

ارزیابی کارایی مدل Geomod، الگوریتم SimWeight و الگوریتم MLP در شبیه‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهرستان خرم‌آباد)

حافظ میرزاپور^۱، آزاده ارشیا^۲، ناصر طهماسبی‌پور^{۳*}

^۱دانشجوی دکتری مدیریت حوزه‌های آبخیز - گروه مرتع و آبخیزداری - دانشگاه لرستان
mirzapour.lu@yahoo.com

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری - گروه مرتع و آبخیزداری - دانشگاه لرستان
a.arshia@chmail.ir

^۳دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری - دانشگاه لرستان
ntahmasebipour@yahoo.com

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۶، تاریخ تصویب دی ۱۳۹۷)

چکیده

مطالعه حاضر، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهرستان خرم‌آباد، استان لرستان را به منظور آشکارسازی تغییرات صورت گرفته در شهر، مدنظر قرار داده است. در این راستا تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست مربوط به سه دهه ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۴ مورد استفاده قرار گرفت. بعد از انجام تصحیحات هندسی، جافتادگی نوار و رادیومتریک بر روی تصاویر، نقشه‌های محدوده شهر با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال در سال‌های مورد مطالعه تهیه شد. سپس با استفاده از پارامترهای مؤثر در توسعه شهری شامل؛ فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از روستا، شیب، جهت، ارتفاع و کاربری در سال پایه بودند، با استفاده از مدل ژئومد و الگوریتم‌های یادگیری بر مبنای نمونه وزنی مشابهت و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه، میزان دقت شبیه‌سازی‌های انجام شده مورد بررسی قرار گرفت. نهایتاً برای صحت سنجی، نقشه‌های شبیه‌سازی شده و نقشه واقعیت زمین با یکدیگر تطابق داده شدند. نتایج نشان داد مدل ژئومد، الگوریتم یادگیری بر مبنای نمونه وزنی مشابهت و الگوریتم پرسپترون چندلایه به ترتیب دارای ضریب کاپا ۰/۷۹، ۰/۷۷ و ۰/۷۲ می‌باشد. بنابراین، مدل ژئومد در شبیه‌سازی توسعه شهری شهر خرم‌آباد کارایی مناسب‌تری نسبت به دیگر مدل‌های مورد بررسی دارد. پیشنهاد می‌شود مدیران و برنامه ریزان از مدل ژئومد برای پیش‌بینی توسعه شهری استفاده کنند.

واژگان کلیدی: توسعه شهری، Geomod، حداکثر احتمال، شبکه عصبی، شبیه‌سازی

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

رشد و گسترش فیزیکی شهرها پدیده‌های است که هرچند از دوران یکجانشینی و آغاز تولید مازاد کشاورزی و به تبع آن افزایش جمعیت آغاز گشته است ولی صورت جدی و مسئله‌زای آن را بعد از انقلاب صنعتی و آغاز غلبه دانش بشری بر سلطه محیط طبیعی دانسته‌اند. این روند بعد از مدت‌ها موجبات افزایش فرسایش بیش از حد نواحی مرکزی شهری از لحاظ کالبدی هم به جهت قدمت هم به جهت تراکم و هم فرسایش نواحی طبیعی کناری که نمونه‌های آن در شهرهای لندن، وین و پاریس مشاهده می‌شد: را ایجاد می‌کرد [۱]. توسعه فیزیکی شهرها را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: " به افزایش کمی و کیفی کاربری‌ها و فضاهای کالبدی (مسکونی، تجاری، مذهبی، ارتباطی و...) یک شهر در ابعاد افقی و عمودی که در طول زمان انجام می‌گیرد، می‌توان توسعه فیزیکی اطلاق نمود [۲]. ارزیابی تغییرات و تحولات کاربری اراضی در طول یک دوره زمانی خاص نیز اهمیت دارد. به مرور زمان همراه توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و بالطبع بخش وسیعی از بهترین و بارزترین اراضی بلافصل شهرها به زیرساخت و ساز رفته است [۳]. این مسئله باعث استفاده ناکارآمد از منابع به‌ویژه زمین می‌شود [۴]. در سال‌های اخیر افزایش سریع جمعیت و رشد شهرنشینی، اهمیت استفاده از زمین را دوچندان نموده؛ به‌گونه‌ای که موجب تغییرات وسیع کاربری در شهرها گردیده است [۵]. گسترش شهرها در دهه‌های اخیر به‌گونه‌ای است که در برخی از موارد نرخ رشد شهر بیشتر از نرخ رشد جمعیت بوده است [۶]. مدل‌سازی شهری یک‌روند عملی است که در فاز اول آن تلاش بر آن است تا مکانیسم غالب در شکل‌گیری و ایجاد تغییر در شهرها شرح داده شود و در فاز دوم بتوان نتیجه یکسری از استراتژی‌های اتخاذ شده را در آینده پیش‌بینی نمود [۷]. درک و تشخیص پویایی مکانی و زمانی سیستم‌های پیچیده شهری و ارزیابی میزان تأثیر رشد شهرها بر محیط‌زیست در حیطه‌ی مدل‌سازی و شبیه‌سازی قرار دارد [۸]. از این‌رو نیازی جهت به وجود آمدن مدل‌هایی که توانایی مدل‌سازی تغییرات را داشته باشند وجود دارد. در همین راستا برنامه‌ریزی شهری که مجموعه گسترده‌ای از فعالیت‌های نظام‌منداست و به‌منظور نیل به اهدافی برای آینده شهر در نظر گرفته می‌شود. در چند دهه اخیر اهمیت

و جایگاه ویژه‌ای در جوامع مختلف یافته است و این مدل‌ها می‌توانند کمک شایانی به طراحان و برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان جامعه در راستای رسیدن به توسعه‌ی شهری پایدار و استفاده معقول از منابع طبیعی و حداقل سازی پیامدهای زیست‌محیطی داشته باشند. در دهه‌های اخیر تحقیقات زیاد در این زمینه انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها می‌پردازیم؛ ربیعی و همکاران، در تحقیقی تحولات کاربری و پوشش اراضی منطقه اصفهان را با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست، در سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۰ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده تغییر وسیع کاربری اراضی کشاورزی مجاور شهر اصفهان به منطقه مسکونی در طول هشت سال بود [۹]. محمدی و همکاران، در استان گلستان تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان را مدل‌سازی کردند، در این تحقیق تغییرات بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از مدل CLUE-s تغییرات برای سال ۲۰۳۰ شبیه‌سازی شد نتایج نشان داد تخریب منابع طبیعی و تبدیل آن‌ها به کاربری کشاورزی و مسکونی مهم‌ترین تغییر اراضی در منطقه باشد [۱۰]. مرادی و همکاران، در پژوهشی به مدل‌سازی و پیش‌بینی روند مکانی تغییرات کاربری کشاورزی در حوزه آبخیز گرگان رود پرداختند که در این مطالعه از نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده از ماهواره Landsat سنجنده TM مربوط به سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۱۲ استفاده شد. مدل‌سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی رگرسیون لجستیک و یادگیری بر مبنای نمونه وزنی مشابهت و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از زنجیره مارکف انجام شد. نتایج بیانگر صحت بالای یادگیری بر مبنای نمونه وزنی مشابهت در پیش‌بینی تغییرات کاربری کشاورزی بود [۱۱]. پارسامهر و غلامعلی فرد، در پژوهشی به بررسی تغییرات پوشش جنگل در محدوده‌ای از بخش‌های کجور و مرزن‌آباد در استان مازندران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست متعلق به سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۳ پرداخته است. در همین راستا به‌منظور مدل‌سازی پتانسیل انتقال از رویه یادگیری بر مبنای نمونه وزنی مشابهت (SimWeight) استفاده کردند، و برای ارزیابی صحت از آماره‌های منحنی مشخصه عملکرد نسبی (ROC) و عدد شایستگی استفاده شد. در پایان بر طبق روش‌شناسی کربن استاندارد اختیاری (VCS) و دوره

در آمریکای شمالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دوره‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۶، به تحلیل و پیش‌بینی اراضی منطقه با استفاده از پرسپترون چندلایه پرداختند، نتایج نشان‌دهنده کاهش جنگل‌ها و افزوده شدن به محدوده شهر در این منطقه بود. همچنین نتایج پیش‌بینی نشان از ادامه‌ی روند فعلی تا سال ۲۰۱۸ را دارد [۱۶]. تاپا و مارایاما، از سلول‌های خودکار برای مدل‌سازی الگوهای رشد شهر در منطقه شهری کلمنتو در نیپال استفاده کردند. آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۷۸، ۱۹۹۱ و ۲۰۰۰ برای مدل‌سازی سال‌های ۲۰۱۰، و ۲۰۲۰ کمک گرفتند، نتایج نشان‌دهنده دقت مناسب مدل در شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات اراضی، و گسترش منطقه شهری به سمت شرق و جنوب شهر کلمنتو می‌باشد [۱۷]. هدف از این تحقیق مقایسه کارایی مدل‌های ژنومد، الگوریتم پرسپترون چندلایه و شبیه‌سازی توسعه شهری شهر خرم‌آباد در استان لرستان می‌باشد.

