

کاربرد رگرسیون لجستیک در مدل سازی توسعه شهری

مطالعه موردی: منطقه شهری بناب

حسن محمودزاده^۱ - دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری
قهرمان خوش روی - دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۸

چکیده:

توسعه شهری و رشد بیرونی خارج از کنترل و ناهماهنگ در پیرامون مناطق شهری باعث از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی و تبدیل آنها به اراضی ساخته شده و افزایش ترافیک و آلودگی های زیست محیطی می شود. برای مدیریت و برنامه ریزی توسعه شهری و همچنین ارزیابی اثرات تجمعی آن، بررسی و شبیه سازی توسعه فیزیکی شهر ضروری می باشد. در سه دهه گذشته، توسعه شهر بناب به سوی پیرامون باعث تخریب اراضی زراعی و باغی و منابع زیست محیطی آن گردیده که ادامه توسعه با روند بیان شده باعث تشدید مسائل زیست محیطی خواهد شد. از این رو، هدف از این مطالعه، درک عوامل مؤثر در روند توسعه فیزیکی شهر بناب با توجه به مقوله توسعه فضایی پایدار شهری از بعد اکولوژیکی و حفظ شرایط زیست محیطی آن در دو دهه آتی می باشد. با استفاده از تصاویر ماهواره ای چندزمانه لندست ۵ و تکنیک های پردازش تصاویر ماهواره ای شی گرا، تغییرات کاربری اراضی در مقطع زمانی ۱۳۹۰-۱۳۶۳ با تأکید بر گسترش پراکنده منطقه شهری بناب و روستاهای پیرامونی، مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس نتایج حاصله، مقدار مساحت منطقه شهری بناب و شش روستای پیرامونی از ۶۰۸/۴ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۱۷۱۷/۷ هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است. ۱۰۶۵/۱۵ هکتار از توسعه بیان شده بر روی اراضی باغی و زراعی صورت گرفته که لزوم مدیریت توسعه آتی مبتنی بر اصول توسعه پایدار را می طلبد. بدین منظور عوامل مؤثر بر توسعه فیزیکی منطقه شهری بناب بر اساس پیشینه تحقیق در قالب ۱۴ شاخص شناسایی و با استفاده از روش رگرسیون لجستیک، نقشه احتمال توسعه شهری تهیه گردید. پس از پیش بینی الگوی آتی توسعه شهری در شهر بناب و روستاهای پیرامونی با استفاده از راهبرد حفاظت از باغات و فضاهای سبز در فرایند توسعه شهری با بلوک بندی نقشه احتمال توسعه شهری، دادن فضای لازم برای توسعه، استخراج کمربند سبز طبیعی و پیشنهاد اعمال ممنوعیت توسعه در اطراف کمربند سبز، حفظ ذخایر اکولوژیک شهر بناب با کاهش تخریب اراضی باغی و کشاورزی و کنترل رشد پراکنده و انفصال شهرها و روستاها عملیاتی شده است.

واژگان کلیدی: شهر بناب، رشد پراکنده، رگرسیون لجستیک، تغییرات کاربری اراضی، طبقه بندی شی گرا.

۳۱

شماره چهارم

بهار ۱۳۹۴

فصلنامه

علمی-پژوهشی

مطالعات

شهری

کاربرد رگرسیون لجستیک در مدل سازی توسعه شهری

۱. مقدمه

توسعه شهری و مهاجرت جمعیت از روستا به نواحی شهری، پدیده جهانی مهمی به شمار می‌رود. به طور فزاینده‌ای، مراکز جمعیتی کوچک و منزوی به مراکز شهری بزرگی تبدیل می‌شوند و تغییر زمین‌های طبیعی به کاربری‌های شهری اجتناب‌ناپذیر است (Liu:2009:1). اکنون رشد جمعیت شهری جهان سریع‌تر از جمعیت کل جهان می‌باشد و بیش از نیمی از جمعیت جهان در نواحی شهری زندگی می‌کنند (United nations, 2010:1). بیشتر این رشد در کشورهای در حال توسعه اتفاق افتاده و رشد سکونتگاه‌های شهری در این کشورها پنج برابر کشورهای توسعه یافته می‌باشد (Lopez et al, 2001: 271). این رشد سریع جمعیت در نواحی شهری منجر به افزایش تقاضا برای زمین و در نتیجه تغییر کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی طبیعی مثل جنگل و کشاورزی به کاربری‌های شهری مثل مسکونی، صنعتی و جاده‌ها شده است. پراکنش، رشد بیرونی خارج از کنترل و ناهماهنگ در پیرامون مناطق شهری است که باعث تخریب شدن فضای سبز، افزایش ترافیک و از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی و تبدیل آنها به اراضی ساخته شده می‌شود. پراکنش، زمین‌های بیشتری را نسبت به توسعه فشرده مصرف می‌کند و یک پدیده جهانی است که نه تنها کشورهای در حال توسعه بلکه کشورهای توسعه یافته نیز با آن درگیرند. همچنین به رشد بیرونی مناطق شهری و عطش ادغام نواحی مجاور روستایی در بافت شهری با رشدی نابرابر و ناخواسته اطلاق می‌شود که منجر به استفاده ناکارآمد از منابع به ویژه زمین می‌شود (Sudhira and Ramachandra, 2007: 86).

گسترده‌ی زمانی اتفاق می‌افتد که نرخ استفاده از زمین‌های غیرکشاورزی یا غیرطبیعی از نرخ رشد جمعیت تجاوز کند (Bhatta, 2010: 30). گرایش به کاهش تراکم شهری نشانه‌ای از گسترده شدن شهری است (Bogart, 2009: 42). از آثار توسعه کالبدی، گسترش در حاشیه شهر یا منطقه ده‌شهرها و آن سوی مرزهای اداری شهرهاست. این توسعه شهری به سوی مناطق بیرونی پیش رفته و موجب تغییراتی در کاربری اراضی پیرامونی آن می‌شود (Shieh, 1998: 65). هرچه شهر بزرگتر باشد از اطراف خود اراضی بیشتری طلب می‌کند و بدین ترتیب خطر تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد (Bahreyni, 1989: 76). یکی از موضوعات حیاتی قرن ۲۱ درباره پایداری شهر، چگونگی رشد و توسعه شهر در فضا است. شکل شهر به عنوان الگوی توسعه فضایی فعالیت‌های انسان در برهه خاصی از زمان تعریف می‌شود (Anderson, 1996: 8) و دو الگوی اصلی پراکنندگی شهری و تراکم شهری تقسیم می‌شود (Katie et al., 2000:271). از آنجاکه شکل پراکنندگی شهر یا گسترش افقی و ساخت‌وسازهای جدید در اطراف شهر، باعث آسیب‌های اجتماعی-اقتصادی و تخریب منابع زیست‌محیطی در شهرها و اطراف آنها گردیده، با توسعه شهر ممکن است بسیاری از زمین‌های قابل کشت مجاور شهرها برای ساختمان سازی استفاده شود. در چنین موقعیت‌هایی، کشاورزان اطراف شهر بر اثر چند برابر شدن قیمت زمین‌ها، به تولید محصول علاقه نشان نمی‌دهند

(Shakoui., 1994:303).

نانسی (۲۰۰۸) پنج نوع از مطالعات اکولوژیکی را در محیط‌های شهری شناسایی نمود که عبارتند از: ۱- مقایسه انواع مختلف کاربری اراضی در داخل تنظیمات شهری، ۲- مقایسه یک محدوده شهری با یک محدوده مجاور طبیعی، ۳- تجزیه و تحلیل گرادیان، ۴- مطالعات دینامیک توسعه شهری با مانیتورینگ یک منطقه مجزا در طول زمان و ۵- مطالعه ردپای اکولوژیکی (Nancy et al, 2008). با نگاهی به این طبقه‌بندی مشخص می‌شود که این مقاله در طبقه‌بندی مطالعات اکولوژیکی در دسته چهارم جا می‌گیرد.

۲. پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بررسی گسترش شهرها بسیار مورد توجه بوده است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

کامیاب و همکاران در پژوهشی با عنوان اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل سازی توسعه شهری گرگان از سه گروه متغیر مستقل شامل متغیرهای اجتماعی-اقتصادی، بیوفیزیکی و کاربری زمین استفاده کرده و با ۱۰ متغیر مختلف، رشد شهری گرگان را مشخص کردند. در این تحقیق الگوی رشد شهری منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ استخراج و در مرحله ارزیابی صحت مدل از روش ROC استفاده نمودند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، از میان متغیرهای مؤثر، متغیر کاربری فعلی منطقه و به ویژه تبدیل زمین‌های زراعی و مرتعی نقش مهمی در رشد شهر گرگان داشته است (Kamyab et al, 2010:89).

بابایی در رساله دکترای خود با عنوان تحلیل الگوهای فضایی حواشی شهری (مطالعه موردی شهر تبریز) به بررسی روند توسعه مناطق حاشیه شهری تبریز پرداخته است. منظور محقق در این پژوهش از حواشی شهری، بخش‌هایی از شهر تبریز می‌باشد که در حد فاصل بین محدوده سال ۱۳۴۸ و ۱۳۸۶ قرار گرفته‌اند و با مد نظر قرار دادن بعد کالبدی مفهوم توسعه شهری و تبدیل کاربری‌ها با استفاده از مدل کیفی DPSIR به شناسایی عوامل مؤثر بر توسعه هر کدام از کاربری‌های اراضی موجود در حواشی شهر تبریز پرداخته و با استفاده از مدل کمی کلاوس به پیش‌بینی الگوهای آتی کاربری اراضی در قالب دو سناریوی تغییرات آهسته و زیاد پرداخته است (3: babai aghdam, 2007).

المدرسی الحسینی و همکاران در پژوهشی با عنوان مدل سازی توسعه شهری همدان با استفاده از رگرسیون لجستیک در سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۲ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در دوره بیان شده و تهیه نقشه کاربری اراضی و استخراج نقشه تغییرات شهری به عنوان متغیر وابسته و استفاده از متغیرهای فاصله از مراکز درمانی، مراکز اداری، مراکز تجاری، مراکز آموزشی، منطقه شهری موجود، جاده‌های ارتباطی و مناطق دارای پوشش گیاهی به عنوان متغیرهای مستقل با دستیابی به $ROC = 0.75$ انطباق خوب مدل با واقعیت در این تحقیق به دست آمد. با این حال از نتایج این تحقیق برای مدل سازی توسعه آتی استفاده نشده است (2: 2014).

