سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۹
Vol.12, No. 4, Winter 2021 Iranian Remote Sensing & GIS

۵۳-۷۲

مقاله پژوهشی

تحلیلی بر تغییرات و پیش بینی روند کاربری اراضی شهر ارومیه با استفاده از مدل SVM و شبکه‌های عصبی

علی خدمت‌زاده*[1]، میرنجف موسوی[2]، حجت محمدی ترکمانی[3]

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز، تبریز
۲. دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۳. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۱۳

چکیده

رشد جمعیت شهرنشین با افزایش فضاهای شهری و به‌طورکلی، با رشد اندازهٔ شهرها همراه بوده است. این امر به‌صورت ساخت‌وساز بیشتر و تغییر اراضی موجود به‌نفع فضاهای ساخته‌شده بروز می‌یابد. موقعیت خاص شهر ارومیه در مجاورت دریاچهٔ ارومیه و شرایط نامساعد این دریاچه لزوم توجه به برنامه‌ریزی صحیح کاربری اراضی را، در این شهر، ناگزیر می‌کند. یکی از ابزارهای مورد نیاز برای برنامه‌ریزی مناسب، در این زمینه، بهره‌گیری از تکنیک‌های سنجش از دور است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی این تغییرات (دورهٔ ۲۰۱۵-۱۹۸۹) و پیش‌بینی روند آتی آن صورت گرفته است. از روش‌های SVM و شبکهٔ عصبی برای ارزیابی تغییرات در پنج کلاس استفاده شده است. ضریب تعیین (۰.۷۳) و منحنی راک (۸۲.۵۵٪) نیز بیانگر دقت بالای مدل شبکهٔ عصبی برای پیش‌بینی تغییرات گسترش شهری‌اند. با توجه به دقت بالای این مدل، که می‌تواند نتایج واقعی‌تری ارائه دهد، از نتایج این نوع طبقه‌بندی در پیش‌بینی تغییرات برای افق ۲۰۴۵ استفاده شده است. اراضی ساخته‌شده در سال ۱۹۸۹ برابر با ۷۴۶۹.۱ هکتار بوده که در سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵، به‌ترتیب، به ۹۲۱۷.۳ و ۹۴۳۶.۹ هکتار رسیده است. در سال ۲۰۴۵، براساس مدل پیش‌بینی شبکهٔ عصبی، برابر با ۲۲۴۴۹.۶ هکتار خواهد بود که ۱۳۰۱۲.۷ هکتار افزایش را در اراضی ساخته‌شده نشان می‌دهد. نتایج حاصل گویای این است که تمامی این ساخت‌وسازها برمبنای نیاز واقعی شهر نبوده و پدیدهٔ اسپرال (گستردگی شهری) اتفاق افتاده است.

کلیدواژه‌ها: طبقه‌بندی، شهر ارومیه، شبکهٔ عصبی، SVM، MLP.

* نویسندهٔ مکاتبه‌کننده: استان آذربایجان‌غربی، شهرستان ارومیه، محله دره چایی، کوی بنفشه، کوچه هشتم، پلاک۲۵
Email: clima.khedmatzadeh@yahoo.com

۱- مقدمه

رشد تعداد جمعیت شهرها گسترش و رشد فضایی آنها را به‌دنبال دارد که، در نتیجهٔ آن، زمین‌های بیشتری زیر ساخت‌وساز می‌رود و محدودهٔ شهر روزبه‌روز گسترده‌تر می‌شود. این گسترش در نتیجهٔ تغییر در کاربری اراضی صورت می‌گیرد؛ بدین‌معنی که کاربری زمین، از هر نوع آن، به زمین ساخته‌شده تبدیل می‌شود. در نگاه اول، این امر طبیعی به‌نظر می‌رسد و شهر به‌صورت موجوی زنده رشد خواهد کرد. اما اهمیت بحث زمانی آشکار می‌شود که بدانیم زمین‌هایی که زیر ساخت‌وساز می‌رود گاه ارزشمندترین اراضی دارای قابلیت کشاورزی‌اند؛ ازاین‌رو، کاهش روزافزون این اراضی به‌معنی تهدید امنیت غذایی ساکنان شهر و حوزهٔ نفوذ آن است. در نتیجه، از این رشد با عنوان «پدیدهٔ گستردگی شهری» یاد می‌شود. گستردگی شهری همراه با تغییرات کاربری اراضی مشکلاتی از نظر اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در پی دارد؛ مانند ازبین‌رفتن اراضی کشاورزی و باغات، اتلاف انرژی، تخریب منابع زیست‌محیطی، افزایش هزینه‌های شهرداری، که می‌تواند منجر به کاهش کلی در تراکم شهری و افزایش استفاده از اتومبیل شود (Chiotti, 2004). از میان تمامی کاربری‌ها، شهرها، با توسعهٔ فیزیکی‌شان، از عوامل اصلی در تغییر کاربری و پوشش زمین محسوب می‌شوند و آثار توسعهٔ کالبدی آن گسترش در حاشیهٔ شهر یا منطقهٔ ده‌ـ شهرها و آن سوی مرزهای اداری شهرهاست (شیعه، ۱۳۷۷). گستردگی شهری سبب تغییر در زمین‌های زراعی و باغی می‌شود و یا مراتع و جنگل‌ها، دامنه‌های کم‌وبیش شیب‌دار، کوه‌ها و تپه‌ها را دربر می‌گیرد (ضیا توانا و قادرمزی، ۱۳۸۸). کمیابی زمین و نبودِ امکان تولید آن در سطح کرهٔ زمین ایجاب می‌کند که نحوهٔ بهره‌برداری و مدیریت آن سازماندهی مطلوبی داشته باشد. تغییر کاربری یکی از معضلات اساسی در حوزهٔ کشاورزی محسوب می‌شود و در درازمدت، روند و توازن تولید محصولات کشاورزی را مختل خواهد کرد (توکلی و همکاران، ۱۳۹۴). با مشخص‌شدن نوع تغییرات کاربری و پیشنهاد راهکارهایی برای جلوگیری از تغییر کاربری و گستردگی شهری، در جهت نیاز به زمین، احتمال دارد مشکلات حاصل از گستردگی شهری کاهش یابد و تغییرات ایجادشده کمتر موجب ازبین‌رفتن اراضی کشاورزی و فضاهای سبز اطراف شهرها و مراتع و جنگل‌ها شود (روستایی و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین، داشتن اطلاعات به‌روز درمورد پوشش اراضی، به‌ویژه در مناطق شهری، و آگاهی از تغییرات و تحولات آن در طول دورهٔ زمانی خاصی برای برنامه‌ریزان و مدیران بسیار حائز اهمیت است؛ به همین دلیل، استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص‌کردن روند تغییرات با گذشت زمان ضروری به‌نظر می‌رسد (کاظم و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین، در کنار آشکارسازی تغییرات گذشتهٔ یک منطقه، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده نیز، برای آگاهی از کمّیت و کیفیت تغییرات رخداده در طول زمان، بسیار اهمیت دارد. مشخص‌کردن تغییرات گذشته به برنامه‌ریزان کمک خواهد کرد برای جبران خسارت‌ها بکوشند و اشتباهات گذشته را تکرار نکنند. در چهار دههٔ گذشته، تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی در ایران با سرعت فزاینده، در بعضی جهات نامطلوب، به‌وقوع پیوسته و این باعث تشدید روند تخریب منابع محیطی شده است (Lu et al., 2004؛ آرخی و همکاران، ۱۳۹۰). تهیهٔ نقشهٔ پوشش و کاربری اراضی در مدیریت منابع شهری و به‌موازات آن، تغییراتشان در طول زمان، برای برنامه‌ریزی و قانون‌گذاری، شناسایی نواحی و نقاط تحت فشار محیطی و نیز ارزیابی توسعهٔ ناحیه‌ای اهمیت بسیاری دارد. درواقع، کسب اطلاعات از نسبت تغییرات پوشش اراضی و کاربری اراضی نقش پررنگی در مدیریت پوشش اراضی فعلی ایفا می‌کند (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ شنائی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵). می‌توان گفت شهر ارومیه، از جهات بسیاری، با باغات و زمین‌های کشاورزی محصور شده است؛ بنابراین، رشد