۲- مبانی نظری

توسعه فیزیکی شهرها یکی از الزامات گسترش شهرنشینی است و باید این توسعه فیزیکی به سمت و سویی جهت پیدا کند که تمام مبانی توسعه در آن رعایت شود [۱۸]. رشد فیزیکی شهر به صورت الگوها و مدل‌های مختلفی صورت می‌گیرد، اما گاهی بستگی به محیطی دارد که شهر در آن در حال گسترش است. ممکن است این الگو و مدل مناسب و ایده آل برای شهر نباشد و مشکلاتی را برای شهروندان خود ایجاد نماید. تمام نظریات و الگوهای توسعه شهر، نمی‌توانند در یک شهر پیاده شوند، زیرا هر یک از آن‌ها مورفولوژی خاص خود را دارند. ولی می‌توانند به عنوان خطوط اصلی، جهت شناخت الگوی توسعه شهر مورد مطالعه و در سایر شهرها با کار گرفته شوند. هر یک از این نظریه‌ها واقعیت‌های چندی را نشان می‌دهد، یک شهر ممکن است ترکیبی از چند نظریه و الگو باشد [۱۹].

شبکه عصبی مصنوعی

یکی از روش‌های هوش مصنوعی^۱ مورد توجه، شبکه‌های عصبی مصنوعی است که بر پایه‌ی ریاضیات و بر

واسنجی ۱۳۹۳-۱۳۶۳ مدل‌سازی تغییرات پوشش جنگل برای ۳۰ سال آینده (تا سال ۱۴۲۳) صورت گرفت و میزان انتشار گاز CO2 تا سال ۱۴۲۳ محاسبه گردید. نتایج نشان داد که به ترتیب طی بازه زمانی ۱۳۶۳-۱۳۷۹ و ۱۳۹۳-۱۳۶۳ حدود ۴۰۰۸ و ۷۶۴۳ هکتار پوشش جنگل تخریب شده است. ارزیابی صحت بیانگر صحت مناسب مدل با میزان ROC برابر با ۰.۹۵ را نشان داد [۱۲]. یوسفی و اشرفی، در پژوهشی رشد شهری بجنورد را با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و بر اساس شبکه عصبی-مارکف و مدل‌سازی تغییرات زمین با اعمال متغیرهای فاصله از جاده، شیب، و متغیرهای کیفی برای سال ۱۴۱۰ شبیه‌سازی کردند. در این پژوهش تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفت، اعتبار سنجی مدل با محاسبه ضریب کاپا (ضرایب کاپای بالای ۸۶ درصد) بیانگر اعتبار مدل می‌باشد. همچنین، نتایج نشان‌دهنده افزایش محدوده شهری از ۱۵۲۹ هکتار به ۱۸۳۷ هکتار می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد این روند برای آینده نیز ادامه خواهد داشت [۱۳]. داداش‌پور و سالاریان، در پژوهشی به تحلیل تأثیر پراکنده روی بر تغییر کاربری اراضی مناطق شهری و پیش‌بینی روند تحولات توسعه اراضی و کاربری اراضی تا سال ۱۴۱۰ در منطقه شهری ساری پرداختند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از مدل Geomod اراضی ساخته شده پیش‌بینی شدند و سپس بر پایه مدل زنجیره مارکف روند تغییرات کاربری اراضی احتمالی منطقه شهری ساری تخمین زده شد. در مرحله نهایی با استفاده از GIS با تلفیق مدل‌های مذکور برهم‌کنش اراضی ساخته شده و کاربری اراضی تحلیل شد تا پراکنش و توزیع فضایی کاربری زمین در چشم‌انداز تحقیق مشخص گردد. نتایج یافته‌ها نشان می‌دهد تغییر کاربری اراضی کشاورزی، باغی و مراتع در سال ۱۴۱۰ با نرخ رشد ۱/۴۳- درصدی کاهش خواهد یافت و هم‌راستا با این روند، اراضی ساخته شده با نرخ رشد ۴/۸۵ درصدی افزایش می‌یابد [۱۴]. بونانو و همکاران، در پژوهشی در شمال غرب نیجریه با استفاده از الگوریتم SimWeight، توسعه شهری را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۱ مورد استفاده و توسعه شهری در سال ۲۰۰۹ شبیه‌سازی شد. نتایج صحت سنجی نقشه‌ی به‌دست‌آمده نشان از دقت خوب و قابلیت این روش در پیش‌بینی توسعه شهری در آینده می‌باشد [۱۵]. وانگ و همکاران، در ایالت کانکتیکات

۱. Artificial Intelligence

آن (تعداد لایه‌های مخفی و گره) و پارامترهای آموزش (نرخ یادگیری، سرعت، و تعداد تکرارها در مورد یادگیری الگوریتم پس از انتشار) دارد [۲۵].

خروجی‌های مرحله مدل‌سازی پتانسیل انتقال به‌عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات بکار می‌روند. مقدار تغییر هر تبدیل کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی می‌شود و نقشه کل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل سخت و نرم در مدل LCM تهیه خواهد شد [۲۶]. تحلیل زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر بیان کرده و با استفاده از توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین را از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌دهد که به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی دوره‌های زمانی آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت [۲۷].

Geomod

Geomod یک مدل تغییر کاربری زمین است که در اصل برای مدل‌سازی کاهش جنگل‌های گرمسیری [۲۸] و برای برآورد خروج دی‌اکسید کربن از جنگل‌های گرمسیری طراحی شده است [۲۸ و ۲۹]. این مدل توسط محققین در دانشگاه علوم جنگلداری و محیط‌زیست سانی [۳۰ و ۳۱] و با سرمایه‌گذاری بخش انرژی، برنامه پژوهش دی‌اکسید کربن و بخش تغییر اقلیم و اتمسفر آمریکا توسعه یافته است. این مدل محل تغییر کاربری زمین را پیش‌بینی می‌کند و مقدار تغییر را با مقایسه مساحت به‌دست آمده از نقشه‌های کاربری زمین چند زمانه برآورد می‌نماید [۳۱].

Pontius و همکاران [۳۱] تعریف جامعی از Geomod ارائه نمودند: Geomod یک مدل تغییر کاربری زمین است که تغییر یک‌سویه از یک طبقه کاربری زمین به یک طبقه دیگر را پیش‌بینی می‌کند. در این مدل دو مؤلفه وجود دارد: مقدار تغییر کاربری زمین و محلی که تغییر کاربری زمین می‌دهد. برای به دست آوردن مقدار تغییر کاربری زمین، به‌طور کلی از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه استفاده می‌شود. برای مدل‌سازی محل‌هایی که تغییر کاربری زمین رخ داده است، این مدل برای پیش‌بینی محل تغییرات کاربری زمین گذشته، تعدادی از داده‌های مکانی مربوط به عوامل اقتصادی-اجتماعی و بیوفیزیکی را مورد استفاده قرار می‌دهد [۳۲ و ۳۳]. این عوامل در اغلب موارد شامل وضعیت توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت) فاصله از رودخانه‌ها، جاده‌ها

اساس تقلید بسیار ساده از سیستم شبکه عصبی بیولوژیک است. گرچه هنوز بیش از ۵۰ سال از ابداع روش‌های محاسباتی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی نمی‌گذرد، اما این شبکه‌ها به دلیل ویژگی‌هایی همچون پردازش موازی، هوشمندی و انعطاف‌پذیری جایگاه ویژه‌ای در حل مسائل پیچیده از قبیل شناخت الگو، خوشه‌بندی^۴، مدل‌سازی، تخمین و شناسایی^۳ و پیش‌بینی برای خود باز کرده است.

شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای ساختارهایی غیرخطی بر اساس عملکرد مغز انسان هستند. مشخص شده است که ANN ها عملکرد بسیار انعطاف‌پذیری تقریباً برای هر نوع داده‌ای دارند. شبکه عصبی مصنوعی ابزار قدرتمندی برای ایجاد مدل است، مخصوصاً وقتی که ارتباطات داده‌های زیرساختی، ناشناخته و نامشخص هستند [۲۰ و ۲۱].

شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP)^۴

در بسیاری از مسائل ریاضی که بر اساس حل معادلات پیچیده غیرخطی حل می‌شود، یک شبکه پرسپترون چندلایه می‌تواند به‌سادگی با تعریف اوزان و توابع مناسب مورد استفاده قرار گیرد. توابع فعالیت مختلفی به فراخور تناسب روش در نرون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۲].

یک پرسپترون چندلایه از سه نوع لایه تشکیل می‌شود. نرون‌ها عناصر تشکیل‌دهنده لایه‌ها در شبکه‌های عصبی می‌باشند. عناصر هر لایه با تمام عناصر لایه‌های دیگر در ارتباط است ولی با سایر عناصر در همان لایه ارتباطی ندارد. سه نوع لایه شبکه شامل لایه ورودی^۵، لایه‌های میانی یا پنهان^۶ و لایه خروجی^۷ است [۲۳]. شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، اولین بار توسط روزن بلات در سال ۱۹۸۵ طراحی شدند [۲۴].

آموزش این شبکه توسط الگوریتم "پس از انتشار" انجام می‌شود که شامل گسترش خطا از لایه خروجی به لایه‌های ورودی تکراری به‌منظور اصلاح مقادیر وزن است. قابلیت MLP برای یادگیری و تعمیم بستگی به معماری

^۱ Pattern Recognition

^۲ Clustering

^۳ Estimation & Identification

^۴ Multi Layer Perceptron

^۵ Input layer

^۶ Hidden layer or mid layer

^۷ Output layer

شد. در ژانویه ۲۰۱۵، آزمایشگاه کلارک نرم‌افزار نظارت و مدل‌سازی جغرافیایی "TerrSet" نسخه ۱۸ را منتشر کرد. از سال ۱۹۸۷، TerrSet توسط کارشناسان و محققان در طیف گسترده‌ای از صنایع در بیش از ۱۸۰ کشور در سراسر جهان استفاده می‌شود. در کل، بیش از ۳۰۰ ماژول برای تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات مکانی دیجیتالی وجود دارد. TerrSet تلفیقی از سیستم اطلاعات جغرافیایی یکپارچه (GIS) و نرم‌افزار سنجش از دور است که توسط آزمایشگاه کلارک^۲ در دانشگاه کلارک برای تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی دیجیتالی طراحی شده است. TerrSet یک سیستم مبتنی بر شبکه کامپیوتری است که ابزارهایی را برای محققان و دانشمندان در زمینه^۳ تجزیه و تحلیل و پویایی سیستم زمین برای تصمیم‌گیری مؤثر و مسئولانه جهت مدیریت زیست‌محیطی، توسعه منابع پایدار و تخصیص منابع صحیح فراهم می‌کند [۳۵].

SimWeight

SimWeight تنها می‌تواند یک تغییر را در زمان مدل‌سازی کند. SimWeight یک الگوریتم یادگیری ماشین بر مبنای نمونه وزنی مشابهت است که از یک اصلاحیه کمی از روش K-نزدیک‌ترین همسایه استفاده می‌کند [۳۶]. دو پارامتر اصلی که لازم است مشخص شوند، اندازه نمونه و K می‌باشند. اندازه نمونه لازم است به حد کافی بزرگ باشد. به‌طور کلی، اندازه نمونه از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ پیکسل خوب عمل می‌کند (نیمی از آن‌ها برای آموزش استفاده می‌شود). پارامتر K، میزان کلی راه‌حل را تعیین می‌کند. اگر تنظیم K خیلی پایین باشد آموزش بیشتری می‌طلبد و اگر تنظیم آن بالا باشد قدرت تعمیم بیشتری دارد. پیشنهاد می‌شود تنظیم k یک‌دهم اندازه نمونه باشد. توصیه می‌گردد k تا زمانی که به نتیجه‌ی مطلوبی می‌رسد افزایش یابد. عموماً در آزمون، ضعیف‌ترین حالت پتانسیل انتقال اهمیتی ندارد. اهمیت موضوع در قوی‌ترین حالت پتانسیل انتقال می‌باشد. SimWeight نیمی از پیکسل‌های نمونه را جهت اعتبار سنجی استفاده می‌کند [۳۷].

۳- منطقه تحقیق

ویژگی‌های مطالعاتی شهرستان خرم‌آباد، استان لرستان، با مساحت ۲۷۹۷۷/۹ هکتار در ناحیه غربی کشور

و مناطق مسکونی و عوامل اقلیمی می‌باشد [۳۴] در این مدل می‌توان انتقال از یک طبقه به طبقه دیگر را شبیه‌سازی نمود [۲۸ و ۲۹] همچنین این مدل با فرض پایداری پدیده‌ها در مدل‌سازی، فرایند مدل‌سازی را انجام می‌دهد. یعنی اگر فرضاً یک پیکسل تصویر در سال مبدأ به‌عنوان شهر طبقه‌بندی شده است، در سال‌های نیز شهر خواهد بود که این امر با توجه به نقشه تناسب تهیه‌شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. ضمن این‌که خیلی غیرمحمتمل است که یک منطقه شهری در طول بازه زمانی مورد مطالعه تبدیل به منطقه غیرشهری شود [۲۹]. همچنین اگر فرضاً یک پیکسل تصویر اکنون جنگل است، پس در گذشته جنگل بوده و مدل آن را برای گذشته هم جنگل در نظر می‌گیرد، اما اگر یک پیکسل تصویر اکنون غیر جنگل باشد، مدل با توجه به نقشه تناسب بررسی می‌نماید که این پیکسل در گذشته جنگل بوده و یا در گذشته نیز یک پیکسل جنگل نبوده است [۳۱].

LCM

در این بخش، ابزارهایی به‌منظور پیش‌بینی کاربری اراضی فراهم شده است. در واقع برنامه با آگاهی از میزان تغییرات رخ داده در دوره قبل و نقشه‌های پتانسیل تبدیل محاسبه‌شده در مرحله قبل، به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده می‌پردازد. با تعیین تاریخ پیش‌بینی از سوی کاربر، مقدار تغییرات کاربری اراضی در هر طبقه، با استفاده از یکی از روش‌های تحلیل زنجیره مارکف و یا ماتریس احتمال تبدیل محاسبه می‌شود. البته ماتریس یادشده باید توسط یک مدل خارجی دیگر تهیه و به برنامه ارائه شود. برنامه LCM این امکان را به کاربر می‌دهد که، تعداد مراحل ارزیابی مجدد که در طی آن متغیرهای پویا به هنگام می‌شوند، مشخص نماید. در هر مرحله ارزیابی، برنامه همچنین نقش پارامترهای مختلفی را که ممکن است مسیر توسعه را در فرآیند پیش‌بینی تغییر دهد، بررسی می‌کند. این پارامترها می‌توانند عامل محدودیت‌ها و یا محرک باشد، مانند؛ ایجاد مناطق حفاظت‌شده و تغییرات زیر بنایی مثل شبکه جاده‌ها و یا مناطق برنامه‌ریزی‌شده جهت توسعه باشد.

TerrSet

TerrSet برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ توسط پروفیسور رونالد استمن^۱ از دانشگاه کلارک، گروه جغرافیا توسعه داده

^۲ Clark Labs

^۱ J. Ronald Eastman

۴-۱- شبکه عصبی مصنوعی

یک پرسپترون چندلایه از سه نوع لایه تشکیل می‌شود. نرون‌ها، عناصر تشکیل‌دهنده لایه‌ها در شبکه‌های عصبی می‌باشند. عناصر هر لایه با تمام عناصر لایه‌های دیگر در ارتباط است ولی با سایر عناصر در همان لایه ارتباطی ندارد. سه نوع لایه شبکه شامل؛ لایه ورودی^۱، لایه‌های میانی یا پنهان^۲ و لایه خروجی^۳ است [۳۹].