قربانی و صدر موسوی در مقاله‌ای با عنوان پیامدهای زیست‌محیطی گسترش سکونتگاه‌ها (مطالعه موردی: دره اسکو چای) به بررسی و تحلیل اثر رشد جمعیت و گسترش سکونتگاه‌های دره اسکو، بر تخریب اراضی کشاورزی و محیط زیست آن پرداخته‌اند. در این پژوهش ابتدا راهبردهای حفاظت از باغات و فضاهای سبز در فرایند گسترش شهری، به صورت فراشهری و درون شهری مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های مختلف حفاظت تشریح گردیده است. در مرحله بعد، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۱ (دوره زمانی ۱۳ سال) به تحلیل گسترش فضایی سکونتگاه‌ها و تغییرات کاربری زمین در محدوده مطالعاتی پرداخته شده است. نتایج به دست آمده نشانگر آنست که در دوره مطالعاتی، حدود دوازده درصد بر جمعیت و هفتاد و هفت درصد بر مساحت اراضی ساخته شده، افزوده شده است. افزایش دروسعت زمین‌های ساخته شده بسیار سریع بوده و به طور چشمگیری از مساحت باغات و اراضی کشاورزی کاسته شده است. همچنین رشد جمعیت و گسترش کالبدی سکونتگاه‌ها، علاوه بر تخریب مستقیم اراضی کشاورزی و باغات، روند بایر شدن اراضی کشاورزی پیرامون سکونتگاه‌ها، به ویژه در مراکز شهری را در امتداد محورهای ارتباطی برای تبدیل به کاربری‌های دیگر تشدید نموده است (2006:153, Ghorbani and sadr Mousavi).

براین پیچانوسکی و همکاران در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ به تشریح مدل تحول زمین پرداخته و کاربرد آن را در پیش‌بینی تغییرات زمین مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادند. همچنین این مدل را با مدل‌های دیگر مورد مقایسه قرار داده و کارایی فراوان این مدل را که از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره جسته است، تشریح کردند. در این مقالات توسعه شهری در یک منطقه وسیع و اثر آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (Pijanowski et al., 2002: 553).

مارتینوزی و همکارانش در سال ۲۰۰۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های سرشماری آماری به تحلیل میزان توسعه شهری و تخریب اراضی کشاورزی و فضاهای سبز شهر پرتو ریکو پرداختند. نتایج ایشان نشانگر کارایی تصاویر ماهواره‌ای در سنجش میزان تغییرات در کاربری اراضی شهری بوده است. براساس نتایج، توسعه بی‌برنامه و لجام گسیخته شهری بر روی اراضی مستعد، بدون توجه به ملاحظات زیست‌محیطی باعث تخریب زمین‌های زراعی در اطراف شهر شده است (Martinuzzi et al., 2007: 293).

کارولین و همکاران در سال ۲۰۱۲ در پژوهشی با عنوان رشد شهری کامپالا، اوگاندا: تحلیل الگو و توسعه سناریو با توجه به نرخ رشد سالانه ۵/۶ درصد در شهر یاد شده که باعث مشکلات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی عمده‌ای برای ساکنان شهر شده، با استفاده از تصاویر لندست طی سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۰ نقشه توسعه شهری منطقه مورد مطالعه را استخراج نمودند و با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و تأثیر بالاتر لایه‌های جاده‌ها، دسترسی به مرکز شهر و فاصله از مناطق ساخته شده با ایجاد سناریوهای آینده توسعه شهری در قالب

سه سناریو به پیش‌بینی الگوهای رشد شهری تا سال ۲۰۳۰ پرداختند. (Karolien et al., 2012:199)

به طور کلی رویه‌های مدل‌سازی و پیش‌بینی پویایی شهرها به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارتند از مدل‌های نوع رگرسیون و مدل‌های مکانی بر پایه انتقال. در جدول شماره ۱ شرح مختصری از مدل‌های مطرح پیش‌بینی توسعه آبی فیزیکی آورده شده است. نکته حائز اهمیت این است که در مدل‌های مورد اشاره اساس انتقال بر روی روش رگرسیون لجستیک استوار است و وجه تمایز این مقاله، استفاده تلفیقی از الگوی توسعه احتمالاتی شهری در قالب راهبردهای حفاظت از باغات و فضاهای سبز در فرایند توسعه شهری می‌باشد.

۳. شناخت منطقه

بناب در جنوب غربی استان آذربایجان شرقی در ۱۸° ۳۷' تا ۲۳° ۳۷' عرض شمالی و ۵۹° ۴۵' تا ۶° ۴۶' طول شرقی قرار گرفته و ارتفاع متوسط آن ۱۳۲۴ متر از سطح دریا می‌باشد و شهرستان مراغه و عجب شیر در حدود شمالی، شرقی و غربی و شهرستان ملکان در حدود جنوب و جنوب شرقی آن قرار دارد. از سمت غرب نیز به دریاچه ارومیه منتهی می‌شود. موقعیت خاص جغرافیایی شهر می‌تواند نقش مهمی در روند توسعه و پیشرفت سریع آن داشته باشد. واقع شدن آن در محل مناسب مورفولوژیکی همچون مسیر راه‌های هوایی (فرودگاه سهند)، زمینی (راه آهن تهران- تبریز)، جاده ترانزیتی (تبریز، کردستان و آذربایجان غربی) و عبور خط انتقال گاز سراسری و کانال آبرسانی زربنه رود به شهر تبریز و استقرار واحدهای عظیم صنعتی، تحقیقاتی، فرهنگی و تولیدی و نوع تباین پدولوژیکی کلاً بیانگر موقعیت ویژه این شهر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه محدوده‌ای به مساحت ۸۵۶۶/۲۸ هکتار شامل شهر بناب با روستاهای قره چیق، آخوندقشلاق، چلقایی، زاوشت، روشت بزرگ و روشت کوچک می‌باشد (تصویر ۱).

۴. مواد و روش‌ها

برای رسیدن به اهداف اصلی مطالعه یعنی مدل‌سازی توسعه شهری بناب و ارائه الگوی حفاظتی برای اراضی کشاورزی و باغی در روند توسعه، تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه‌ای سنجنده TM در تاریخ‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۱۱ بیان شده در جدول ۲ و تصویر ۳ از فریم ۳۴-۱۶۸ انتخاب و به همراه پارامترهای مؤثر در توسعه شهری و نرم‌افزارهای ArcGIS، eCognition، Idrisi، Envi به کار گرفته شدند (جدول ۲ و تصاویر ۲ و ۳).

با توجه به زمین مرجع بودن تصاویر با استفاده از روش تصویر به تصویر، عملیات هم مختصات‌سازی انجام شده و تصحیحات اتمسفری بر پایه روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره با در نظر گرفتن تأثیر محدوده‌های آبی صورت گرفت.

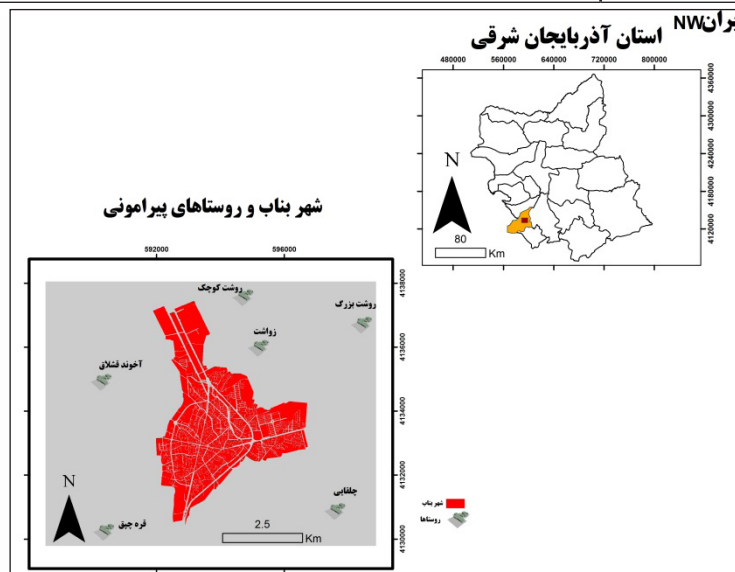
با توجه به توانمندی تفکیک مطلوب کاربری‌ها در روند طبقه‌بندی تصاویر از روش تحلیل شی‌گرای تصاویر استفاده شد که علاوه بر اطلاعات طیفی به اطلاعات مربوط به بافت، شکل و محتوا نیز استناد می‌گردد. واحدهای اساسی پردازش در تحلیل‌های شی‌گرا،

جدول ۱- مدل های شبیه سازی رشد شهری - منبع bhatta,2010:116

ردیف	مدل	عملکرد
۱	CUF (California Urban Futures)	مدل مبتنی بر سلول های خودکار برای تغییر کاربری اراضی.
۲	What If?	یک مدل مرتبط با GIS به منظور بررسی سناریوی تغییرات شهری، به ویژه در شهرهای با تجربه رشد سریع.
۳	QUEST	یک مدل مبتنی بر قاعده که به وسیله انستیتوی توسعه پایدار در ونکور کانادا توسعه یافته کشف آینده پایدار. QUEST به کاربران اجازه توسعه مدل what if? را برای سناریوی آینده یک ناحیه می دهد. هدفش کمک به کاربران و سیاست گذاران برای کشف گزینه برای آینده پایدار است. این مدل مقدار زیادی از اطلاعات در مورد منطقه را گرفته و از طریق فرمول قطعی براساس بهترین دانش از کاربری زمین و حمل و نقل و اثرات زیست محیطی آنها آینده زیست محیطی منطقه را مشخص می کند.
۴	UrbanSim	یک مدل مبتنی بر قاعده استفاده از کاربری زمین و حمل و نقل و اثرات زیست محیطی آنها بر همدیگر (Waddell and Evans 2002). مدل های کلاس UrbanSim در حال حاضر وارد پلتفرمی باز برای شبیه سازی شهری (OPUS) شده که در سایت http://www.urbansim.org قرار داده شده است. برای یک بحث مفصل در مورد مدل UrbanSim به نوٹ و همکاران رجوع شود.
۵	DUEM (Dynamic Urban Evolutionary Model)	مدل مبتنی بر سلول های خودکار که در لندن و میشیگان برای رشد سلولی توسعه یافته.
۶	SLEUTH (Slope, Land-use, Exclusion, Urban extent, Transportation and Hillshade)	مدل مبتنی بر سلول های خودکار که به وسیله کیت کلارک در آمریکای شمالی تحت نظارت سازمان زمین شناسی ایالات متحده توسعه یافت.
۷	CAST (City Analysis Simulation Tool)	مدل دیگری براساس پیچیدگی و سلول های خودکار با ابزار گزاره ای، که طیف وسیعی از سناریوهای آینده را با توجه به امکانات در ۱۰ یا ۱۵ سال آتی بررسی و گزینه های مختلف توسعه شهری و تغییرات ممکن را در اختیار کاربر قرار می دهد.
۸	SIMLUCIA	مدلی بر اساس CA برای برآورد مساحت کاربری اراضی انتقالی. مدلی یکپارچه از سیستم های طبیعی و انسانی در مقیاس های مختلف فضایی و با هدف فراهم آوردن ابزاری برای کشف پیامدهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در اثر تغییرات آب و هوایی در جزیره کارائیب سانتا لوسیا.
۹	DINAMICA	مدلی بر اساس CA برای شبیه سازی که توسط مرکز سنجش از راه دور دانشگاه فدرال میناس گریاس توسعه یافته. این مدل می تواند با استفاده از سنجش از دور، تغییرات زمین های شهری را شبیه سازی نماید.
۱۰	UES (Urban Expansion Scenario)	مدلی بر اساس CA که با استفاده از داده های سنجش از دور می تواند تغییرات زمین های شهری را شبیه سازی نماید.
۱۱	FCAUGM (Fuzzy Cellular Automata Urban Growth Model)	مدلی بر اساس CA که با استفاده از داده های سنجش از دور، سلول های خودکار و تئوری مجموعه های فازی می تواند تغییرات زمین های شهری را شبیه سازی نماید.
۱۲	LUCAS	مدل برای ارزیابی اثرات توسعه شهری در اطراف مناطق طبیعی با استفاده از معیارهای چشم انداز. به طور کلی، این رویکرد را می توان در انواع تحقیقات مربوط به پویایی شهری و ساختارهای فضایی استفاده کرد.