شهری، اگر با هوشمندی و برنامه‌ریزی نباشد، این اراضی را نابود خواهد کرد که این امر در تغییر اکوسیستم منطقه‌ای و امنیت غذایی آن تأثیرگذار است. اهمیت این نکته با کم‌آبی و خشکی دریاچهٔ ارومیه دوچندان می‌شود. آگاهی از تغییرات به‌منظور برنامه‌ریزی صحیح و صیانت از اراضی کشاورزی موجود و جلوگیری از تخریب بیش‌ازپیش این منابع حیاتی لازم و ضروری است. تصاویر سنجش از دور و ابزارهای آن امکانات بی‌بدیلی را در این شناخت و برنامه‌ریزی متعاقب آن، در اختیار ما قرار داده است. نکته‌ای که مهم می‌نماید پایش و به‌تصویرکشیدن پیوستهٔ این تغییرات برای اصلاح در رویه‌ها و برنامه‌های موجود توسعه است. این پژوهش، با هدف یادشده، به‌منظور شناخت تغییرات کاربری اراضی شهر ارومیه و پیش‌بینی روند آتی انجام شده است. طبقه‌بندی و تهیهٔ نقشهٔ تغییرات کاربری های اراضی یکی از پرکاربردترین موارد در استفاده از داده‌های سنجش از دور است (Guo et al., 2012). طبقه‌بندی‌کننده‌ها را می‌توان در دو دستهٔ عمومی و پیشرفته قرار داد. از روش‌های طبقه‌بندی عمومی، می‌توان به حداکثر احتمال (MLC)[1] و کمترین فاصله[2] اشاره کرد. از طبقه‌بندی‌های پیشرفته نیز، شبکه‌های عصبی مصنوعی[3]، درخت تصمیم‌گیری[4]، ماشین بردار پشتیبان[5] و طبقه‌بندی شیئ‌گرا[6] را می‌توان نام برد (Richards, 2013).

۲- مرور تحقیقات گذشته

در همین زمینه، به پژوهش‌های صورت‌گرفته به‌طور خلاصه اشاره می‌شود.

هوانگ[7] و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی میزان دقت روش ماشین بردار پشتیبان را که با کرنل‌های متفاوت انجام شده بود، با سه روش طبقه‌بندی شبکهٔ عصبی، حداکثر احتمال و طبقه‌بندی ساختار درختی، مقایسه کردند. نتایج آنها نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) و شبکهٔ عصبی (NNC) بیشترین دقت را به‌نسبت روش حداکثر احتمال دارد. گو[8] همکاران (۲۰۱۲)، در مقایسه‌ای که بین دو طبقه‌بندی شبکهٔ عصبی و ماشین بردار پشتیبان روی تصاویر ETM+ برای استخراج کاربری اراضی در شهر ووهان چین انجام دادند، نتیجه گرفتند که هر دو نوع طبقه‌بندی دارای دقت بالای ٪۹۷ هستند. سفیانیان و همکاران (۱۳۹۰)، برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی حوزهٔ آبخیز کبودرآهنگ، رزن و خونجین- تلخاب در استان همدان، با روش شبکهٔ عصبی مصنوعی، از تصاویر IRS-P6 استفاده کردند. ضریب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی، به‌ترتیب، ۸۶ و ٪۸۸ برآورد شد. این مطالعه نشان داد که روش یادشده امکان تهیهٔ نقشهٔ پوشش اراضی و الگوی کشت را با دقت بالا، داراست. یوسفی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر مریوان را با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ ماهوارهٔ لندست، بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۴، بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین تغییرات مربوط به اراضی کشاورزی و جنگلی بوده است. حاجی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی، تغییرات کاربری اراضی را با سه روش حداکثر احتمال، شبکهٔ عصبی و ماشین بردار پشتیبان، طی بازهٔ زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۸، با استفاده از داده‌های رقومی لندست، در شهرستان شهریار پایش کردند. طبق نتایج این تحقیق، توسعهٔ شهری منطقه طی دورهٔ ۲۲ساله، روندی افزایشی داشته و در مقابل، توسعهٔ اراضی کشاورزی روندی کاهشی داشته است. روستایی و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه،

1. Maximum Likelihood Classification
2. Minimum Distance Classification
3. Artificial Neural Networks Classification
4. Decision Tree
5. Support Vector Machine
6. Object Based
7. Huang
8. Guo