لایه ورودی:

لایه ورودی اولین لایه تشکیل‌دهنده شبکه است. نرون‌ها در لایه ورودی نماینده پارامترهای مساله تحت مطالعه است. به ازای هر پارامتر، یک نرون یا عنصر پردازشی در لایه ورودی لازم است.

لایه میانی یا پنهان:

این لایه بحث برانگیزترین لایه شبکه است زیرا هیچ قاعده و روش خاصی برای تعیین تعداد لایه‌های پنهان و همچنین تعداد نرون‌های آن وجود ندارد. تجربه نشان داده است که بهتر است تعداد نرون برای لایه پنهان با تعداد نرون در لایه ورودی برابر و یا یکی بیشتر باشد و برای اکثر مسایل مهندسی استفاده از یک لایه پنهان جوابگو خواهد بود.

لایه خروجی:

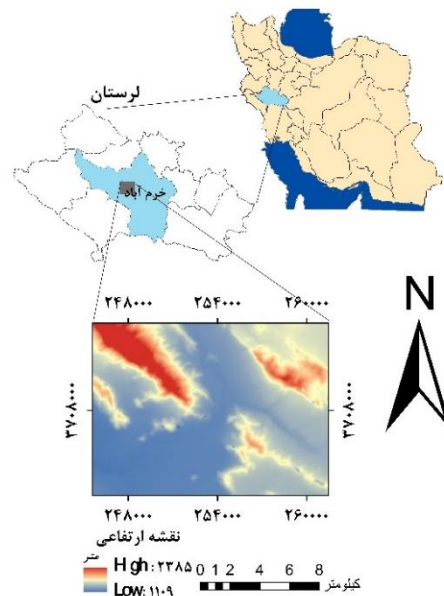
لایه خروجی آخرین لایه شبکه می‌باشد که نتایج حاصل از فرآیند انجام‌شده را در بر می‌گیرد [۴۰].

۴-۲- Geomod

ژئومد برای مدل‌سازی الگوهای فضایی شهری و پیش‌بینی و احتمال تغییرات استفاده می‌شود. ژئومد برای شبیه‌سازی الگوهای تغییرات مکانی کاربری و یا تغییر بین دودسته کاربری (شهری و غیرشهری) می‌باشد. ژئومد محل سلول‌های شبکه را بر اساس قوانین زیر انتخاب می‌کند [۴۱]:

- ۱- مقاومت: شبیه‌سازی مسیر تغییرات
- ۲- طبقه‌بندی منطقه‌ای: شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در یک سری از مناطق به‌عنوان طبقه.
- ۳- دستورالعمل همسایگی
- ۴- تهیه نقشه تناسب

واقع گردیده است. از نظر جغرافیائی در مختصات ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه طول شرقی و ۳۳ دقیقه و ۴۱ درجه تا ۳۳ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. در این پژوهش محدوده شهر نشین شهرستان خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- توپوگرافی محدوده شهر خرم‌آباد، استان لرستان.

۴-۳ روش تحقیق

داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه کاربری اراضی/پوشش زمین می‌باشد [۳۸]. در این پژوهش تصاویر سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست به ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۴ مورد استفاده قرار گرفت. پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای، از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال برای تهیه نقشه‌های شهر خرم‌آباد استفاده شد. اولین گام در انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده تعریف مناطقی است که به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند [۳۷]. برای تعریف نقاط تعلیمی از تصاویر گوگل ارث مربوط به سال‌های مورد بررسی کمک گرفته خواهد شد. سپس طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای در نرم افزار ENVI انجام می‌شود. برای تفکیک منطقه شهری از مناطق غیر شهری از نرم‌افزار ARCGIS استفاده می‌شود. در نهایت برای حذف قطعات کوچک و ساده‌سازی تصاویر حاصل از طبقه‌بندی‌ها از فیلتر مناسب استفاده خواهد شد.

^۱ Input layer
^۲ Hidden layer or mid layer
^۳ Output layer

در حال تغییر دارد و در نتیجه می توان آن را از نظر پتانسیل انتقال بالا دانست [۳۶].

۴-۴- ارزیابی صحت

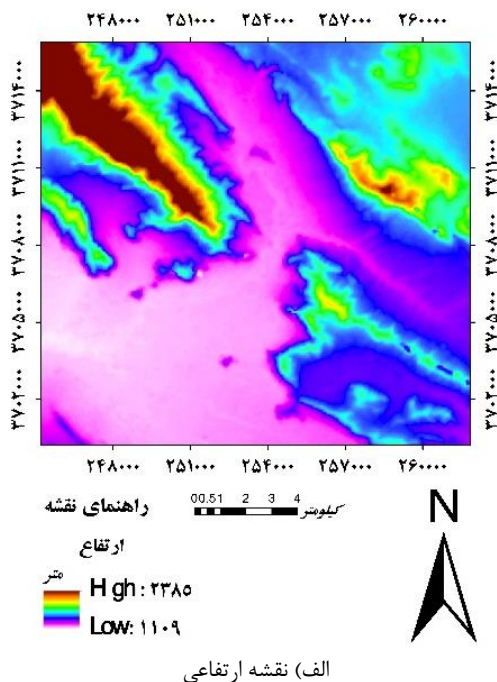
لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است. صحت اطلاعات در واقع میزان احتمال درستی اطلاعات است [۴۴] اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می شود. چون شاخص کاپا پیکسل های نادرست طبقه بندی شده را مورد توجه قرار می دهد. شاخص کاپا از رابطه ۲ محاسبه می شود [۴۵].

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} * 100 \quad (2)$$

که در آن P_0 درستی مشاهده شده P_c توافق مورد انتظار می باشد.

۴-۵- پارامترهای ورودی

پارامترهای تأثیرگذار و در دسترس منطقه مورد مطالعه شامل فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از روستا، ارتفاع، شیب، جهت و نقشه کاربری شهر مربوط به سال پایه هستند که در شکل ۲ ارائه شده اند.



الف) نقشه ارتفاعی

برای انجام فرآیند مدل سازی به روش ژنومد باید نقشه تناسب تهیه شود. این نقشه، میزان احتمال هر پیکسل را برای تغییر با توجه به متغیرهای مستقل مورد بررسی نشان می دهد و مقادیر بالا در این نقشه نشان دهنده محل های با احتمال بالاتر برای تغییر است. متغیر وابسته در مدل ژنومد نقشه طبقه کاربری زمین مورد نظر در سال شروع مدل سازی است که این نقشه از نقشه کاربری زمین منطقه مطالعاتی استخراج می شود [۴۱].

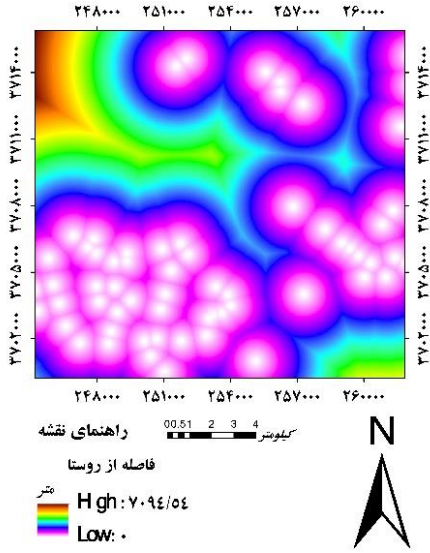
۴-۳- یادگیری برمبنای نمونه وزنی مشابهت (Simweight)

Simweight یک ماشین یادگیری است که به مراتب ساده تر از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه می باشد [۳۶] که منطق آن بر اساس نزدیک ترین همسایه می باشد [۴۲]. پایه و اساس آن در محاسبه فواصل وزنی، در فاصله متغیرها به نمونه های شناخته شده برای طبقات است. در زمینه پتانسیل انتقال برای مدل سازی تغییرات زمین، برای هر انتقال باید دو کلاس وجود داشته باشد و مورد ارزیابی قرار گیرد: متغیر و ثابت. SimWeight برای هر پیکسل ارزیابی می شود، استخراج نزدیک ترین همسایه به k (متغیر و یا ثابت) و سپس محاسبه فاصله در فضای متغیر، از هر مکان نامعلومی که در طیف وسیعی از K اتفاق می افتد [۳۶]. اما از آنجاکه بر اساس اصل فاصله عمل می کند، مناسب بودن آن برای مدل سازی های ناهمگن، محدود است [۴۳]. این فاصله، در تابع وزن نمایی به منظور محاسبه سطح پیوسته از عضویت در طبقه کاربری اراضی، موجود برای هر پیکسل از رابطه ۱ محاسبه می شود.