۳۴
شماره چهاردهم
بهار ۱۳۹۴
فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات شهری

کاربرد گرسون اجنستیک در مدل سازی توسعه شهری



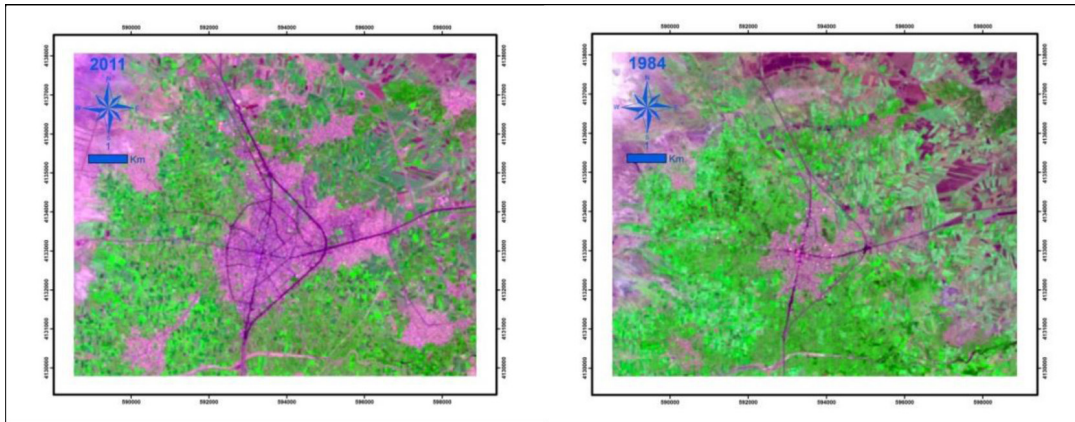
تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی شهر بناب و روستاهای پیرامونی - منبع: نگارندگان



تصویر ۲- مدل مفهومی پیش بینی توسعه فیزیکی تا افق ۱۴۱۰ بر اساس مدل رگرسیون لجستیک

جدول ۲- منابع اطلاعات موجود از انواع تصاویر ماهواره ای- منبع: نگارندگان

سال تصاویر اخذ شده	سنجنده	قدرت تفکیک
۱۹۸۴/۰۷/۱۰	TM	۳۰ متر
۲۰۱۱/۰۷/۰۵	TM	۳۰ متر



تصویر ۳- تغییرات بصری شهر بصری و مناطق پیرامونی در سال های ۱۳۹۰-۱۳۶۳

در محدوده شهر بصری، پنج کلاس کاربری به این شرح انتخاب شد: اراضی بایر، اراضی ساخته شده، اراضی زراعی، اراضی باغی و اراضی آبی (تصویر ۴ و جدول ۳). با همپوشانی نقاط تعلیمی و ایجاد تصاویر کاذب رنگی مختلف سعی گردید در انتخاب نمونه‌های آموزشی پراکندگی مناطق برداشت نمونه در تمام تصویر رعایت شود تا توزیع نمونه‌ها نرمال باشد. بعد از طبقه‌بندی تصاویر سال ۱۳۶۳ و ۱۳۹۰ نقشه‌های رستری استخراج شده برای تولید نقشه نهایی تغییرات برداری شدند. توزیع فضایی تغییرات حادث شده در طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ در تصویر ۷ نمایش داده شده است. در این نقشه‌ها با استفاده از تابع پیوند (Union) شش لایه اطلاعاتی طبقه‌بندی شده مربوط به کاربری‌های سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۰ بر روی همدیگر همپوشانی شده‌اند (تصویر ۵).

با بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده بر روی نقشه‌های تغییرات کاربری در GIS جداول مقایسه تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر اساس تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های متوالی منطقه به دست

شی‌های تصویری (سگمنت‌ها) هستند نه پیکسل‌ها. طبقه‌بندی شی‌گرا فرآیندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیای تصویری پیوند می‌دهد و هر یک از شی‌های تصویری با درجه عضویت معین به کلاس‌های در نظر گرفته شده اختصاص می‌یابند. فرایند طبقه‌بندی در محیط نرم‌افزارهای بسیار تخصصی مانند eCognition و Definiens Professional Earth نسخه ۷ به صورت یک فرایند تکرار پذیر انجام گرفت تا بالاترین درجه عضویت برای هر کدام از شی‌های تصویری حاصل آید، Rasouli, Mahmoudzadeh (2010:50).

در روش سگمنت‌سازی FNEA، همگنی طیفی (hcolor) یک شی تصویری از مجموع انحراف معیار برای هر k باند تصویر (σ_k) که در وزن باندها (wk) ضرب می‌شود، محاسبه می‌شود.

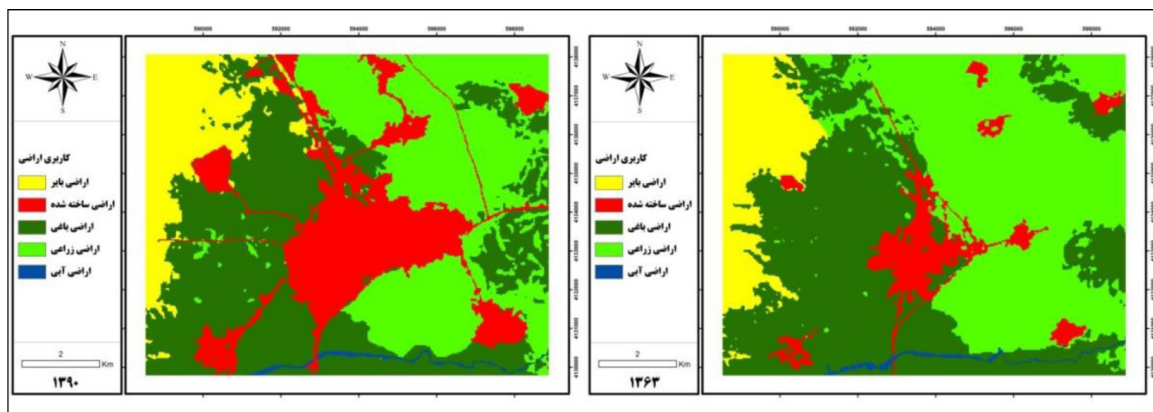
$$h_{color} = \sum_k w_k \cdot \sigma_k$$

(Benz et al, 2004:239)

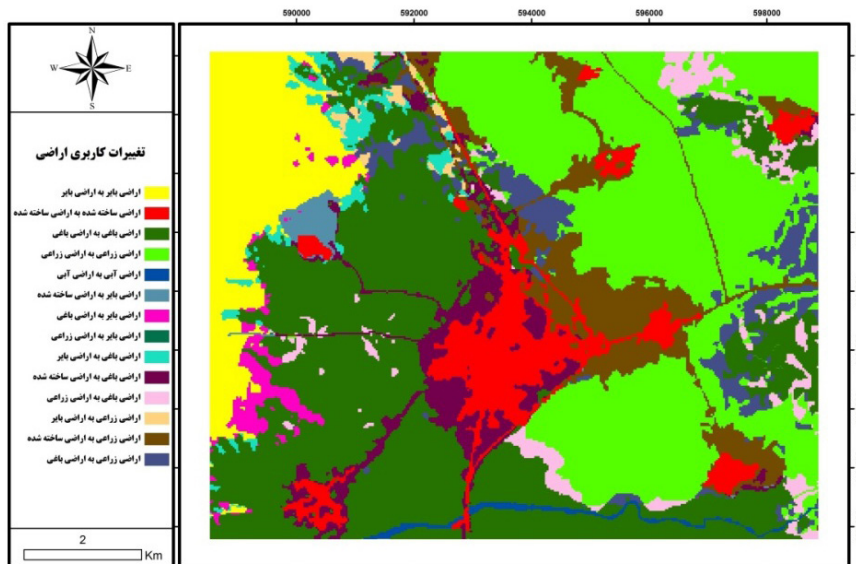
در مطالعه حاضر با بررسی میدانی و برداشت نمونه‌های تعلیمی با GPS، با توجه به پراکنش کاربری‌ها از لحاظ پوشش و کاربری اراضی

جدول ۳- تنظیم تصویر قبل از اجرای طبقه‌بندی

تنظیمات	TM 1984, TM 2011
ترکیب باندهای مناسب	۲-۳-۴
وزن باندها	۱-۳-۱
پارامتر مقیاس	۱۰
معیار همگنی شکل و فشردگی	معیار شکل ۰/۲، معیار فشردگی ۰/۵



تصویر ۴- پوشش زمین استخراج شده در سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰



تصویر ۵- تغییرات پوشش اراضی منطقه بناب بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ - منبع: نگارندگان، براساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای

تغییرات جمعیت در شهر بناب و روستاهای پیرامونی بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد، تغییرات مساحت ساخته شده منطقه مورد مطالعه خیلی سریعتر از تغییرات جمعیت می‌باشد. این مسئله باعث رشد تقریباً سه برابری مساحت شهر بناب شده، در حالی که طی این دوره آماری، جمعیت منطقه مورد مطالعه از چنان رشدی برخوردار نبوده و مسئله شدت پراکنش شهری را می‌توان در رشد نامنظم روستاهای مجموعه در بستر اراضی زراعی و باغی اطراف روستاها مشاهده نمود. این مسئله به خصوص در روستاهای میانی منطقه مورد مطالعه قره چپق، چلقایی، زاوشت باعث رشد گسسته و خیزش روستاها در جهت پیوستگی با بافت شهر بناب شده و به قابلیت اکولوژیکی و اجتماعی آنها آسیب شدیدی وارد کرده است (تصویر ۶).