به سنجش فضایی گستردگی شهر ارومیه، با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی، پرداختند و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، در دورهٔ ۱۳۹۰-۱۳۶۳، ۱۷۱۸۸۵ هکتار از اراضی شهر ارومیه تغییر کاربری داده است که بیشترین آن مربوط به کشاورزی آبی با ۷۶۷۲ هکتار می‌شود. همچنین، پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۰۰ حدود ۲۴۰۸ هکتار بر اراضی ساخته‌شده افزوده خواهد شد. مشکینی و همکاران (۱۳۹۲) به سنجش گستردگی شهری کرج، طی دورهٔ ۱۳۶۳-۱۳۹۱، و تأثیر آن در تغییرات کاربری اراضی پرداختند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد مساحت اراضی ساخته‌شده در کرج، از ۴۹۰۴ هکتار در سال ۱۳۶۳، به ۱۱۳۰۵ هکتار در سال ۱۳۹۱ رسیده است. نتایج پیش‌بینی با زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار مساحت شهر را در سال ۱۴۰۱، ۱۲۹۵۴ هکتار برآورد کرده است. واکود[1] و همکاران (۲۰۱۴) گستردگی شهری حیدرآباد هند را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که منطقهٔ شهری پرتراکم، با تغییر کلاس‌های دیگر در دورهٔ ۱۹۸۹-۲۰۱۱، رشد کرده است. همچنین، رشد شهری در منابع آب تأثیر کمّی و کیفی گذاشته است. سان[2] و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، به کمّی‌سازی میزان رشد و پویایی شهر در گوانژو پرداختند. نتایج تجزیه‌وتحلیل نشان می‌دهد در منطقهٔ شهری، در ابتدا، رشد بیرونی صورت گرفته است که این باعث افزایش پراکندگی و تکه‌تکه‌شدن نواحی می‌شود. سپس رشد در درون صورت می‌گیرد و الگوی شهری فشرده‌ای به‌وجود می‌آید.

گسترش بی‌رویهٔ شهرک‌ها و مناطق مسکونی و افزایش بی‌برنامهٔ سطوح گوناگون شهری «رشد شهری» نام دارد. درواقع، این مسئله از یک‌سو انبوهی جمعیت و از سوی دیگر ساختمان‌سازی صرف، بدون توجه به نیازهای حال و آینده، و به‌عبارتی، افزایش کاربری مسکونی و تخصیص کمترین سرانه‌ها و فضاها به سایر کاربری‌ها را دربر دارد (رحمانی‌فرد، ۱۳۸۷). رشد فیزیکی شهرها اراضی مرغوب کشاورزی را می‌بلعد (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱) و این توسعهٔ نامنظم شهری ممکن است تغییرات گسترده‌ای در شرایط محیطی کاربری‌های دیگر پدید آورد (جرجانی، ۱۳۸۸). یکی از ضرورت‌های جهان کنونی برنامه‌ریزی برای ارتقای پایداری در شهرهاست. در این زمینه، استراتژی‌های متفاوتی اتخاذ شده است؛ همچون افزایش سرانهٔ فضای سبز شهری یا توجه به رهیافت‌هایی مانند جنبش رشد هوشمند در جوامع گوناگون (زالی و همکاران، ۱۳۹۲). الگوی توسعهٔ شهری پراکنده یا اسپرال[3] شهری پس از جنگ جهانی دوم و به‌ویژه در دههٔ ۱۹۶۰، به‌مثابهٔ الگوی غالب توسعهٔ فضایی شهری، در سرتاسر جهان، با تفاوت در تاریخ و علل و پیامدها نمایان شده است (Gomez-Antonio et al., 2014) و تا مدت مدیدی، از پدیده‌های ویژهٔ شهرهای آمریکایی در نظر گرفته می‌شد که به‌دلیل وفور زمین‌های ارزان، ساخت بی‌رویهٔ جاده‌ها و تولید بیش از اندازهٔ ماشین در این کشور رخ داد. اما این امر امروز به پدیده‌ای جهانی تبدیل شده است که بیشتر شهرهای کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه با آن روبه‌رو هستند (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۵). در کشورهای جهان سوم، اسپرال شهری بیشتر نتیجهٔ سبقت‌گرفتن شهرنشینی بر برنامه‌ریزی شهری، سیاست‌های نامناسب دولت‌ها در زمینهٔ مسکن و زمین، مهاجرت روستا- شهری و تلاش گروه‌های متوسط درآمدی برای یافتن مسکن دوم و باصرفه در حاشیهٔ شهر است (محمدیان و همکاران، ۲۰۱۶). امروزه، ابزارهای نوینی برای درک تحولات و الگوسازی تغییرات فضایی- زمانی مناطق شهری ابداع شده‌اند تا، با شناخت جنبه‌های توسعه، برنامه‌ریزان را در تدوین راهبردهای مبتنی‌بر توسعهٔ پایدار، یاری کنند (Berling-Wolff & Wu, 2004). ازجملهٔ این الگوها، سلول‌های خودکار، الگوهای چندعاملی و نیز استفاده از الگوریتم‌های پیچیده‌ای نظیر شبکهٔ عصبی مصنوعی در این الگوریتم‌هاست (Berling-Wolff & Wu, 2004; Portugali et al., 2012; Portugali, 2011).

1. Wakode 2. Sun 3. Sprawl

۳- مواد و روش‌ها

۳- ۱- محدودهٔ مورد مطالعه

شهر ارومیه روی مدار ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه در نیمکرهٔ شمالی از خط استوا قرار گرفته است. به‌علاوه، این شهر روی نصف‌النهار ۴۵ درجه و ۲ دقیقهٔ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. ارومیه، با داشتن موقعیت ممتاز جغرافیایی، در ۲۰کیلومتری دریاچهٔ ارومیه واقع شده و ارتفاع آن از آب‌های آزاد ۱۳۳۲ متر است. این شهر در دشت ارومیه واقع شده است که ارتفاعاتی چون کوه سیر، کوه قیزقلعه، کوه جهودها، کوه چهل مر شهیدان، کوه ماه، کوه علی پنجه سی و کوه علی ایمان آن را احاطه کرده‌اند. درواقع، این شهر بین دریاچهٔ ارومیه و دیوارهٔ کوه‌های غرب استان آذربایجان‌غربی واقع شده است (سالنامهٔ آماری استان آذربایجان‌غربی، ۱۳۹۴).

برپایهٔ نتایج آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، تعداد جمعیت ساکن شهر ارومیه بالغبر ۷۳۶۲۲۴ نفر بوده است. بررسی روند تحول تعداد جمعیت شهر، در شش دههٔ متوالی منتهی به این زمان، حاکی از آن است که تعداد جمعیت ساکن شهر پیوسته در حال افزایش است؛ هرچند شدت نسبی این افزایش، در دهه‌های متوالی، متفاوت است.