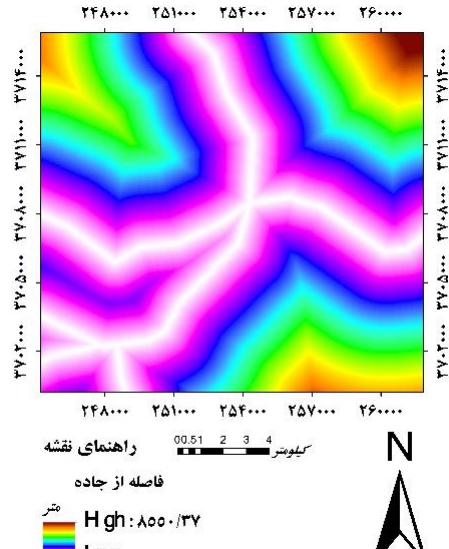
$$Membership_{change} = \frac{\sum_{i=1}^c \left(1.0 - \frac{1}{1 + e^{1/d}}\right)}{k} \quad (c \leq k) \quad (1)$$

که در آن k ؛ تعداد نزدیک ترین پیکسل ها به پیکسل مورد نظر (متغیر و ثابت)، c ؛ تعداد نزدیک ترین پیکسل های متغیر، d ؛ فاصله خطی پیکسل های متغیر، $i.a$ ؛ طبقه بزرگ عضویت برای تمایل در تغییر طبقه، بدین معنی است که هر پیکسل در محیط زیست شرایط مشابهی با پیکسل های

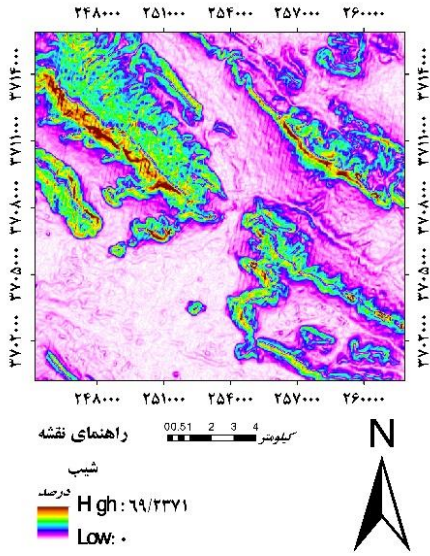
۱) Similarity Weighted Instance-Based Machine Learning Algorithm



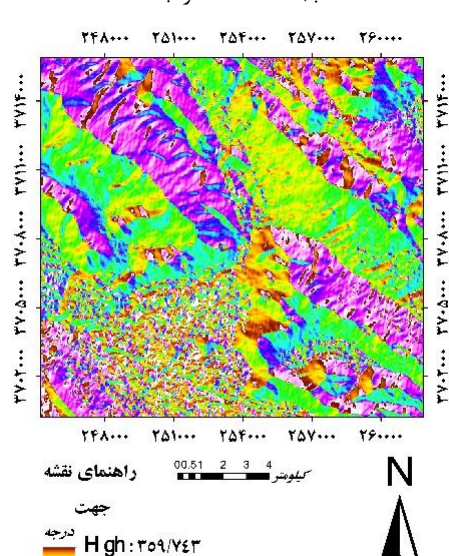
(ا) نقشه فاصله از روستا



(ب) نقشه فاصله از جاده



(ج) نقشه شیب



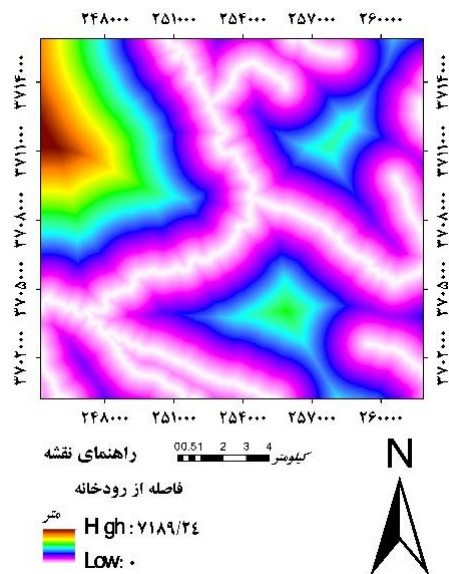
(د) نقشه جهت شیب



(ه) نقشه پیوسته کاربری اراضی سال ۱۳۷۴

شکل ۲- (الف) تا (ج) پارامترهای تأثیرگذار در توسعه شهری منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند

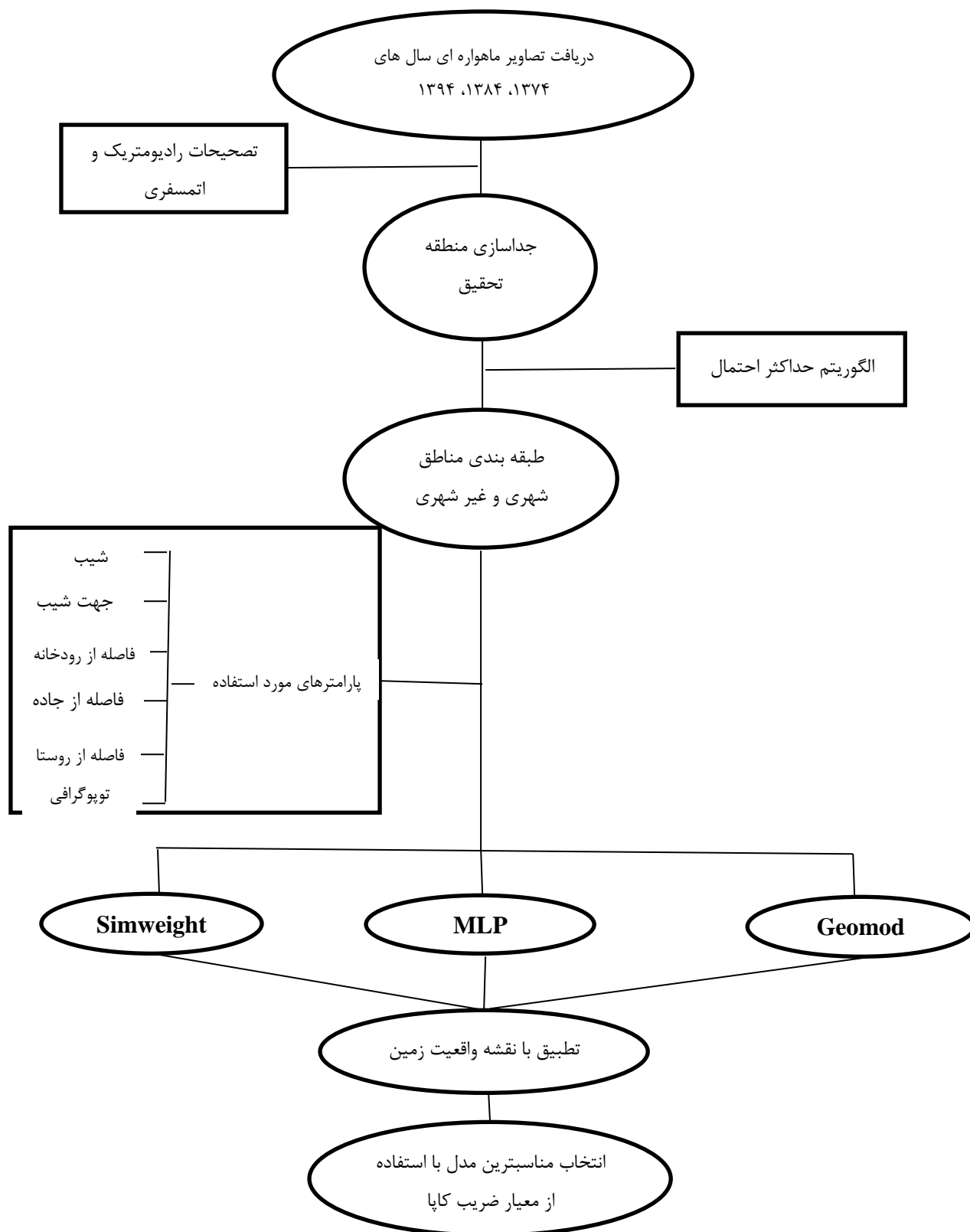
* نقشه کاربری اراضی نشان داده شده، حاصل اجرای تابع Evidence Likelihood است که نقشه کاربری اراضی که دارای طبقات است را به صورت نقشه کمی پیوسته تبدیل می‌نماید.