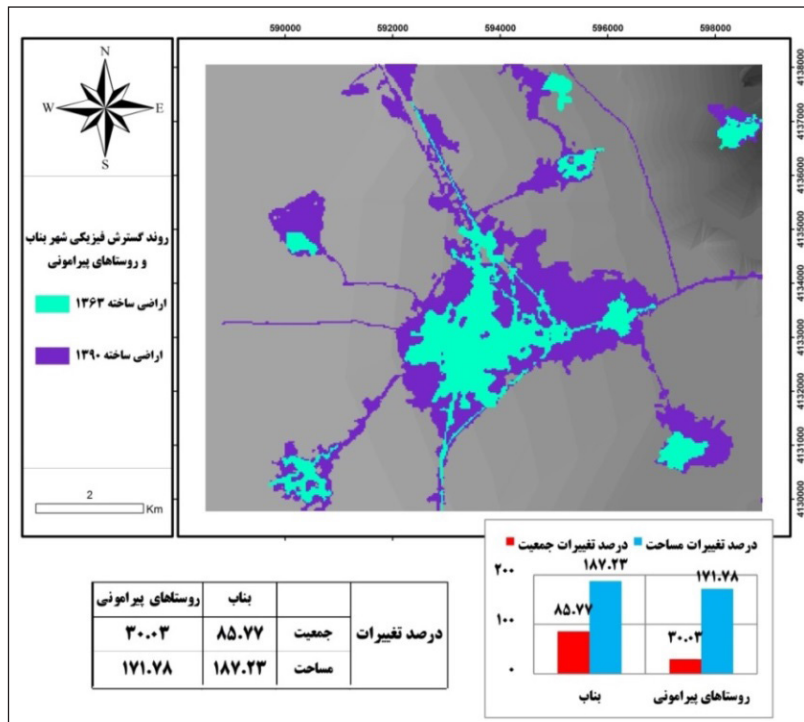
یکی از روش‌های اساسی برای مشخص کردن رشد اسپرال شهری، استفاده از روش هلدرن است. با استفاده از این روش می‌توان مشخص ساخت که چه مقدار از رشد شهری ناشی از رشد جمعیت

آمد. تغییرات روی داده در اراضی منطقه اینگونه می‌باشد که در طی دوره ۱۳۶۳ - ۱۳۹۰ کلاس اراضی بایر با مساحت ۹۸۷/۰۳ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۹۷۸/۰۳ هکتار در سال ۱۳۹۰ کاهش پیدا کرده است. اراضی ساخته شده که در سال ۱۳۶۳ حدود ۶۰۸/۴۹ هکتار بوده، در پایان دوره به ۱۷۱۷/۷۴ هکتار افزایش پیدا کرده و اراضی باغی با مساحت ۳۴۳۹/۰۸ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۳۱۴۷/۰۳ هکتار در سال ۱۳۹۰ کاهش پیدا کرده است. اراضی کشاورزی نیز با مساحت ۳۴۷۷/۶ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۲۶۷۱/۳۸ هکتار در سال ۱۳۹۰ کاهش پیدا کرده است. اراضی آبی هم با مساحت ۵۷/۶ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۵۵/۶۲ هکتار در سال ۱۳۹۰ کاهش پیدا کرده است (جدول ۴).

با همپوشانی کلاس اراضی ساخته شده طی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۰ بر روی مدل رقومی ارتفاع به همراه نمودار ستونی درصد تغییرات جمعیت و مساحت در تصویر ۶ روند گسترش مناطق شهری و روستایی بناب به صورت بصری استخراج گردید. نمودار ستونی مقایسه تغییرات درصد مساحت نسبت به درصد

جدول ۴- مقایسه تغییرات کاربری و پوشش اراضی براساس تصاویر طبقه‌بندی شده ۱۳۶۳ و ۱۳۹۰

هکتار	۱۳۶۳-۱۳۹۰					
	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	اراضی باغی	اراضی کشاورزی	اراضی آبی	مجموع کلاس‌ها
اراضی بایر	۷۹۱/۷۳	۰/۴۵	۱۳۳/۶۵	۵۲/۲	۰	۹۷۸/۰۳
اراضی ساخته شده	۶۴/۱۷	۵۸۴/۰۱	۴۲۷/۶۸	۶۳۷/۸۳	۴/۰۵	۱۷۱۷/۷۴
اراضی باغی	۱۳۰/۸۶	۷/۲۹	۲۵۸۱/۶۵	۴۰۷/۳۴	۱۹/۸۹	۳۱۴۷/۰۳
اراضی کشاورزی	۰/۲۷	۱۶/۷۴	۲۷۴/۳۲	۲۳۷۸/۲۵	۱/۸	۲۶۷۱/۳۸
اراضی آبی	۰	۰	۲۱/۷۸	۱/۹۸	۳۱/۸۶	۵۵/۶۲
مجموع کلاس‌ها	۹۸۷/۰۳	۶۰۸/۴۹	۳۴۳۹/۰۸	۳۴۷۷/۶	۵۷/۶	۰
تغییرات کلاس	۱۹۵/۳	۲۴/۴۸	۸۵۷/۴۳	۱۰۹۹/۳۵	۲۵/۷۴	۰
تفریق تصاویر	-۹ -۰/۹۱	۱۱۰۹/۲۵ ۱۸۲/۳	-۲۹۲/۰۵ -۸/۴۹	-۸۰۶/۲۲ -۲۳/۱۸	-۱/۹۸ -۳/۴۴	۰



تصویر ۶- تغییرات سطح کاربری اراضی ساخته شده و نمودار مقایسه تغییرات درصد مساحت نسبت به درصد تغییرات جمعیت برای نمایش شدت پراکنش شهری

نسبت لگاریتم طبیعی جمعیت پایان و آغاز دوره به لگاریتم طبیعی وسعت شهر در پایان و آغاز دوره، G_{pci} نسبت لگاریتم طبیعی سرانه ناخالص آغاز و پایان دوره به لگاریتم طبیعی وسعت شهر در آغاز و پایان دوره می باشد.

با نگاهی به محاسبات جدول ۵ مشخص می شود که رشد اسپرال

و چه مقدار ناشی از رشد اسپرال شهری بوده است (2013:128, Hekmatniya and Moussavi).

در جدول ۵، P_f جمعیت پایان دوره، P_s جمعیت آغاز دوره، P_{cgf} سرانه ناخالص پایان دوره، P_{cgs} سرانه ناخالص آغاز دوره، U_{af} وسعت شهر در پایان دوره، U_{as} وسعت شهر در آغاز دوره، P_i

فرمول شماره ۲:

$$\ln\left(\frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت آغاز دوره}}\right) + \ln\left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}}\right) = \ln\left(\frac{\text{وسعت شهر در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر در آغاز دوره}}\right) \quad \ln\left(\frac{P_f}{P_s}\right) + \ln\left(\frac{P_{cgf}}{P_{cgs}}\right) = \ln\left(\frac{U_{af}}{U_{as}}\right)$$

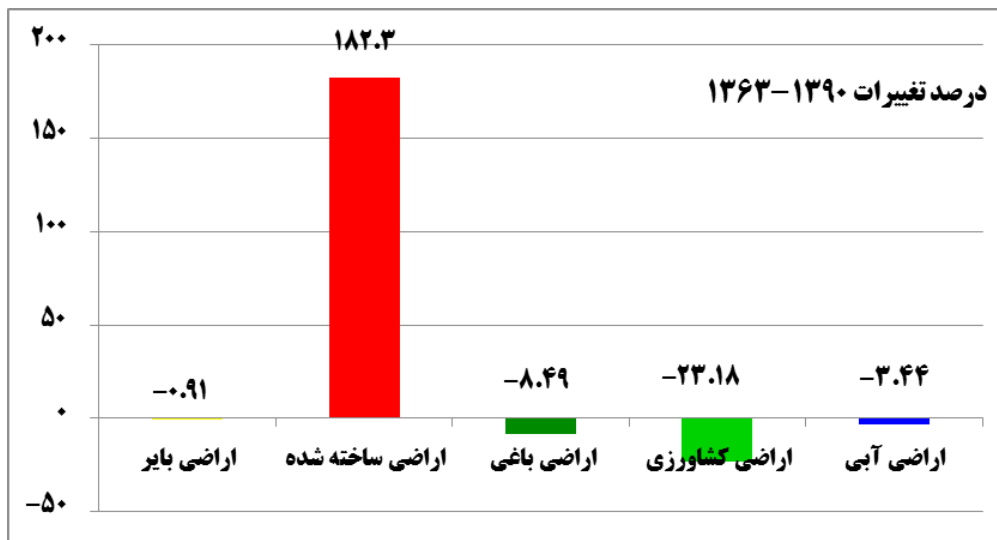
جدول ۵- محاسبه شاخص هلدن برای تعیین میزان رشد پراکنده در شهر بناب و روستاهای پیرامونی

شاخص هلدن (میزان رشد اسپرال)						۱۳۹۰(2011)		۱۳۶۳(1984)		سال
$P_i + GPC_i = U_{ai}$	$GPC_i = \ln\left(\frac{P_{cgf}}{P_{cgs}}\right) / \ln\left(\frac{U_{af}}{U_{as}}\right)$	$P_i = \ln\left(\frac{PF}{Ps}\right) / \ln\left(\frac{U_{af}}{U_{as}}\right)$	$\ln(U_{af}/U_{as})$	$\ln(P_{cgf}/P_{cgs})$	$\ln(PF/Ps)$	مساحت	جمعیت	مساحت	جمعیت	شهر
						۰/۵۸۷۰+۰/۴۱۳۰=۱	۰/۴۱۳۰	۰/۵۸۷۰	۱/۰۵۵۱	
۰/۲۶۲۷+۰/۷۳۷۳=۱	۰/۷۳۷۳	۰/۲۶۲۷	۰/۹۹۹۹	۰/۷۳۷۲	۰/۲۶۲۶	۵۴۵/۲۱	۲۲۹۰۶	۲۰۰/۶۰	۱۷۶۱۵	مناطق روستایی

اکولوژیک جنگل داری شهری، نقشه کشی احتمال زمین لغزش و مدل سازی توسعه شهری به کارگرفته شده است (Lo & Hu, 2007:667). در رگرسیون لجستیک، احتمال وقوع یک پدیده در داخل محدوده ۰ تا ۱ قرار دارد و رعایت پیش فرض نرمال بودن متغیرهای پیش بین لازم نیست. تحلیل رگرسیون لجستیک اسمی دو وجهی زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که متغیر وابسته در سطح اسمی دو وجهی است و بنا داریم وجود یا عدم یک صفت را بر اساس مجموعه ای از متغیرهای مستقل پیش بینی کنیم.

شهری در منطقه مورد مطالعه بالای ۷۰ درصد می باشد که در طول زمان باعث تخریب اراضی زراعی و باغی منطقه زیست محیطی بناب شده است. مجموع درصد تغییرات کاربری ها نشان می دهد که در رشد اراضی ساخته شده بیشترین سهم به طور نسبی از کاهش اراضی کشاورزی، اراضی باغی ناشی شده است (تصویر ۷).