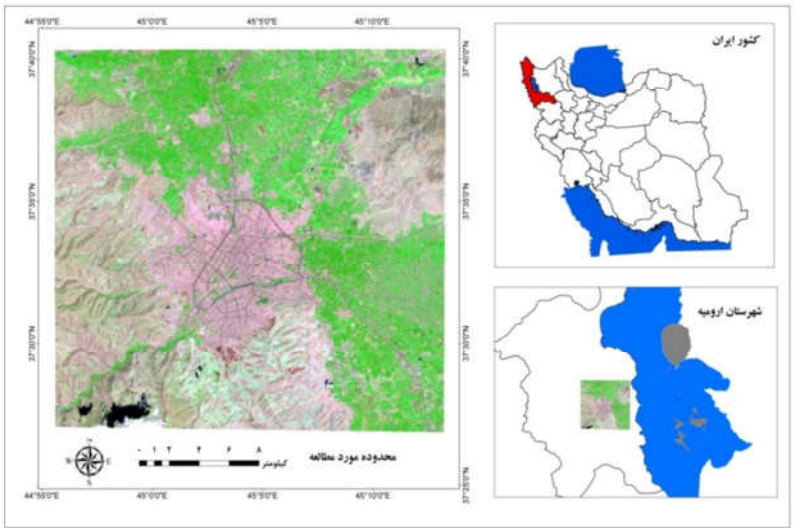
۳-۲- روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی است. داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر ماهوارهٔ لندست در دورهٔ زمانی ۲۶ساله، در سه مقطع زمانی ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ می‌شود. تصاویر ماهواره‌ای سری لندست از باندهایی با طول موج‌هایی متفاوت تشکیل شده که، در موضوع مورد بحث، از ترکیب باندهای ۷ و ۴ و ۲ برای سنجنده‌های TM، ETM و ترکیب باندهای ۷ و ۵ و ۳ برای سنجندهٔ OLI استفاده شده است. برای طبقه‌بندی تصاویر و تحلیل آنها، نرم‌افزارهای ENVI و IDRISI TerrSet و ARC GIS به‌کار رفته است. همچنین، بخش دیگر داده‌ها به وسعت و جمعیت شهری، در آغاز و پایان دوره، بازمی‌گردد که برای سنجش پدیدهٔ گستردگی شهری استفاده شده است.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده

سال اخذ تصاویر	سنجنده	قدرت تفکیک
۱۹۸۹/۰۷/۰۷	TM	۳۰
۲۰۰۲/۰۷/۰۹	ETM+	۳۰
۲۰۱۵/۰۷/۲۴	OLI	۳۰

منبع: earthexplorer.usgs.gov



شکل ۱. موقعیت محدودهٔ مورد مطالعه

ترسیم: نگارندگان

۳-۳- پیش‌پردازش داده‌ها

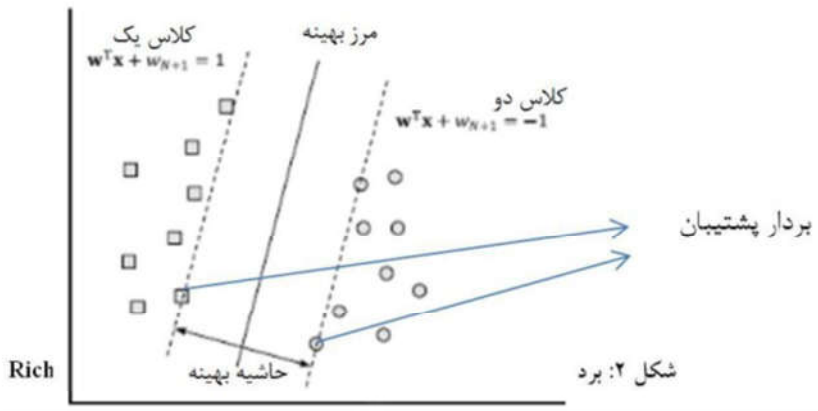
تصاویر، پس از دریافت، آماده‌سازی شد که این کار مراحلی همچون تصحیح اتمسفری و تصحیح رادیومتریک را دربر می‌گیرد. تغییرات پوشش اراضی با استفاده از روش‌های SVM و شبکه‌های عصبی، در پنج کلاس، طرح و تحلیل شد و در نهایت، با روش شبکهٔ عصبی، پیش‌بینی صورت گرفت. از مدل هلدرن نیز برای سنجش گستردگی شهری استفاده شده است.

۳-۴- پردازش و طبقه‌بندی داده‌ها

سپس، با استفاده از تصویر کالیبره‌شده، طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکهٔ عصبی روی تصاویر صورت گرفت. نخستین گام، در طبقه‌بندی نظارت‌شده، تعریف مناطقی است که به‌مثابهٔ نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس به‌کار می‌روند (Eastman, 2006). ابتدا، برای نمایش تغییرات کاربری اراضی در محدودهٔ مورد مطالعه، از روش ماشین بردار پشتیبان بهره برده شده است.

ماشین بردار پشتیبان روشی برای کلاسه‌بندی الگو است که، اولین‌بار، ولادیمیر واپنیک[1] آن را معرفی کرد (Burges, 1998; Osuna et al., 1997). واپنیک، محقق روسی، در سال ۱۹۶۵ گامی بسیار مؤثر در طراحی طبقه‌بندی کننده‌ها برداشت. وی نظریهٔ آماری یادگیری را به‌صورت مستحکم‌تری بنا نهاد و ماشین‌های بردار پشتیبان را بر این اساس مطرح کرد. ماشین بردار پشتیبان، درواقع، یک طبقه‌بندی‌کنندهٔ دودویی است. درمورد دو کلاس، این شیوه سعی دارد ابرصفحه‌ای ایجاد کند که فاصلهٔ هر کلاس را تا فراصفحه حداکثر می‌نماید. داده‌های نقطه‌ای، که به فراصفحه نزدیک‌ترند، برای اندازه‌گیری این فاصله به‌کار می‌روند؛ ازاین‌رو، این داده‌های نقطه‌ای «بردارهای پشتیبان» نام دارند (Vapnik, 1995). این روش براساس نظریهٔ یادگیری آماری بنا نهاده شده که به سال ۱۹۶۰ برمی‌گردد و یک روش آماری غیرپارامتریک نظارت‌شده است (Pao, 1989). در این روش، با استفاده از همهٔ باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی به‌دست می‌آید که مرزهای کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند و با استفاده از آنها، یک مرز تصمیم‌گیری خطی بهینه، برای جداکردن کلاس‌ها، محاسبه می‌شود. این نمونه‌ها را «بردارهای پشتیبان» می‌گویند (کشاورز و قاسمیان یزدی، ۱۳۸۴). درمورد پیکسل‌هایی که بیرون از مرزهای حاشیه‌ای قرار می‌گیرند، با توجه به شکل ۲، رابطه (۱) برقرار است.

forc lass1pixelsw^T x+ □ w $_{N+□1}$ =- 1 رابطه (۱)



شکل ۲. بردارهای پشتیبان به همراه مرز و حاشیه بهینه

1. Vladimir Naumovich Vapnik

روش شبکهٔ عصبی از ساختار مغز و اعصاب انسان پیروی می‌کند و در میان طبقه‌بندی‌کننده‌های شبکه‌ای، شاید بیشترین محبوبیت را طی دو دههٔ گذشته، داشته باشد. این شیوه به چندین شکل وجود دارد که رایج‌ترین آن «پرسپترون چندلایه»[1] است (Richards, 2013).