(ف) نقشه فاصله از رودخانه

۴-۶- فلوچارت روش تحقیق

در شکل ۳ مراحل انجام تحقیق ارائه شده است.



شکل ۳- فلوچارت روش تحقیق

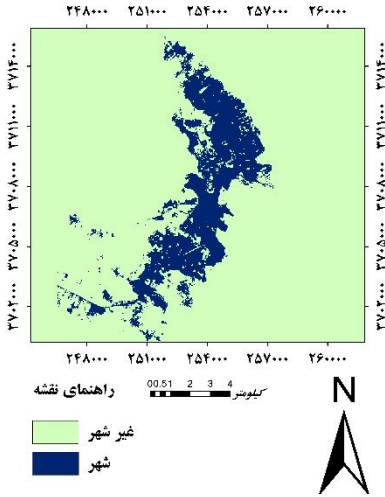
۵- نتایج و بحث

۵-۱- تهیه نقشه‌های کاربری شهر

همان‌طور که در روش کار آمده است، نقشه‌های کاربری شهر منطقه مورد مطالعه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و کمک از تصاویر گوگل ارث مربوط به سال‌های مورد بررسی و استفاده از روش حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI5.3 تهیه شد، سپس با استفاده از نرم‌افزار ARCGIS10.3 محدوده شهر از روستاهای اطراف تفکیک شد (شکل ۳). جدول ۱ مساحت کاربری شهر و غیرشهر در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد. که به ترتیب افزایش مناطق شهری به صورت ۱۳۰۰/۷، ۲۴۷۱/۸ و ۳۰۸۴ هکتار رسیده است.

جدول ۱- مساحت کاربری شهر و غیرشهر در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۴ به هکتار

کاربری	۱۳۷۴	۱۳۸۴	۱۳۹۴
شهر	۱۳۰۰/۷	۲۴۷۱/۸	۳۰۸۴
غیرشهر	۲۶۶۷۷/۲	۲۵۵۰۶/۱	۲۴۸۹۳/۹

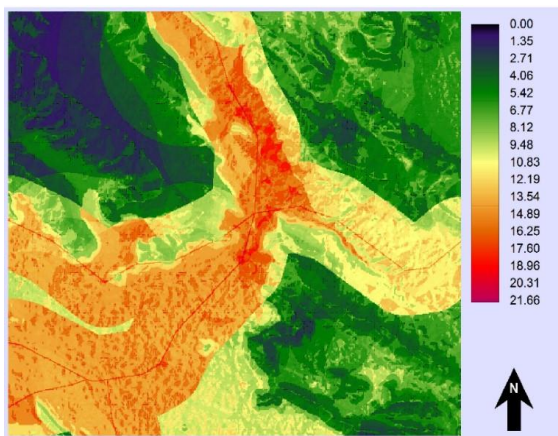


پ) نقشه کاربری شهر سال ۱۳۹۴

شکل ۳- اشکال (الف) تا (پ) نقشه‌های کاربری شهر خرم‌آباد در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۴ را نشان می‌دهند لازم به ذکر است کلیه مراحل اجرای مدل‌ها در نرم‌افزار TerrSet انجام شد.

۵-۲- اجرای مدل ژئومد

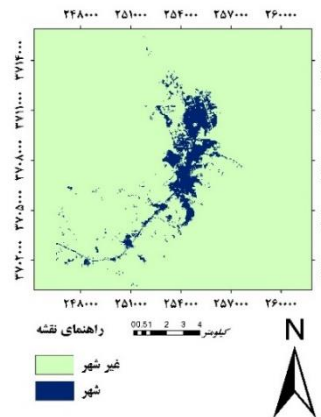
قبل از اجرای فرآیند مدل‌سازی، باید نقشه تناسب تهیه شود. از نقشه تناسب برای شبیه‌سازی تغییر از یک طبقه به طبقه دیگر استفاده می‌شود. تا مدل بر اساس آن نقشه تغییرات را ایجاد کند [۴۶، ۴۷]. برای تهیه نقشه تناسب از پارامترهای تأثیرگذار در تغییرات شهری استفاده شد. به این صورت که پارامترهای مؤثر به مدل ژئومد معرفی و نقشه تناسب تهیه شد (شکل ۴).



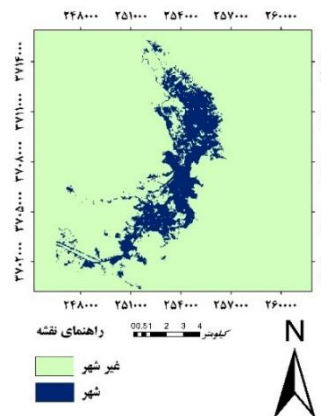
شکل ۴- نقشه تناسب تغییرات

۵-۲-۱- نقشه شبیه‌سازی شده سال ۱۳۹۴

برای اجرا کردن مدل ژئومد، نیاز به دو تصویر می‌باشد. یا حتی می‌توان از یک تصویر برای اجرای مدل استفاده



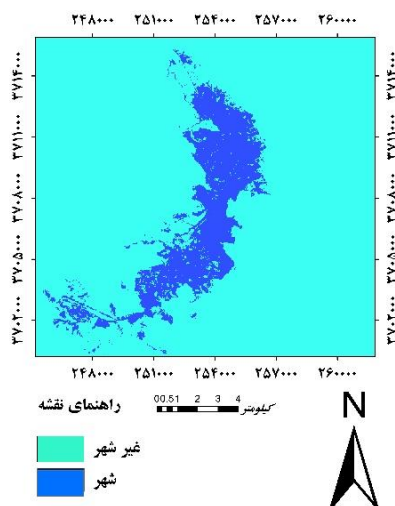
الف) نقشه کاربری شهر سال ۱۳۷۴



ب) نقشه کاربری شهر سال ۱۳۸۴

۵-۳-۱- نقشه شبیه‌سازی شده سال ۱۳۹۴

با استفاده از نقشه‌ی پتانسیل به‌دست‌آمده در مرحله قبل و مشخص نمودن میزان تغییر در کاربری با استفاده از تحلیل زنجیره مارکف، در برنامه LCM نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۴ پیش‌بینی شد (شکل ۷).

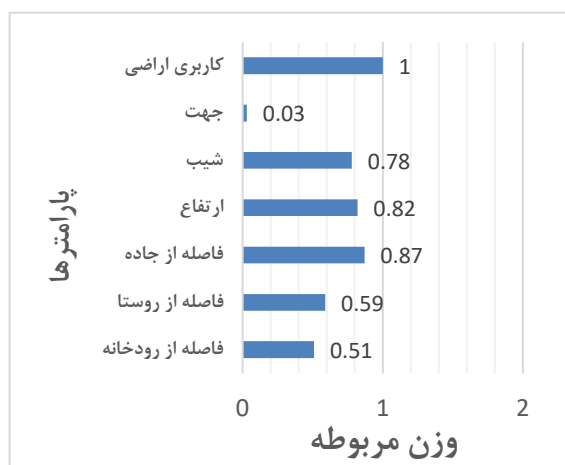


شکل ۷- نقشه شبیه‌سازی شده الگوریتم MLP سال ۱۳۹۴

۵-۴- اجرای الگوریتم یادگیری بر مبنای نمونه

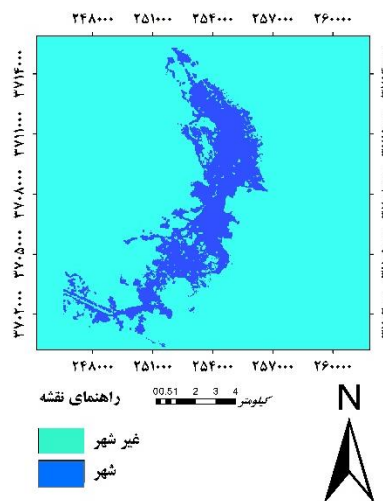
وزنی مشابهت (SimWeight)

پس از معرفی پارامترهای تأثیرگذار در برنامه LCM با اجرا کردن الگوریتم SimWeight مقدار وزن به هر کدام از پارامترها برای انجام مراحل پیش‌بینی اختصاص داده شد (شکل ۸).