۵- توسعه مدل رگرسیون لجستیک (LR) در منطقه شهری بناب رگرسیون لجستیک به عنوان یک مدل تجربی در تحلیل جنگل زدایی، پتانسیل آب های زیرزمینی، کشاورزی، خدمات



تصویر ۷- تغییرات درصد سطوح کاربری اراضی منطقه شهری بناب بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰

می باشد از نسبت احتمال وقوع یک پدیده به احتمال عدم وقوع آن. (S.E): این آماره Standard Error یا خطای استاندارد می باشد. (Wald): آماره والد، مهم ترین آماره برای آزمون معنی داری حضور هر متغیر مستقل در مدل می باشد که می توانیم از طریق سطح معنی داری آن (sig) به این امر پی ببریم.

همچنین برای ارزیابی میزان برآزش کل مدل، از آزمون نسبت درست نمایی با نماد $2 - \text{Log likelihood}$ استفاده می شود که آماره آن X^2 می باشد. بنابراین در اینجا، آماره X^2 معادل آماره F در تحلیل رگرسیون خطی است (Momeni, 2007:161).

آماره (ROC): در تحلیل رگرسیون لجستیک، معیار ROC که به صورت عددی بین ۰ تا ۱ بیان می شود از منحنی ROC به دست می آید. ارزش ۱ برای میزان ROC نشان دهنده توافق کامل مکانی بین نقشه رشد شهری پیش بینی شده و میزان واقعی رشد شهری است. ارزش ۰/۵ برای این معیار بیان کننده تصادفی بودن موقعیت هاست و نشان می دهد ارزش سلول ها در نقشه احتمال پیش بینی به صورت موقعیت های تصادفی ایجاد شده است.

آماره (Pseudo-R²): مفهوم R² در رگرسیون لجستیک با موارد مشابه متفاوت است. در شکل عادی در رگرسیون های غیرلجستیکی، میزان ضریب تعیین کنندگی R² تغییرپذیری کلی متغیرها در مدل را نشان می دهد، در حالی که در رگرسیون لجستیک به دلیل سرو کار داشتن با داده هایی که ماهیتاً دارای همبستگی مکانی هستند، اندازه نمونه قابل قبول مشخص نیست، بنابراین از واژه شبه برای R استفاده می شود (Lo & Hu, 2007:669).

۰۶ متغیر وابسته تغییرات شهری

برای به دست آوردن متغیر وابسته ابتدا از نقشه های کاربری اراضی سال ۱۳۶۳ و ۱۳۹۰ کلاس اراضی ساخته شده با فرمت رستری استخراج و با استفاده از تفریق نقشه های یاد شده از همدیگر، نقشه تغییرات روی داده طی ۲۷ سال با دو لژاند ۰ و ۱ تهیه و به عنوان متغیر وابسته برای اجرای رگرسیون لجستیک وارد مدل شد (تصویر ۸).

در رگرسیون دوگانه خطی از متغیری برای پیش بینی متغیر دیگر استفاده می شود (مثل پیش بینی دما از ارتفاع)، در حالی که در رگرسیون چندگانه و لجستیک ارتباط بین چند متغیر مستقل با یک متغیر وابسته سنجیده می شود. رگرسیون لجستیک نوع خاصی از رگرسیون های چندگانه است که در آن متغیر وابسته، گسسته است (مثل کاربری شهری). وجه تمایز مدل لجستیکی رگرسیون با مدل خطی رگرسیون در این است که متغیر وابسته در رگرسیون لجستیک دوگانه است. اگر متغیر وابسته دارای ارزش دوتایی باشد، Y فقط ارزش صفر یا یک می گیرد که ارزش یک نشان دهنده وقوع رویداد و ارزش صفر نشان دهنده عدم وقوع رویداد است. بنابراین معادله حاصل از رگرسیون لجستیک به صورت زیر است:

فرمول شماره ۳:

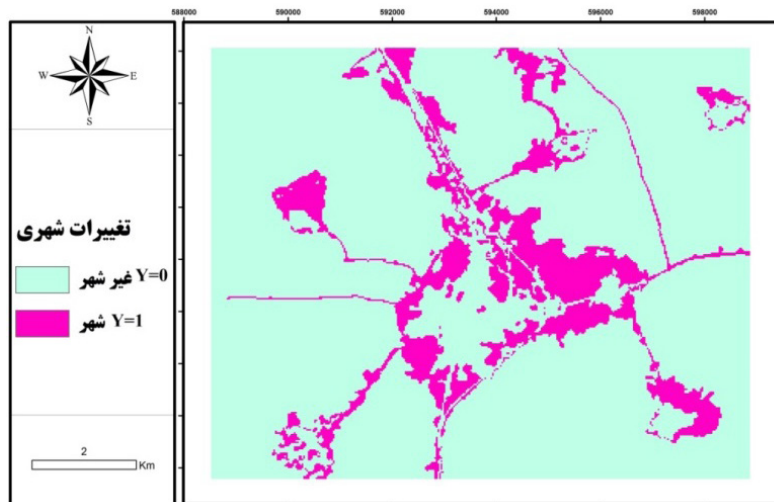
$$\text{Logit}(p) = \ln(p/(1-p)) = a + \{b_1 \times X_1\} + \{b_2 \times X_2\} + \{b_3 \times X_3\} + \dots + \{b_n \times X_n\}$$

در اینجا، P متغیر وابسته متغیر بیان کننده احتمال یک شدن Y؛ Y متغیر وابسته، $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ متغیرهای مستقل، a ضریب معادله رگرسیون و $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ ضرایب هر یک از متغیرهای مستقل است (Kamyab et al, 2010:90). در این نوع تحقیق، تغییرات شهری از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ به عنوان متغیر وابسته به صورت یک متغیر اسمی دو وجهی (شهری ۱، غیر شهری ۰) و عوامل مؤثر در تغییرات توسعه شهری متغیرهای مستقل محسوب می شوند. چندین آماره مهم در خروجی و ارزیابی مدل رگرسیون لجستیک وجود دارند که برای تفسیر نتایج آنها، دانستن ماهیت و کارکرد آنها ضروری است.

نقشه احتمال پیش بینی: این نقشه میزان احتمال تغییر کاربری را با توجه به متغیر وابسته در آینده بیان می کند. در این تصویر هر سلول دارای یک ارزش است که میزان آن مبین احتمال تغییر کاربری آن سلول در آینده است (Kamyab et al, 2010:91).

چندین آماره مهم وجود دارند که برای تفسیر نتایج آنها، دانستن ماهیت و کارکرد آنها ضروری است:

(ExpB): این آماره که به نسبت بخت ها معروف است، عبارت



تصویر ۸- متغیر وابسته تغییرات شهری از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰

مراکز تفریحی رفاهی، آثار فرهنگی، مراکز آموزشی) و باز طبقه‌بندی و درون‌یابی (بافت خاک، عمق خاک، زهکشی خاک، رونگرایی خاک، دما، بارش، ارتفاع، جهت شیب) از روند تحلیل حذف و بین لایه‌های باقیمانده مدل رگرسیون لجستیک اجرا شد. (تصویر ۹).

۸. اجرای مدل رگرسیون لجستیک و تهیه نقشه احتمال شهرنشینی

در این مرحله متغیرهای مستقل غیر همبسته به همراه متغیر وابسته رشد شهری سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ در مدل رگرسیون لجستیک مورد استفاده قرار گرفتند. الگوی توسعه شهری در نقشه با میزان $Roc = 0.88$ نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل انتخاب شده برای تبیین شهرنشینی به خوبی انتخاب شده‌اند (تصویر ۱۰). نقشه ۱۱، الگوی گذشته و آتی شهرنشینی را در شهر بناب نشان می‌دهد. هسته‌های با احتمال بالای شهرنشینی عمدتاً در کنار جاده‌های اصلی و متصل به هسته‌های شهری قبلی می‌باشد. هسته‌های غیرمتصل دور از شهرها احتمال توسعه مناطق

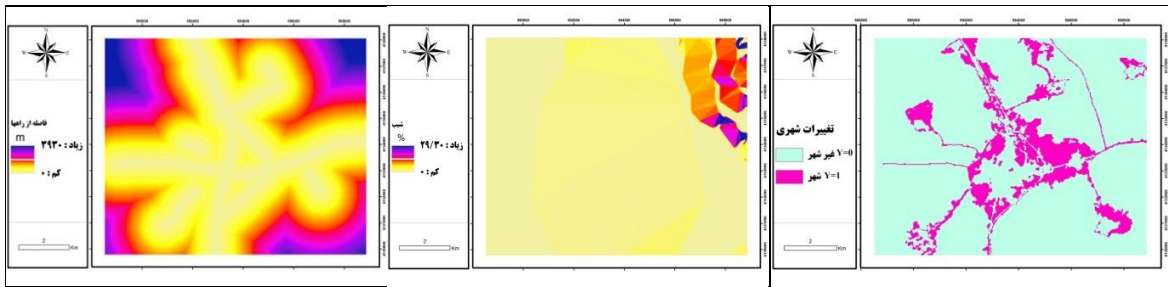
۷. متغیرهای مستقل

برای استخراج متغیرهای مستقل لایه‌های اکولوژیکی مؤثر در توسعه شهری بر اساس ادبیات تحقیق از منابع مختلف تهیه و در دو دسته متغیرهای طبیعی و انسانی (کالبدی، اجتماعی و اقتصادی) وارد مدل شد (جدول ۶).