کارکرد این روش براساس رابطه (۲) است. در این رابطه، θ نشان‌دهندهٔ حد آستانه، w^T بیانگر بردار وزنی ضرایب و x بردار ورودی است (Ibid.).

رابطه (۲) $g= f(w^T x+\theta)$

یک پرسپترون چندلایه معمولاً از یک لایهٔ ورودی، یک یا چند لایهٔ نهفته و یک لایهٔ خروجی تشکیل شده است که، به‌ترتیب، اطلاعات را دریافت و پردازش می‌کنند و نمایش می‌دهند (Dixon, Candade, 2008).

تا کنون، شبکه‌های عصبی مصنوعی در بسیاری از زمینه‌های مطالعاتی مانند رایانه، روان‌شناسی، زیست‌شناسی، شیمی آلی و جز اینها به‌کار رفته است. از اواخر دههٔ ۱۹۸۰، شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تحلیل داده‌های سنجش از دور در کاربردهای گوناگون، مانند طبقه‌بندی پوشش اراضی و آشکارسازی ابر، کاربرد داشته است (Watts, 2001: 8). شبکه‌های عصبی مصنوعی روش مطلوبی در طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی به‌شمار می‌آیند زیرا می‌توان برای انواع داده‌ها، در مقیاس‌های آماری گوناگون، از آنها استفاده کرد (Gahegan et al., 1999: 6). به‌طورکلی، سه مرحله در طبقه‌بندی شبکهٔ عصبی وجود دارد. مرحلهٔ اول فرایندی آموزشی، با استفاده از داده‌های ورودی، است؛ مرحله دوم، فاز اعتبارسنجی است که موفقیت فاز آموزشی و صحت شبکه را تعیین می‌کند و مرحلهٔ آخر طبقه‌بندی است که نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ پوشش یا کاربری اراضی را ایجاد می‌کند (Wijaya, 2005: 15).

این روش طبقه‌بندی دارای مزایای زیر است:

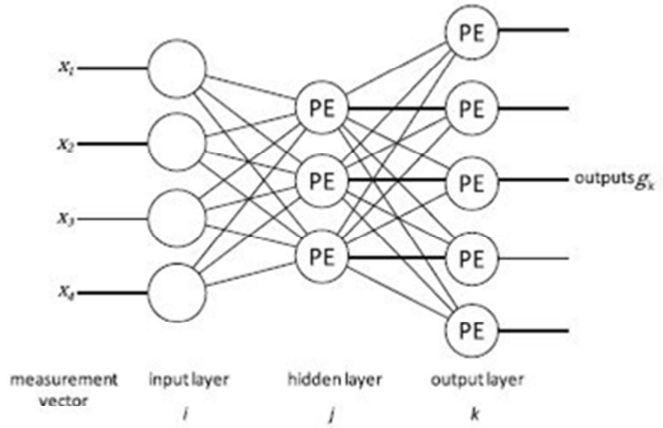
۱. ماهیت غیرپارامتریک؛

۲. سازگاری آسان با انواع گوناگون داده‌ها و ساختارهای ورودی؛

۳. توانایی شناسایی الگوهای ظریف در داده‌های آموزشی؛

۴. قابلیت تعمیم مناسب براساس الگوهای ارائه‌شده برای شبکه (Liu et al., 2002: 258)؛

۵. توانایی پردازش داده‌های نویزدار (Hung et al., 2004: 1).



شکل ۳. ساختار شبکهٔ عصبی چندلایه

1. Multilayer Perceptron

برای بررسی صحت طبقه‌بندی، روش‌های متفاوتی وجود دارد که می‌توان به روش دقت کلی[1]، دقت تولیدکننده[2]، دقت کاربر[3] و ضریب کاپا[4] اشاره کرد. از نظر تئوری احتمالات، دقت کلی به نقش شانس توجه دارد اما ضریب کاپا، به‌دلیل مدنظر قراردادن پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی‌شده، روش مناسب‌تری به‌شمار می‌رود (براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸). برای تعیین ضریب کاپا، از رابطه (۳) استفاده شده است.

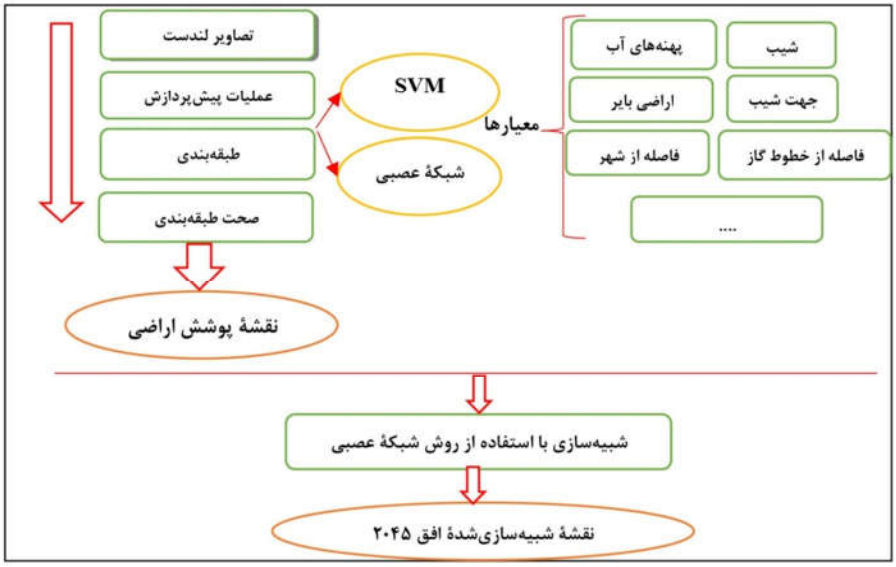
$$Kappa = \frac{p_0 - p_c}{1 - p_c} \times 100$$ رابطه (۳)

در این رابطه، P0 درستی مشاهده‌شده و Pc توافق مورد انتظار است (مظاهری و همکاران، ۱۳۹۲).