شکل ۸- وزن مربوط به هر کدام از پارامترها در الگوریتم SimWeight

کرد و بجای تصویر دوم از مساحت کاربری موردنظر در تصویر دوم استفاده کرد. در این پژوهش از تصویر سال ۱۳۸۴ استفاده شد و مساحت کاربری شهر در سال ۱۳۹۴ به مدل وارد شد و شبیه‌سازی سال ۱۳۹۴ صورت گرفت (شکل ۵).

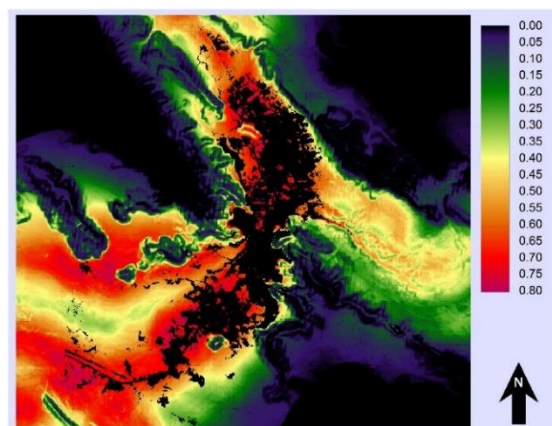


شکل ۵- نقشه شبیه‌سازی شده مدل ژنومد سال ۱۳۹۴

۵-۳- اجرای الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

پرسپترون چندلایه MLP

شکل ۶ نقشه پتانسیل تبدیل حاصل از اجرای شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که مدل، بعد از چندین بار آزمون و خطا، با بدست‌آمدن صحت ۸۳ درصد واسنجی و نقشه‌ی پتانسیل تبدیل، تولید شد. این نقشه میزان احتمال تغییر هر پیکسل از کاربری غیرشهر به کاربری شهر در آینده را نشان می‌دهد.



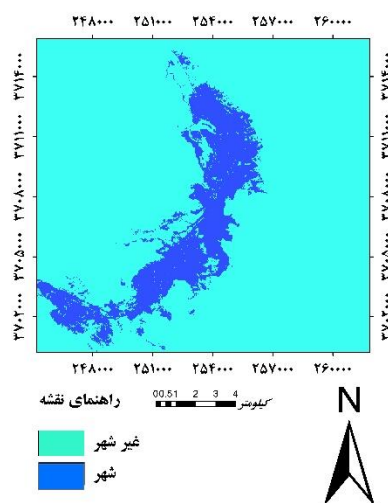
شکل ۶- پتانسیل تغییرات کاربری غیرشهر به کاربری شهر در سال ۱۳۹۴

۶- نتیجه‌گیری

ساختار شهر حاصل فرایندی تاریخی و پویا از استقرار جمعیت بر بستر طبیعی شهر و تأثیرات متقابل آن‌ها است. هدف از انجام این تحقیق، یافتن روش مناسب جهت شبیه‌سازی و پیش‌بینی توسعه شهری شهر خرم‌آباد می‌باشد. در این مطالعه پس از استخراج محدوده شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۴ و استخراج عوامل مؤثر در توسعه شهری، از روش‌های SimWeight، MLP و مدل ژنومد استفاده شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی توسعه شهری نشان‌دهنده دقت نسبتاً خوب مدل ژنومد، نسبت به روش‌های دیگر می‌باشد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق میرزاپور [۴۹] که به بررسی، شبیه‌سازی و پیش‌بینی کاربری اراضی باد آور-نورآباد در استان لرستان پرداختند مطابقت ندارد. نتایج تحقیق میرزاپور نشان از دقت بالای الگوریتم MLP نسبت به CA-Markov و Geomod داشت. همچنین رامچاندرا و همکاران [۵۰] در پژوهشی توسعه شهری و پیش‌بینی آن را در گریتر بنگالر، هند، مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از دقت بالای مدل Geomod در بخش توسعه شهری بود، که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. با توجه به مطالعات انجام‌شده که در بخش مرور منابع و بحث و نتیجه‌گیری به آن‌ها اشاره شد، می‌توان نتیجه گرفت که مدل ژنومد می‌تواند مدل مناسبی در شبیه‌سازی توسعه شهری باشد.

بنابراین به مدیران و مسئولان مربوطه پیشنهاد می‌شود؛ برای پیش‌بینی توسعه شهری شهر خرم‌آباد و مناطق مشابه از مدل ژنومد استفاده شود.

با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده در مرحله قبل و با استفاده از تحلیل زنجیره مارکف، در برنامه LCM نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۴ پیش‌بینی شد (شکل ۹).



شکل ۹- نقشه شبیه‌سازی کاربری شهر با استفاده از الگوریتم SimWeight

۵-۵- صحت سنجی

تطبيق نقشه‌های شبیه‌سازی‌شده در مدل‌ها با نقشه واقعیت زمین حاصل از طبقه‌بندی از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از ضریب کاپا نشان داد که مدل ژنومد با ۰/۷۹، بیشترین کارایی را در شبیه‌سازی توسعه شهری شهر خرم‌آباد دارد. نتایج این مطالعه با نتایج [۴۸ و ۴۹] در خصوص عملکرد مناسب ژنومد در شبیه‌سازی توسعه شهری همخوانی دارد. نتایج حاصل از صحت سنجی مدل‌های مورداستفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج صحت سنجی مدل‌های ژنومد، MLP و SimWeight با استفاده از تطبيق نقشه شبیه‌سازی‌شده با نقشه واقعیت زمین

معیار ارزیابی صحت	ژنومد	MLP	SimWeight
ضریب کاپا	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۲

مراجع

- [1] Amanpoor S. Alizadeh H. Gharari. 2013. Locating Optimal Direction for Physical Development of Ardabil City by Using AHP Method. Journal of Regional Planning, Issue 10, pages 96-83 (In Persian).
- [2] Bemanian MR. Mahmudnizhad h., 2008 "theories of the development of the urban fabric. Printing, publishing organizations, municipalities and village administrations of Iran, Tehran (In Persian).
- [3] ghorbani, R. Pour-Mohammadi, MR. Mahmoud Zadeh, H. (2016) "Evaluation of Tabriz expansion using multi-temporal imagery." Journal of Geography and Planning, Vol. 20, Issue 56, Summer 2016, Page 238-219 (In Persian).