در تحلیل رگرسیون لجستیک متغیرهای مستقل نامتعامل به متغیرهایی گفته می‌شود که بایستی از روند تحلیل حذف شود. در این تحقیق برای بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل از محاسبه کوواریانس بین متغیرها استفاده شد. کوواریانس دو متغیر، میزان تغییر آنها را نسبت به هم بیان می‌کند. محدوده کوواریانس بین ۰-۱ متغیر است که هر چه این میزان به یک نزدیکتر باشد، همبستگی بین متغیرها بیشتر خواهد بود. زوج متغیرهایی که دارای ارزش بالای کوواریانس باشند، متغیرهای همبسته معرفی می‌شوند و یکی از آنها از مدل حذف می‌شود. پس از استخراج نقشه‌ها و محاسبه کوواریانس متغیرهای مستقل، لایه‌های دارای ضریب همبستگی بالای ۰/۹ در نقشه‌های فاصله (مراکز اداری،

جدول ۶- متغیرهای مورد استفاده در مدل رگرسیون لجستیک

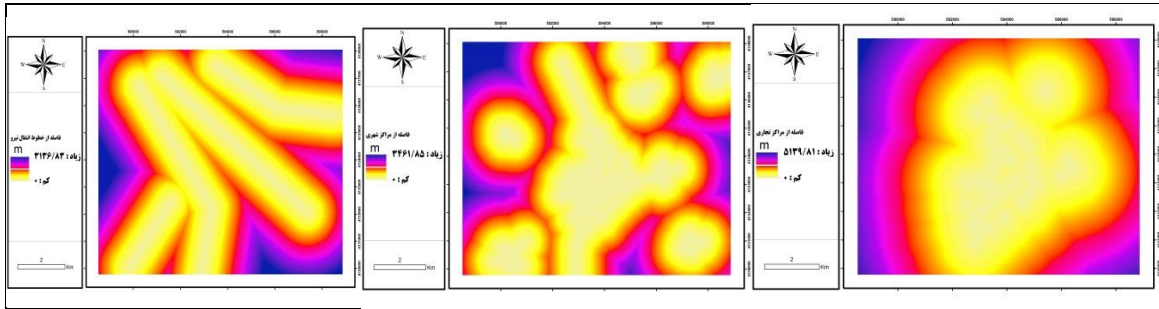
منبع	ماهیت متغیر	نام متغیر	متغیر وابسته
تابع تفریق، تصاویر ماهواره‌ای	بولی (۱- رشد شهری - عدم رشد شهری)	تغییرات شهری	لایه
تابع Reclass، نقشه زمین‌شناسی	پیوسته	زمین‌شناسی	طبیعی
تابع Slope، نقشه توپوگرافی	پیوسته	درصد شیب	
تابع Distance، نقشه توپوگرافی	پیوسته	فاصله از رودخانه	
تابع باز طبقه‌بندی، تصاویر ماهواره‌ای	بولی (نقشه ۰-۱) کلاس‌ها	کاربری اراضی (۵ متغیر)	انسانی (کالبدی، اجتماعی، اقتصادی)
تابع Distance، نقشه کاربری اراضی	پیوسته	فاصله از مراکز شهری	
تابع Distance، نقشه کاربری اراضی	پیوسته	فاصله از مناطق تجاری	
تابع Distance، نقشه کاربری اراضی	پیوسته	فاصله از راه‌های اصلی	
تابع Distance، نقشه توپوگرافی	پیوسته	فاصله از خطوط انتقال نیرو	
تابع CVN، نقشه کاربری اراضی	پیوسته	تعداد سلول‌های شهری در پنجره ۳×۳	



متغیر وابسته تغییرات شهری

متغیر شیب

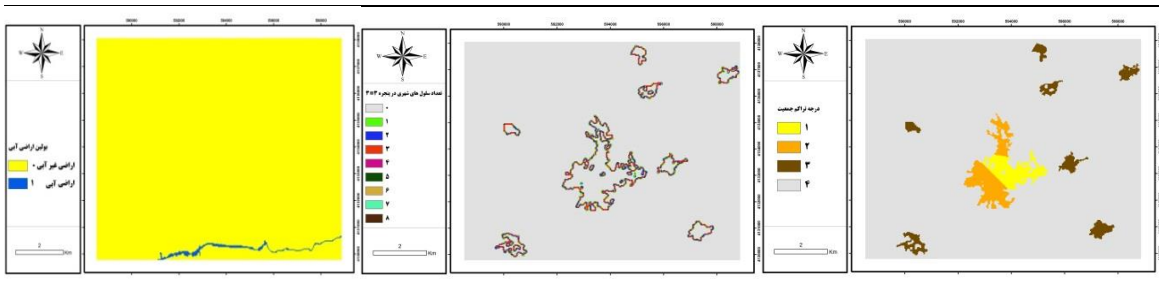
متغیر فاصله از راه‌ها



متغیر فاصله از مراکز تجاری

متغیر فاصله از مراکز شهری

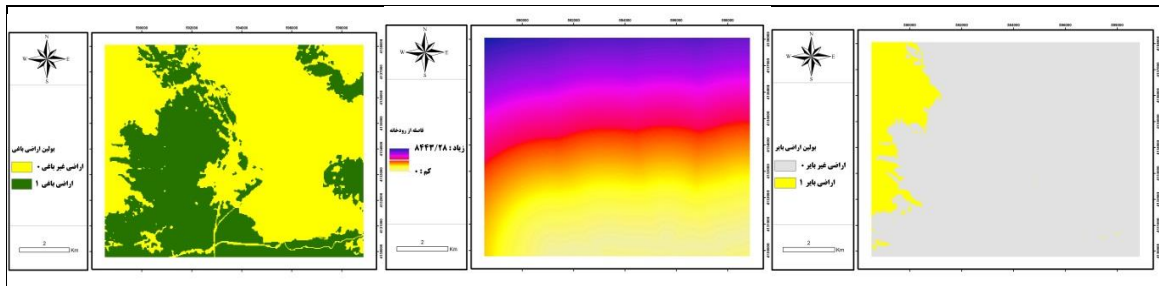
متغیر فاصله از مراکز خطوط انتقال نیرو



متغیر درجه تراکم جمعیت

متغیر تعداد سلول‌های شهری در پنجره 3x3

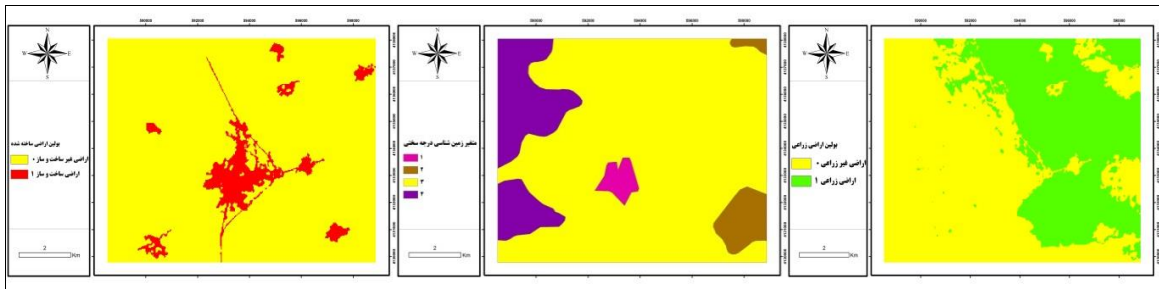
متغیر بولین اراضی آبی



متغیر بولین اراضی بایر

متغیر فاصله از رودخانه

متغیر بولین اراضی باغی



متغیر بولین اراضی زراعی

متغیر ساختار زمین‌شناسی

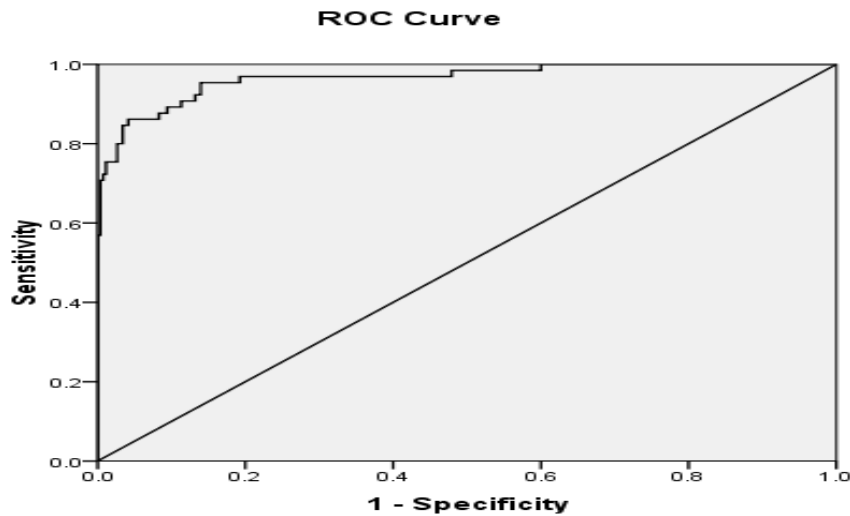
متغیر بولین اراضی ساخته شده

تصویر ۹- متغیرهای مستقل وابسته تحقیق مؤثر در روند تغییرات از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰

معادله رگرسیونی حاصل از اجرای مدل به صورت زیر است:

$$\logit(1363-1390) = -11.8090 + 5.0448 \times \text{cvnurban} - 0.0052 \times \text{disurban} - 1.030E-04 \times \text{distrade} - 8.390E-04 \times \text{disroad} + 3.8375 \times \text{popdensity} + 0.1536 \times \text{slope} - 59.2351 \times \text{disriver} - 1.0234 \times \text{geology} - 2.353E-04 \times \text{dispowerline} + 59.2351 \times \text{disriver} - 3.1118 \times \text{urban} + 0.5590 \times \text{gardenland} + 1.2038 \times \text{farmland} + 5.0818 \times \text{barrenland} + 0.0001 \times \text{water}$$

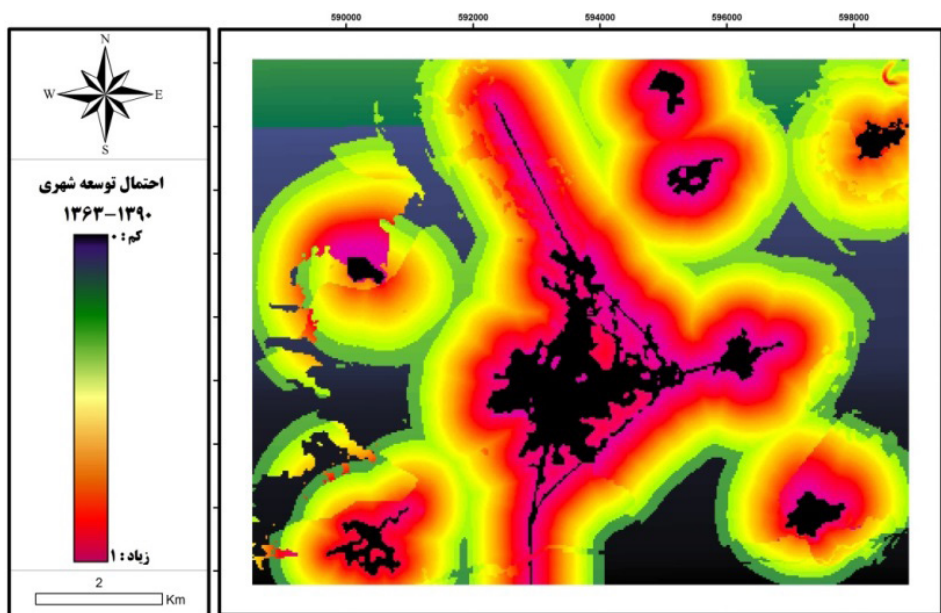
روستایی را نشان می‌دهد که با کم شدن به هسته اصلی شهرها میزان احتمال بالا می‌رود. از فایل تصویری احتمال شهرنشینی، برای پیش‌بینی مناطق رشد شهری در آینده با استفاده از سلول‌های با بیشترین احتمال استفاده می‌شود. میزان $Pseudo R^2$ و ROC به دست آمده به ترتیب با رقم 0.76 و 0.88 به دلیل قرار داشتن در محدوده مورد قبول یعنی بالای 0.4 تأیید کننده مدل سازی صورت گرفته می‌باشد (جدول ۷ و تصویر ۱۱).