در ادامه، برای سنجش گستردگی شهری و اینکه آیا افزایش محدودهٔ ساخته‌شده برمبنای نیاز واقعی بوده است یا ناشی از رشد بی‌قوارهٔ شهر، از مدل هلدرن استفاده شده است. یکی از روش‌های اساسی برای مشخص‌کردن رشد اسپرال شهری استفاده از روش هلدرن است. با استفاده از این روش، می‌توان مشخص کرد چه مقدار از رشد شهری ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد اسپرال شهری بوده است (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۹۲). فرمول مدل هلدرن به صورت زیر است:

$$Ln\left(\frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت آغاز دوره}}\right) = Ln\left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}}\right) + Ln\left(\frac{\text{وسعت شهر در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر در آغاز دوره}}\right)$$ رابطه (۴)

درواقع، نسبت لگاریتم طبیعی جمعیت پایان دوره به آغاز دوره، به‌علاوهٔ نسبت لگاریتم طبیعی سرانهٔ ناخالص پایان دوره به آغاز دوره، با نسبت لگاریتم طبیعی وسعت شهر در پایان دوره به آغاز دوره برابر با عدد ۱ خواهد بود و عدد به‌دست‌آمده از نسبت لگاریتم طبیعی جمعیت پایان دوره به آغاز دوره، به‌علاوهٔ نسبت لگاریتم طبیعی سرانهٔ ناخالص پایان دوره به آغاز دوره، نشان‌دهندهٔ رشد فیزیکی شهر براساس شاخص جمعیت و عدد حاصل از نسبت لگاریتم طبیعی وسعت شهر در پایان دوره به آغاز دوره نیز نشان‌دهندهٔ رشد فیزیکی شهر متأثر از پراکنش شهری است.



شکل ۴. مدل عملیاتی تحقیق

ترسیم: نگارندگان

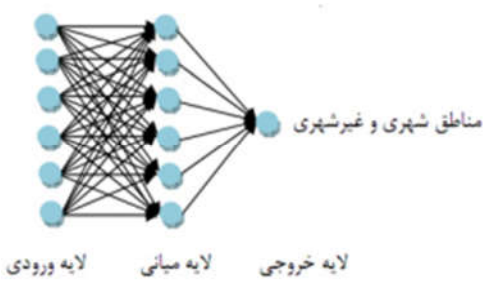
1. Total Accuracy
2. Producers Accuracy
3. User's Accuracy
4. Kappa Coefficient

شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، که رامل‌هارت[1] و همکاران (۱۹۸۶) طراحی کردند، از پرکاربردترین شبکه‌های عصبی‌اند. این شبکه‌ها از سه لایهٔ ورودی، خروجی و میانی تشکیل شده‌اند و می‌توان آنها را برای تشخیص ارتباطات غیرخطی در محیط طبیعی، به‌کار گرفت. رایج‌ترین ساختار شبکهٔ پرسپترون مورد استفاده ساختار پیش‌روندهٔ FF است که، در آن، ورودی هر گره صرفاً از لایهٔ قبل از آن به‌دست می‌آید. سیگنال‌ها (وزن گره‌ها) در شبکهٔ عصبی مصنوعی به‌کمک الگوریتم‌های آموزشی برآورد و با به‌کارگیری توابع فعال‌سازی، منتقل می‌شوند (Pijanowski et al., 2002). با فرض اینکه Zi مجموعه سیگنال‌های دریافتی ازطریق نورون i باشد، این مجموعه طبق رابطه (۸) محاسبه می‌شود که در آن Wi وزن قابل تغییر بین مقادیر ورودی j و نورون i، و m تعداد نورون‌های ورودی به نورون i است. Xi نیز سیگنال دریافتی ازطریق نورون i از نورون j است (جوادی، ۱۳۸۷).

رابطه (۵) $Z_i=\Sigma$

یکی از معمول‌ترین این روش‌ها الگوریتم بازگشتی BPخطاست (شیخ گودرزی و ایمانی هرسینی، ۱۳۸۹). این الگوریتم وزن‌های اولیه را به‌صورت تصادفی انتخاب و سپس، خروجی محاسبه‌شده ازطریق شبکه و خروجی واقعی را با کاربرد روش مجذور مربعات خطا، مقایسه می‌کند. بازخورد سیگنال‌ها و انتشار بازگشتی خطا در فرایند آموزش تا جایی ادامه می‌یابد که خطاها به سطحی پایدار برسند. بدین‌منظور، از فرایند توزیع خطا در بین گره‌های متفاوت استفاده می‌شود (Rumelhart et al., 1986). خروجی نورون پرسپترون، که متفاوت از مجموع سیگنال‌های دریافتی است، با تابع فعال‌سازی تعیین می‌شود. این تابع خروجی نورون را در بازه‌ای خاص محدود می‌کند. در تحقیق حاضر، انتقال سیگنال‌ها با توجه به ماهیت خروجی مورد انتظار، که احتمال تغییرات گستردهٔ شهری است، به‌کمک تابع سیگموید (مقادیر ۱-۰) انجام شد. اگر خروجی نورون iاُم Yi نامیده شود، مقدار این خروجی طبق رابطه (۶) محاسبه می‌شود (جوادی، ۱۳۸۷).

رابطه (۶) $Y_i=F(Z_i)$



شکل ۵. نمایی از شبکهٔ MLP مورد استفاده برای مدل‌سازی توسعه

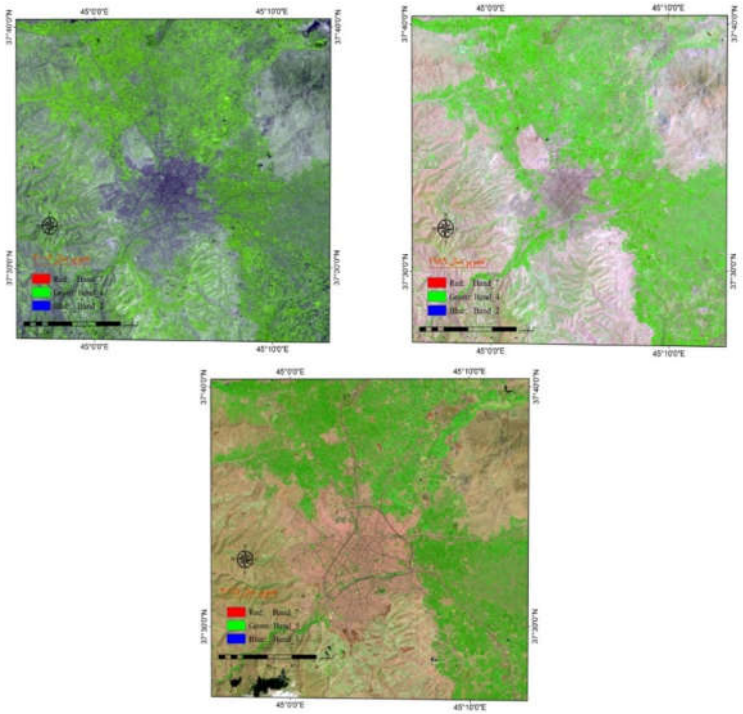
۴- بحث و یافته‌ها

شهر ارومیه، طی دورهٔ مورد مطالعه، تغییرات زیادی به خود دیده است و این تغییرات، از نظر بصری، کاملاً محسوس‌اند (شکل ۶). طبیعی است که گسترش شهر و افزایش ساخت‌وساز در نتیجهٔ تغییر سایر انواع کاربری‌ها به‌وقوع پیوسته است.