- [4] 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.
- [5] Tayebi, A (2009) "predict and evaluate urban land use changes" master's thesis, Delaware Mahmoud Reza. Tehran University Faculty of Engineering, Department of Geomatics Engineering (In Persian).
- [6] Pijanowski, B. Iverson, L. Drew, C. Bulley, H. Rhemtulla, J. Wimberly, M. Bartsch, A. and Peng, J. (.2010)" Addressing the interplay of poverty and the ecology of landscapes: A grand landscape ecologists? Landscape Ecology Vol 25, pp. 5-16 challenge topic".
- [7] Foot, D., (1981) "Operational Urban Models: An Introduction" Methuen London.
- [8] Yang, X., and Lo, C. P. (2003). "Modeling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area" International Journal of Geographical Information Science, Vol 17, pp. 463–488.
- [9] Rabii, HR. Ziaean, P. Ali-Mohammadi, A. (2005) "use and land cover change detection and recovery of the city with the help of remote sensing and geographic information system" and Spatial Planning, Volume 9, Number 4, Winter 2005, 54-41 (In Persian).
- [10] Mohammadi, M. Amiri, M. Dastorani, J. (2015) "Modeling land use changes Rummy city of Golestan province" and Spatial Planning, Volume 19, Number 4, Winter 2015, Page 158-141 (In Persian).
- [11] Moradi, Z. Mikaeili Tabrizi, AR and Gholamalifard, M 1395, Modeling and forecasting the development of agriculture using algorithms, artificial neural network logistic regression and learning on the basis of the weighted similarities case study watershed of Gorgan in Golestan Province, National Conference on Monitoring the Future Earth focus on weather, agriculture and the environment, Shiraz, Iran innovative education development center (Metana) (In Persian).
- [12] Parsamhr, k and Gholamalifard m, 2015 "Introduction to Functional Modeling REDD projects: a solution to reduce the consequences of climate change," National Conference environmental impact assessment of Iran, Tehran, Iran environmental assessment (In Persian).
- [13] Yousefi, Mary. Ashrafi, A. (2015) "Bojnoord urban growth modeling using remote sensing data (based on artificial neural network-Markov modeling Earth Changes" Journal of Regional Planning, Volume 6, Number 21, Spring 2015. pages 192-179 (In Persian).
- [14] Dadashpoor, H and Salarian, F (2015) "analyzes the impact of urban sprawl on land use change in the region Sari" Physical Geography Urban Planning, period 3, No. 2, Summer 2015 Page 145-163 (In Persian).
- [15] Bununu, Y., Ludin, A. N., & Hosni, N. Integration of Markov Chain Analysis and Similarity-Weighted Instance-Based Machine Learning Algorithm (SimWeight) to Simulate Urban Expansion.
- [16] Wang, W., Zhang, C., Allen, J. M., Li, W., Boyer, M. A., Segerson, K., & Silander, J. A. (2016). Analysis and prediction of land use changes related to invasive species and major driving forces in the state of Connecticut. Land, 5(3), 25.
- [17] Thapa, R. B. and Y. Murayama (2011). "Urban growth modeling of Kathmandu metropolitan region, Nepal." Computers, Environment and Urban Systems 35(1): 25-34.
- [18] Gharokhlou, M. davoodi, M. Zandavi, S M, Jerjani, HA. 2011 "locate areas of optimal physical development of the city of Babolsar on the basis of natural indicators" Geography and Development, No. 23, pp. 122-99 (In Persian).
- [19] Hosseini, A. 2010 "Principles of urban and rural planning. Seal, Rasht, publications knowledge Sea (In Persian).
- [20] Lek, S., Gue'gan, J.F., 1999. Artificial neural networks as a tool in ecological modelling, an introduction.. Ecological Modelling 120, 65–73p.
- [21] Lek, S., Delacoste, M., Baran, P., Dimopoulos, I., Lauga, J., Aulanier, S., 1996. Application of neural networks to modelling non-linear relationships in ecology. Ecological Modelling 90, 39–52p.
- [22] Alborzai, M. 2001. Introduction to Neural Networks, Scientific Publications of Sharif University of Technology, 138 p (In Persian).

- [23] Mas, J. F., Puig, H., Palacio, J. L., and Sosa- Lopel, A (2004). Modeling Deforestation using GIS and Artificial Neural Networks. *Environmental Modeling & Software*, 19.
- [24] ghabaei sough M., Assadi A., Hesam M., Khazjerribi A. (2010). Evaluation of the Effect of Preprocessing of Artificial Neural Network input parameters (ANNs) using stepwise and gamma regression methods to estimate faster evapotranspiration of water and soil (science And Agricultural Industries): August and September 2010, Volume 24, Number 3; 610-624(In Persian).
- [25] Bishop, C.M. (1995). *neural Networks for Pattern Recognition*, Clarendon Press, Oxford.
- [26] Aziz Qalati, Sarah (2013), *Modeling Land Use Change Using Remote Sensing Techniques and Geographic Information Systems in Mareh Sorkhi, Fars Province*, Master's Thesis, University Shahid Chamran Ahvaz(In Persian).
- [27] Kamyab H.R., Salman Mahini A., Hosseini S.M., Gholamali Fard M. (2012). Applicable to Artificial Neural Network in Modeling Urban Development (Case Study: Gorgan City). *Geographic Researches* (Summer 2012), Volume 43, Number 76; 99 - 113(In Persian).
- [28] Pontius Jr, R. G. & Malanson, J. (2005). Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*. (19): 243-265.
- [29] Cabral, P. and A. Zamyatin (2006). Three land change models for urban dynamics analysis in Sintra-Cascais area. *Proceedings of First Workshop of the EARSEL SIG on Urban Remote Sensing: Challenges and solutions*.
- [30] Tyrrell, M. L.; Hall, M. H. P. & Sampson, R.N. (2004). *Global institute of sustainable forestry, program on private forests*. Yale University. School of forestry& Environmental studies.
- [31] Pontius Jr, R. G.; Cornell, J. D. & Hall, C. A. S. (2001). Modeling the spatial pattern of land- use change with GEOMOD2: Application and validation for CostaRica. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 1775: 1-13.
- [32] Pontius Jr, R. G. (2002) .Statistical Methods to Partition Effects of Quantity and Location During Comparison of Categorical Maps at Multiple Resolutions. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. (68): 1041-1049.
- [33] Echeverria, C.; Coomes, D. A.; Hall, M. & Newton, A. C. (2008). Spatially explicit models to analyze forest loss and
- [34] Dushku, A. & Brown, S. (2003). Spatial Modeling of Baselines for LULUCF Carbon Projects: The GEOMOD modeling approach. *International conference on tropical forests and climate change: "Carbon sequestration and the clean development mechanism"*. Manila, October 21.
- [35] clarklabs.org
- [36] Sangermano, F., Labs, C., & Eastman, J. R. (2010). Similarity weighted instance-based learning for the generation of transition potentials in land use change modeling. *Transactions in GIS*, 14(5), 569–580.
- [37] Eastman, J. R.(2006). "IDRISI Andes guide to GIS and image processing." Clark University, Worcester: 87-13.
- [38] Lu, D. and Q. Weng, (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*. 28 (5): 823–870.
- [39] Liu, Renzhi, Zhang. Ke, Zhang. Zhijiao, G.L. and Borthwick, Alistair, (2014). Landuse suitability analysis for urban development in Beijing, *Journal of environmental management*, 145, 170-179.
- [40] Vafaiee S. (2013). *Assaying and predicting the land uses changes using remote sensing and GIS (The studied area: Marivan)*, MSc Thesis, University of Tehran.
- [41] galdovi; S. mohammadzadeh, M. salmanmahini, AR. Najafinejad, A. (2013) "Application of modeling changes in vegetation and land use Geomod" *Environment and Development Year 4, Issue 8, Autumn and Winter 2013*, pages 13 to 22 (In Persian).
- [42] Fix, E., & Hodges Jr, J. L. (1951). Discriminatory analysis-nonparametric discrimination: consistency properties. *California Univ Berkeley*.
- [43] Mozumder, C., Tripathi, N. K., & Losiri, C. (2016). Comparing three transition potential models: A case study of built-up transitions in North-East India. *Computers, Environment and Urban Systems*, 59, 38-49.

- [44] Wrighat, G.G. and J.G. Morrice, (1997) "Landsat TM spectral information to enhance the land cover of Scotland" 1988. Dataset, International Journal of Remote Sensing, Vol.18, Issue 18, 1997, Pages 3811-3834.
- [45] Bonyad, A.A., and Haji ghaderi, T. (2007). Mapping of Natural Forest Stands of Zanjan Province Using Landsat 7 ETM+ sensor data. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11: 42. 627-638.
- [46] Carbajal, E. Crisanto, F.J. Aguilar, F., Aguera, M. A. (2006): Green House Detection Using Neural Network With a Very High Resolution Satellite Image. ISPRS Technical Commission II Symposium, pp: 37-42.
- [47] Giriraj, A., Irfan-Ullah, M., Murthy, M. S. R. and Beierkuhnlein, C. 2008."Modelling Spatial and Temporal Forest Cover Change Patterns(1973-2020): A Case Study from South Western Ghats (India)", Sensors, Vol. 8, pp. 6132-6153.
- [48] Sakieh, Y., & Salmanmahiny, A. (2016). Performance assessment of geospatial simulation models of land-use change—a landscape metric-based approach. Environmental monitoring and assessment, 188(3), 1-16.
- [49] Mirzapour, H. (2017). Performance comparison of CA-Markov ,Geomod and LCM models to predict land use changes in Badavar-Nurabad watershed, Lorestan. MSc Thesis, University of Lorestan. (In Persian).
- [50] Ramachandra, T. V., Bharath, H. A., Vinay, S., Joshi, N. V., Uttam, K., & Venugopal, R. K. (2013, November). Modelling urban revolution in greater bangalore, India. In 30th Annual In-House Symposium on Space Science and Technology, ISRO-IISc Space Technology Cell, Indian Institute of Science, Bangalore (pp. 7-8).