تصویر ۱۰- منحنی ROC با شرکت تمام متغیرها سطح زیرمنحنی = 0.88

جدول ۷- ضرایب دقت مدل رگرسیون لجستیک در گام ۱۴

Step 14	-2 Log likelihood	Cox & Snell R^2	Nagelkerke R^2	Pseudo R^2
	۴۱۹۸/۹۵	0.38	0.61	0.76

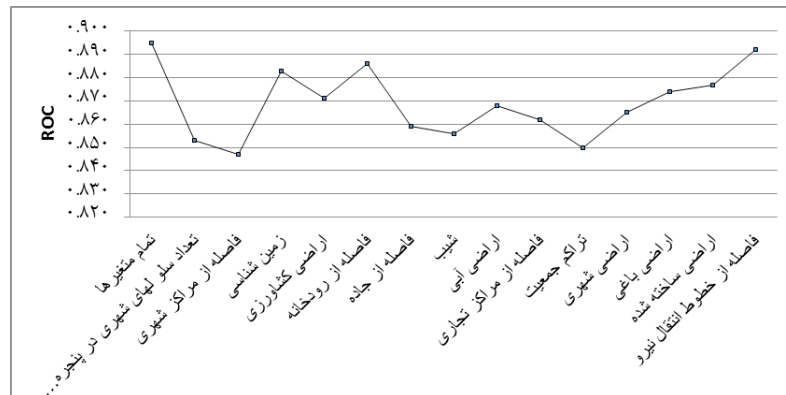


تصویر ۱۱- تصاویر پیش‌بینی رشد منطقه شهری بناب بر اساس مدل رگرسیون لجستیک

۹. حساسیت سنجی مدل رگرسیونی با حذف متغیرهای مستقل

برای حساسیت سنجی، میزان ROC مدل پس از اجرای مدل سازی با مجموعه داده های کامل، با تعداد متغیرهای مستقل دوباره به مرحله اجرا درآمد با این تفاوت که این بار در هر مرحله اجرای مدل، یکی از متغیرهای مستقل حذف و مدل با باقیمانده متغیرهای مستقل اجرا شد. مزیت این کار در حساسیت سنجی متغیرها و کشف میزان اثر متغیرها در مدل نهایی است. در مطالعه حاضر پس از هر بار اجرای رگرسیون لجستیک، میزان ROC مدل استخراج و براساس میزان تفاوت با مدل کامل، اثر متغیر مستقل محاسبه شد. همان طور که در نمودار زیر مشخص شده، متغیرهای فاصله از مراکز شهری، تراکم جمعیت، تعداد سلول های شهری در پنجره ۳×۳، شیب و فاصله از جاده دارای بیشترین تأثیر در روند شهرنشینی شهر بناب هستند (تصویر ۱۲). روش دوم برای تبیین میزان تأثیر متغیرهای مستقل در استخراج نقشه احتمال شهرنشینی استفاده از ضرایب استاندارد متغیرهای

مستقل در تحلیل رگرسیون لجستیک می باشد. از آنجایی که ضرایب غیراستاندارد رگرسیونی به دلیل تفاوت آنها در واحد و سطوح اندازه گیری نمی تواند امکان مقایسه بین متغیرها را فراهم کند، برای این منظور از متغیرهای مستقل استاندارد شده (مقادیر استاندارد یا Z) استفاده شد که به جای مقادیر متغیر مستقل از مقادیر استاندارد استفاده شد. بنابراین متغیرهای مستقل دارای B بزرگتر صرف نظر از علامت مثبت یا منفی به عنوان متغیرهای مؤثر در تحلیل مشخص می شوند. همان طور که در جدول شماره ۷ مشخص شده، فاصله از مراکز شهری قبلی، تراکم جمعیت، تعداد سلول های شهری در پنجره ۳×۳، شیب و فاصله از جاده با داشتن بیشترین میزان معنی داری در ضریب B و Wald بیشترین نقش را در روند شهرنشینی سال های ۱۳۶۳-۱۳۹۰ بازی کرده اند. برای استخراج مناطق توسعه شهری در افق ۱۴۱۰ با استفاده از تابع رتبه بندی میزان توسعه مشخص شده در جدول ۸ از نقشه احتمال با طبقه بندی نقشه احتمال جدا و در شکل ۱۳ ترسیم شد (جدول ۸ و تصویر ۱۳).



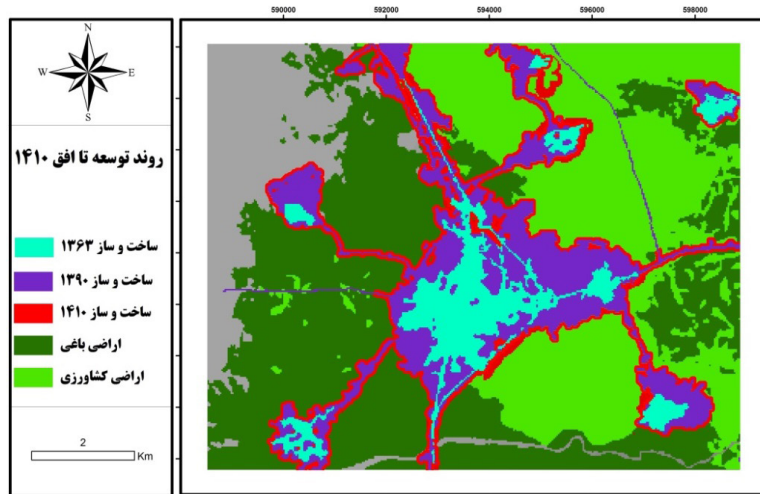
تصویر ۱۲- حساسیت سنجی مدل رگرسیونی با حذف متغیرهای مستقل

جدول ۸- ضرایب تبیین مدل رگرسیون لجستیک با متغیرهای مستقل

B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)		
						Lower	Upper	
-.۰۲۶	۰/۰۱۱	۶/۱۷۸	۱	۰/۰۱۳	۰/۹۷۴	۰/۹۵۴	۰/۹۹۴	اراضی ساخته شده
-.۰۸۰	۰/۰۱۲	۴۵/۱۸۶	۱	۰/۰۰۰	۰/۹۲۴	۰/۹۰۲	۰/۹۴۵	اراضی کشاورزی
-.۰۱۵۵	۰/۰۲۱	۵۳/۹۱۵	۱	۰/۰۰۰	۰/۸۵۶	۰/۸۲۲	۰/۸۹۳	اراضی بایر
-.۰۱۳۷	۰/۰۱۰	۱۸۳/۷۱۵	۱	۰/۰۰۰	۰/۸۷۲	۰/۸۵۵	۰/۸۹۰	اراضی مرتعی
-.۰۱۳۱	۰/۰۱۰	۱۸۰/۸۰۵	۱	۰/۰۰۰	۰/۸۷۷	۰/۸۶۱	۰/۸۹۴	اراضی باغی
۰/۳۲۸	۰/۰۱۰	۱۰۶۷/۱۹۹	۱	۰/۰۰۰	۱/۳۸۹	۱/۳۶۲	۱/۴۱۶	فاصله از جاده ها
-۱/۵۱۹	۰/۰۵۰	۹۲۲/۷۴۵	۱	۰/۰۰۰	۰/۲۱۹	۰/۱۹۹	۰/۲۴۲	فاصله از مناطق ساخته شده
-.۰۲۰۶	۰/۰۱۷	۱۴۷/۵۹۹	۱	۰/۰۰۰	۰/۸۱۴	۰/۷۸۸	۰/۸۴۲	فاصله از مناطق تجاری
-.۰۳۹	۰/۰۱۲	۱۰/۳۳۴	۱	۰/۰۰۰	۰/۹۶۲	۰/۹۴۰	۰/۹۸۵	فاصله از خطوط انتقال نیرو
-.۰۰۷۱	۰/۰۱۱	۴۵/۲۱۹	۱	۰/۰۰۰	۰/۹۳۲	۰/۹۱۳	۰/۹۵۱	ساختار زمین شناسی
۰/۴۰۷	۰/۰۱۳	۱۰۲۸/۹۵۱	۱	۰/۰۰۰	۰/۶۶۵	۰/۶۴۹	۰/۶۸۲	تعداد سلول های شهری در پنجره ۳×۳
-.۰۰۵۷	۰/۰۱۴	۱۷/۲۸۹	۱	۰/۰۰۰	۰/۹۴۴	۰/۹۱۹	۰/۹۷۰	فاصله از رودخانه
-.۰۳۸۰	۰/۰۲۹	۱۷۱/۲۷۴	۱	۰/۰۰۰	۰/۶۸۴	۰/۶۴۶	۰/۷۲۴	شیب به درصد
۱/۱۰۵	۰/۰۰۹	۱۳۵۴۸/۶۰۳	۱	۰/۰۰۰	۳/۰۱۹	۲/۹۶۴	۳/۰۷۶	تراکم جمعیت
-۲/۸۶۷	۰/۳۰	۸۸۶۱/۹۳۶	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۵۷			ضریب ثابت

در اثر توسعه آبی تا افق ۱۴۱۰ با همپوشانی مناطق ساخته شده بر روی اراضی زراعی و باغی میزان تخریب اراضی زراعی و باغی در جدول ۹ مشخص شد. بررسی راهبردهای هشتمگانه حفاظت از باغات و فضاهای سبز در فرایند توسعه شهری (کمربندهای سبز، کمان‌های سبز، توسعه حمل‌ونقل مبنا در منطقه شهری، تقویت بهره‌برداری اقتصادی از اراضی کشاورزی، حقوق توسعه قابل انتقال روش حوزه‌بندی خوشه‌ای، منافع اکولوژیکی و حمایت‌های

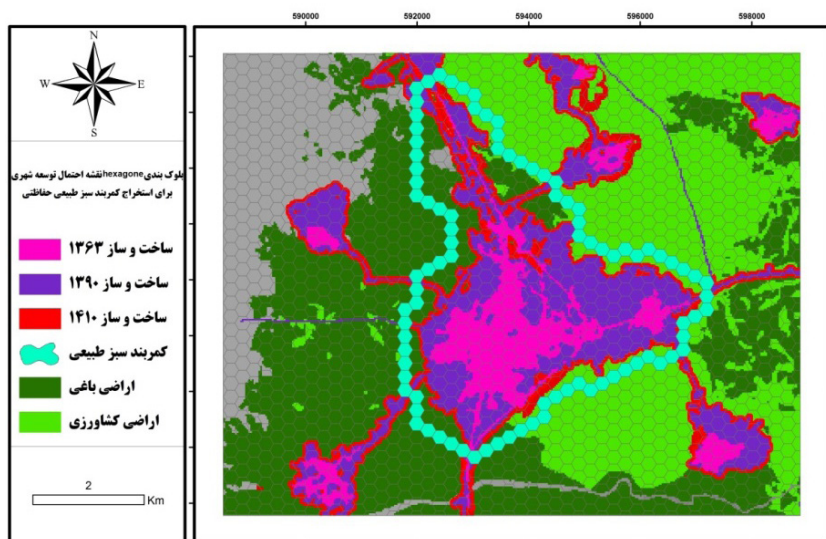
مالیاتی و استفاده از تراکم ویژه باغات) با شبکه‌بندی شش ضلعی نقشه احتمال توسعه شهری با دادن فضای لازم برای توسعه و استخراج الگوی موفق اقتصادی کمربند سبز طبیعی به طول ۲۱/۸۳ کیلومتر به دلیل ماهیت غیرهزینه‌ای آن از نظر احداث و تملک آن در طرح توسعه طرح جامع آبی شهر بناب دورنمای موفق برای توسعه این ذخیره اکولوژیک می‌توان به کار بست (جدول ۱۰ و تصویر ۱۴).