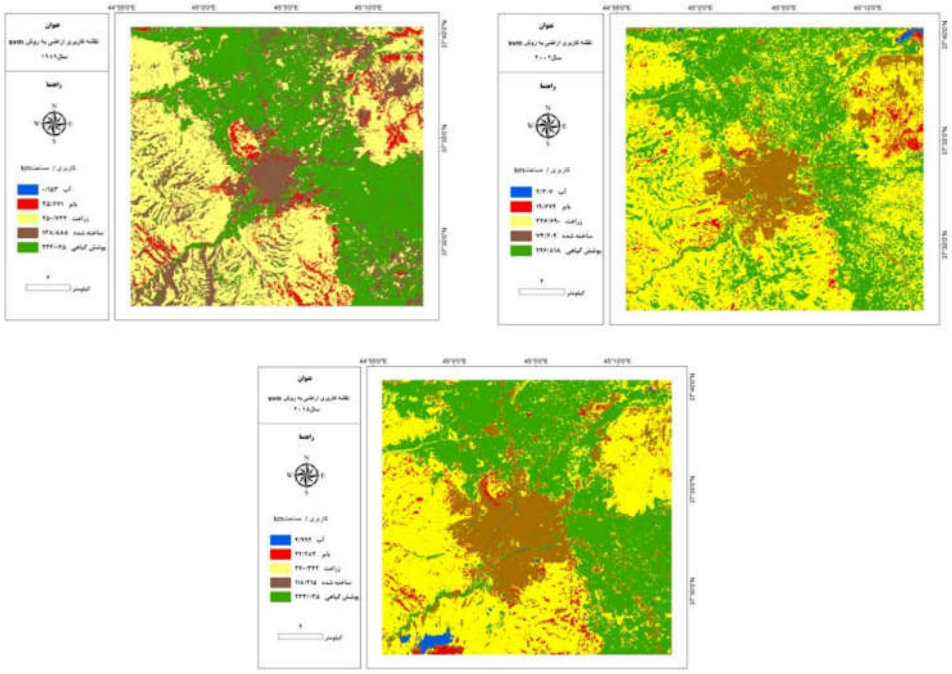
کاربری‌ها در پنج کلاس (آب، بایر، زراعی، ساخته‌شده و پوشش گیاهی) طبقه‌بندی شده است (شکل ۷).

در روش طبقه‌بندی شبکهٔ عصبی نیز، کاربری‌های اراضی در پنج کلاس طبقه‌بندی شده‌اند. براساس این طبقه‌بندی، در سال ۱۹۸۹، سهم کلاس ساخته‌شده برابر با ۷۴۶۹.۱ هکتار، کلاس پوشش گیاهی برابر با ۲۱۰۲۵ هکتار، کلاس زراعت ۳۲۴۵۹.۵ هکتار و اراضی بایر ۳۹۴۰.۹ هکتار است. در سال ۲۰۰۲، این میزان برای کلاس ساخته‌شده برابر با ۹۲۱۷.۳ هکتار، برای کلاس پوشش گیاهی ۲۵۵۰۷.۶ هکتار، برای کلاس زراعت برابر با ۲۶۸۸۳.۹ هکتار و برای کلاس اراضی بایر معادل با ۲۶۹۱.۷ هکتار بوده است. کلاس‌های طبقه‌بندی‌شده در سال ۲۰۱۵، به‌ترتیب، برابر ۹۴۳۶.۹، ۲۵۲۰۷.۹، ۲۵۵۶۰.۸ و ۳۶۸۶.۶ هکتار بوده است (شکل ۸).

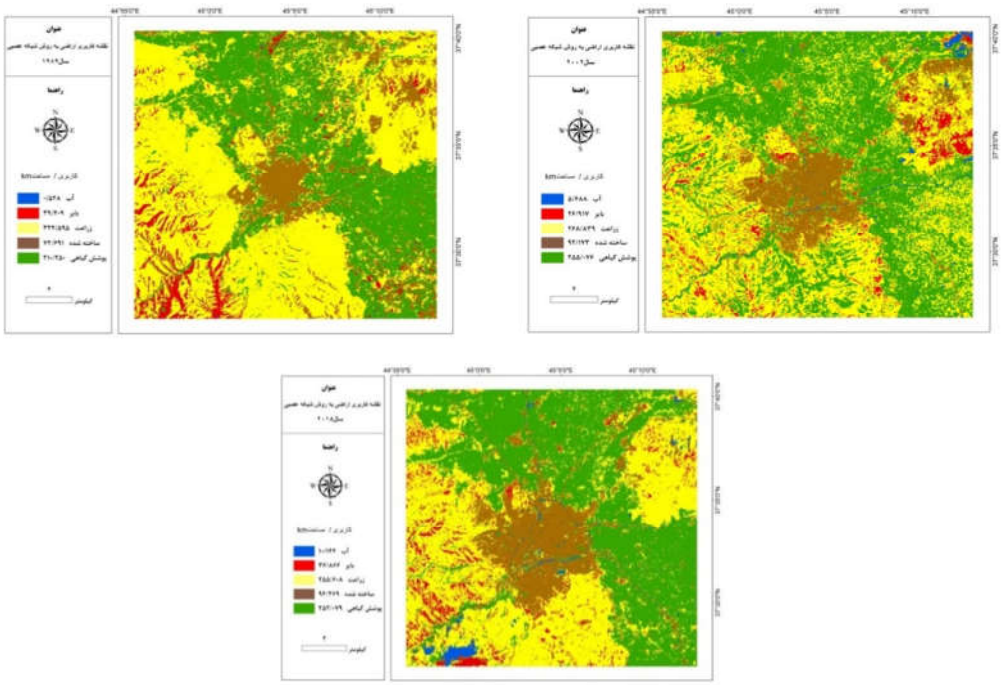
1. Rumelhart



شکل ۶. تغییرات بصری شهر ارومیه و مناطق پیرامونی در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲-۱۹۸۹
ترسیم: نگارندگان



شکل ۷. پوشش‌های زمین، استخراج‌شده از سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵، به‌روش ماشین بردار پشتیبان
ترسیم: نگارندگان



شکل ۸. پوشش‌های زمین، استخراج‌شده از سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵، به‌روش شبکهٔ عصبی
منبع: یافته‌های پژوهش

به‌منظور تعیین دقت دو روش SVM و شبکهٔ عصبی، از دو شاخص دقت کلی و ضریب کاپا استفاده شده و نتایج بیانگر دقت بالای روش شبکهٔ عصبی است (جدول ۲). بنابراین، برای تعیین سطوح و تغییرات کلاس کاربری اراضی در دورهٔ مورد مطالعه (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵)، از نتایج روش طبقه‌بندی شبکهٔ عصبی استفاده خواهد شد.

