (42).
15. Achmad, A. & Hasyim, S. & Dahlan, B. and AuliaDwira, N., (2015.) Modeling of urban growth in tsunami-prone city using logistic regression: Analysis of Banda Aceh, Indonesia, *Applied geography*, (62).
16. Bounoua, L. & Safia, A. & Masek, J. & Peters-Lidard, C. and Imhoff Marc, L., (2009.) Impact of urban growth on surface climate: a case study in Oran, Algeria, *Journal of applied meteorology and climatology*, (48).
17. Deep, S. and Saklani, A., (2014.) Urban sprawl modeling using cellular automata, *The Egyptian journal of remote sensing and space sciences*, (17).
18. ESA-UN., (2007), *World Urbanization Prospects: The 2005 Revision.2*
19. Fang, S. & Z.Gertner George, Sun Zhanli and A. Anderson Alan., (2005), The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl, *Landscape and urban planning*, (73).
20. Gong, P., (1993). Change Detection Using Principal Component Analysis and Fuzzy Set Theory, *Can, J. Remote Sensing*. 19(1) 22 – 29.
21. Han, J. Hayashi, Y. Cao, X. Imura, H., (2009), Application of an integrated system dynamics and cellular automata model for urban growth assessment: A case study of Shanghai, China *Landscape and Urban Planning*, www.elsevier.com.
22. Hu Zhiyong and Lo C.P., (2007), Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression, *Computers, environment and urban systems*, (31).
23. Jenerette, G.D., Wu. J., (2001). "Analysis and simulation of land use change in the central Arizon Phoenix region, USA", *Landscape Ecology*., 16, 611-626.
24. JokarArsanjani, Jamal; Helbich, Marco; Kainz, Wolfgang; DarvishiBloorani, Ali., (2012), Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion, *International journal of applied earth observation and geoinformation*.
25. 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*, (55).

26. Mishra, M. & Mishra, K.K. and Subudhi, A. P., (2014). Urban sprawl mapping and land use change analysis using remote sensing and GIS (Case study of Bhubaneswar City, Orissa). Retrieved from www.gisresources.com.
27. Population Division, United Nations, (2009). World population prospects. UN.
28. 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*, (99).
29. Rafiee, Reza, Salman Mahiny, A. & Khorasani, N. & Darvishsefat. A.A. and Danekar, A., (2009), simulating urban growth in Mashad city, Iran through the SLEUTH model (UGM), cities, NO 26.
30. Sun, C. & Zhi-feng, W., Zhi-qiang, L., Na, Y. & Jian-bing, W., (2013), Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 409–417.
31. Thapa, B.R. & Murayama, Y., (2010). Drivers of urban growth in the Kathmandu valley, Nepal: Examining the efficacy of the analytic hierarchy process; *Applied Geography*, 30.
32. United Nations, Department of economic and social affairs, (2014). *World urbanization prospects: The 2014 revision*, New York: United nation publication.
33. United Nations, Department of economic and social affairs, (2010). *World urbanization prospects: The 2010 revision*, New York: United nation publication.
34. Vermeiren, K. & Van, R. A. & Loopmans, M. & Serwajja, Eria. And Mukwaya, P., (2012), Urban growth of Kampala, Uganda: Pattern analysis and scenario development, *Landscape and urban planning*, NO 106.
35. Wakode, H. B. & Klaus, B. & Ramakar, J. and Raffig, A., (2014). Analysis of urban growth using Lands at TM/ETM data and GIS- a case study of Hyderabad, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(1), 109-121.
36. Zhao, P., (2011), Managing urban growth in a transforming China: Evidence from Beijing, Land Use Policy, www.elsevier.com.