تصویر ۱۳- وضعیت توسعه آبی دره منطقه شهری بناب در افق ۱۴۱۰

جدول ۹- تغییرات سطح کاربری اراضی ساخته شده و جمعیت منطقه شهری بناب بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۳ و سرشماری مرکز آمار ایران و برآورد توسعه تا افق ۱۴۱۰

سال	۱۳۶۳		۱۳۹۰		۱۴۱۰-۱۳۹۰	
	مساحت (m ²)	جمعیت	تغییر مساحت (m ²)	تغییر جمعیت	پیش بینی مساحت (m ²)	پیش بینی جمعیت
بناب	۴۰۷۸۸۰۰	۴۳۰۰۵	۷۶۳۷۱۰۰	۸۴۸۶	۶۲۵۶۴۲۲	۳۰۲۲۰
مناطق روستایی	۲۰۰۶۰۰۰	۱۷۶۱۵	۳۴۴۶۱۰۰	۳۸۲۹	۳۰۶۷۰۳۶	۴۷۰۹



تصویر ۱۴- بلوک‌بندی hexagone احتمال توسعه شهری برای استخراج کمربندهای حفاظتی شهر بناب در افق ۱۴۱۰

جدول ۱۰- میزان تخریب اراضی زراعی و باغی در افاق ۱۴۱۰ با همپوشانی مناطق ساخت‌وساز بر روی کاربری‌های ۱۳۹۰

کاربری/شهر	بناب و مناطق روستایی
اراضی باغی	۲۶۲/۳۵
اراضی زراعی	۲۷۷/۴۷

۱۰. نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM+ و ETM+ در طی دوره ۲۷ ساله از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ در شهر بناب، تغییرات کاربری اراضی با روش شی‌گرا و ماتریس CrossTab ارزیابی شد. نتایج حاکی از آن است که منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۶۳ در حدود ۶۰۸/۴۹ هکتار کاربری اراضی ساخته شده داشته که این مقدار در سال ۱۳۹۰ به حدود ۱۷۱۷/۷۴ هکتار افزایش یافته است. با توجه به اینکه شهر بناب و روستاهای اقماری در سال ۱۳۶۳ نزدیک به ۶۰ هزار و ۶۲۰ نفر بوده و در سال ۱۳۹۰ به ۱۰۲ هزار و ۸۰۰ نفر رسیده، تراکم در منطقه مورد مطالعه طی همین سال از ۹۹ نفر در هکتار به ۵۹ نفر کاهش یافته است. کاهش تراکم یکی از عواملی است که منجر به پدیده گستردگی شهری و به تبع آن تغییرات کاربری‌ها شده است که این مسئله در کاهش اراضی باغی و کشاورزی به میزان ۱۰۹۷/۷ هکتار و شاخص هلدن در نتیجه گسترش افقی کاملاً مشهود است. اکثر شهرهای ایران، در مراحل اولیه شکل‌گیری با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به منظور زراعت، در میان اراضی زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آنها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و در نتیجه بخش وسیعی از بهترین و با ارزش‌ترین اراضی بلافصل شهرها به زیر ساخت و ساز رفته است. برای جلوگیری از این مسئله با استفاده از تکنیک تجربی رگرسیون لجستیک با متغیرهای مؤثر، نقشه احتمال توسعه شهری استخراج شد. در پیشینه تحقیق نشان داده شد که اکثر محققان در تحقیق خود در استفاده از مدل‌ها برای پیش‌بینی موفق شده بودند ولی در خصوص ارائه مدلی که بتواند با کمترین هزینه روند توسعه شهری را کنترل و به حفظ شرایط اکولوژیک آن کمک نماید، کمتر ورود پیدا کرده‌اند؛ بنابراین در این تحقیق با شبکه‌بندی نقشه احتمال توسعه شهری و استخراج کمربند سبز طبیعی به طول ۲۱ کیلومتر با دادن فضای لازم برای توسعه پیشنهاد حفاظت از این ذخیره اکولوژیک با ملاحظات اقتصادی استخراج و ارائه شده است. در صورت استفاده از نتایج این تحقیق در روند توسعه آتی، کمترین آسیب‌ها متوجه کاربری باغات و کشاورزی در دهه‌های آینده خواهد بود. بنابراین راهکار کمربند سبز آن هم از نوع طبیعی با افزایش فشردگی کالبدی و استفاده از شیوه‌های مربوط به آن به منظور هدایت توسعه شهری در محدوده شهری بناب به سمت پایداری بیشتر، باید در دستور کار برنامه‌ریزان و متولیان امور شهری قرار گیرد. در واقع بی‌توجهی به ضوابط و مقررات گسترش کالبدی - فضایی شهر در سال‌های اخیر (به خصوص ۳۰ سال گذشته) مایه نابودی اراضی کشاورزی یا تبدیل عامدانه آنها به کاربری بایر شهری و سپس به کاربری‌های ساخته شده، گردیده است. با مشخص شدن الگوی احتمالاتی توسعه شهر بناب و تأثیر آن بر زمین‌های

باغی اطراف، پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش پراکنش افقی شهر بناب و کنترل عطش ادغام روستاهای پیرامونی با نظارت بیشتر بر محدوده‌های ساخت‌وساز در اطراف کمربند سبز پیشنهادی، استفاده از شیوه‌های انبوه‌سازی و بلندمرتبه‌سازی (شهر فشرده)، استفاده از اراضی کم‌بازده موجود در داخل شهر (توسعه میان‌افزا)، هدایت به سمت توسعه شهری را در جهاتی غیر از زمین‌های باغی و زراعی در اولویت دست‌اندرکاران مدیریت شهری بناب باشد.

References:

- Akbar asghari zamani, (2007). Evaluation and prediction of the physical - spatial cities of Iran, case study: Zanjan, Phd thesis in Geography and Urban Planning course, University of Tabriz. [In Persian].
- Anderson, W.P; Kanaroglou, P.S; Miller, E.J (1996). urban form, energy and the environment: a review of issues, evidence and policy; Urban Studies; 33 (1), 7-35.
- Bahreyni, H., (1989), How is Tehran and what it should be? Journal of Environmental Studies, Vol. 15, Special letter. [In Persian]
- Benz, U.C., Hoffmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. & Heynen, M. (2004). Multi-resolution, objectoriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 58: 239-258.
- Bhatta, B (2010); Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing; DataSpringer; London; p 191.
- Bogart, W. (2009); Don't Call It Sprawl: Metropolitan Structure in the 21st Century; New York: Cambridge University Press; 2006. 196 pp
- Briassoulis Helen. (1999). Analysis of Land use change: Theoretical and Modeling Approaches. In: The Web
- Ferydon babai aghdam. (2007). Analysis of the spatial patterns of the Maringinal space of Tabriz Metroplitan, Phd thesis in Geography and Urban Planning course, University of Tabriz. [In Persian].
- Hamid Reza Kamayab, abdol Rasuol Salman Mahini, Seyyed Mohsen Hoseini, Mehdi Gholamali fard. (2010). Adopted an information-centric approach using logistic regression to model the urban development of Gorgan, Journal of Ecology, 54: 89-96. [In Persian]

- Shieh, E., (1998). An introduction to the basics of urban planning, elmo v sanat university Publications, 240p. [In Persian]
- Sudhira, H.S; Ramachandra, T.V (2007); Characterising Urban Sprawl from Remote Sensing Data and Using Landscape Metrics; 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Iguassu Falls, PR Brazil, July 11–13.
- United Nations , Department of economic and social affairs., (2010).World urbanization prospects:The 2010 revision , New York,United nation publication,323
- Vermeiren Karolien, Van Rompaey Anton, Loopmans Maarten, Serwajja Eria, Mukwaya Paul. (2012). urban growth of Kampala, Uganda: Pattern analysis and scenario development, Journal of Landscape and Urban Planning. No 106. pp. 199–206.
- X.M. Li, R.B. Xiao, S.H. Yuan, J.An. Chen, J.X. Zhou. (2010). urban total ecological footprint forecasting by using radial basis function neural network: A case study of Wuhan city, China, Journal of Ecological Indicators. No 10. pp. 241–248.
- Zhiyong Hu., C.P. Lo. (2007). A Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression, Computers, Environment and Urban Systems, 31, 667– 688.
- Hekmatniya, H. and Moussavi, M. N. (2006). The Use of Models in Geography with Emphasis on Urban and Regional Planning, Novin Publications, Yazd. [In Persian]
- Katie Williams, Michael Jenks, Elizabeth Burton. (2000). Achieving Sustainable Urban Form, Taylor & Francis Publications, 388p.
- Liu ,Y .(2009). Modelling urban development with geographical information systems and cellular automata , CRC Press , 188
- 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 , 55:271–285
- Mansor Momeni. (2007).Statistical analysis using SPSS, Ketabe no Publication, first Edition. [In Persian]
- Martinuzzi, S., William A., Olga, G., Gonzalez, M. R.(2007). Land development, land use, and urban sprawl in Puerto Rico integrating remote sensing and population census data, Landscape and Urban Planning 79,288–297.
- Nancy E. McIntyre, K. Knowles-Yáñez, and D. Hope. (2008). Urban Ecology as an Interdisciplinary Field: Differences in the use of “Urban“ Between the Social and Natural Sciences, Journal of Urban Ecosystems. No 4. pp. 5–24.
- 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, 26(6), 553-575.
- Rasoul Ghorbani, Mir sattar sadr Mousavi. (2006). Environmental consequences of expanding settlements: A case study UskoValley, Journal of Geography and Regional Development, 8: 137–156. [In Persian]
- Rasouli, A.A. and Mahmoudzadeh, H. (2010). principal of Object Oriented Remote sensing, ElmIran Publications, Tabriz. (In Persian)
- Seyyed Ali AlModarresi Hoseyni, Jalal Karami, Samaneh RoshanBakhsh. (2014). Hamadan modeling of urban development of Hamadan using logistic regression during 2009–2002 periods. National Conference on Application of advanced spatial analysis (Remote sensing and GIS) in land use Planning, Islamic Azad University of Yazd, Yazd Municipality. [In Persian]
- Shakoui, H., (1994). New Perspectives in urban geography, Samt Publications, Tehran. 568p. [In Persian]