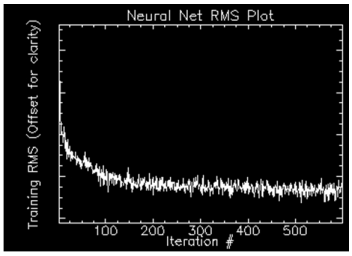
برای نشان‌دادن دوبه‌دوی تغییرات در کلاس‌های پوشش اراضی، از جدول کراس تب[1] استفاده شده است (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهند سهم اراضی ساخته‌شده در سال ۱۹۸۹، در محدودهٔ مورد مطالعه، برابر با ۱۱.۵۷٪ بوده و در سال ۲۰۱۵، به ۱۴.۵۹٪ رسیده است. طی دورهٔ مورد مطالعه (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵)، بیشترین کاهش در اراضی زراعی صورت گرفته که از ۳۳۱۶۴۰۰ هکتار به ۲۶۰۳۴۰۰ هکتار رسیده است.

جدول ۲. مقایسهٔ دقت طبقه‌بندی کاربری‌های استخراج‌شده به‌روش SVM و شبکهٔ عصبی

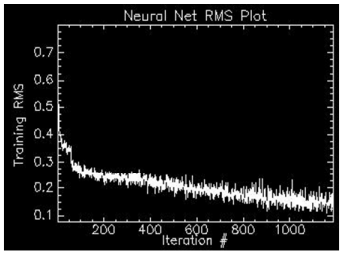
تصاویر	روش SVM		روش شبکهٔ عصبی	
	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا
۱۹۸۹	۸۷.۹۳	۰.۸۳	۹۸.۴۱	۰.۹۸
۲۰۰۲	۹۶.۵۵	۰.۹۵	۹۷.۸۵	۰.۹۸
۲۰۱۵	۸۶.۳۷	۰.۸۱	۹۹.۲۷	۰.۹۹

منبع: یافته‌های پژوهش

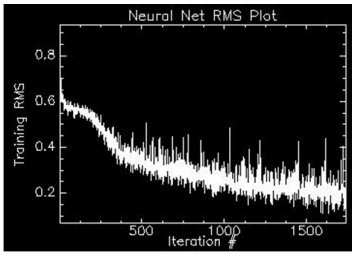
1. Cross tab



الف) سال ۱۹۸۹



ب) سال ۲۰۰۲



ج) سال ۲۰۱۵

شکل ۹. خطای جذر میانگین مربعات برای طبقه‌بندی شبکهٔ عصبی

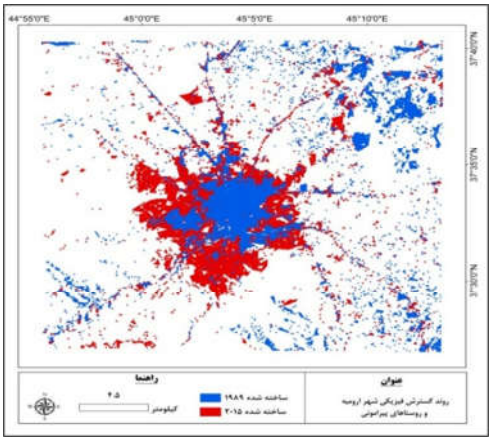
منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳. مقایسهٔ تغییرات پوشش اراضی براساس تصاویر طبقه‌بندی‌شدهٔ ۱۹۸۹ و ۲۰۱۵ (ارقام به هکتار)

کاربری‌ها	اراضی بایر	پوشش گیاهی	آب	اراضی زراعی	اراضی ساخته‌شده	مجموع کلاس‌ها
اراضی بایر	۳۷۲	۱۳۱	۳	۲۸۵۷	۳۵۹	۲۲۳۷
پوشش گیاهی	۲۳۱۱	۱۷۵۳۱	۴	۵۳۵۱	۱۷۵۲	۲۵۷۹۷
آب	۲۱۲	۱۶۲	۱۳	۳۹۴	۲۵۸	۱۰۳۹
اراضی زراعی	۱۸۹۰	۱۷۶۷	۶	۲۰۵۶۱	۱۸۰۹	۲۶۰۳۴
اراضی ساخته‌شده	۳۳۸	۱۸۳۵	۸	۴۰۰۱	۳۴۹۰	۹۶۷۲
مجموع کلاس‌ها	۳۹۳۵	۲۱۴۲۷	۷۰	۳۳۱۶۴	۷۶۶۸	۶۶۲۶۴

* در جدول ۳، ستون‌ها نشان‌دهندهٔ سال ۱۹۸۹ و سطرها بیانگر سال ۲۰۱۵ هستند.

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۱۰. تغییرات سطوح کاربری اراضی ساخته‌شده در سال های ۱۹۸۹ و ۲۰۱۵

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۱- سنجش گستردگی با استفاده از مدل هلدرن

این نسبت برای سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۵ برآورد شده است.

$$Ln\left(\frac{\text{جمعیت سال}1395}{\text{جمعیت سال }1368}\right)+Ln\left(\frac{\text{سرانه ناخالص سال}1395}{\text{سرانه ناخالص سال}1368}\right)=Ln\left(\frac{\text{وسعت شهر در سال }1395}{\text{وسعت شهر در سال }1368}\right)$$

$$\ln(۷۱۶۶۱۰ \div ۳۴۴۵۲۱)+\ln(۱۱۶/۷۹ \div ۱۰۶/۳۷)=\ln(۸۳۷۰ \div ۳۶۶۵)$$

$$۰/۸۹+ ۰/۱۱ = ۱$$

ملاحظه می‌شود که از سال ۱۳۶۸ تا سال ۱۳۹۵، ۸۹٪ از رشد فیزیکی شهر ارومیه ناشی از رشد جمعیت و ۱۱٪ دیگر ناشی از گسترش کالبدی شهر بوده است. طی این پدیده، بسیاری از باغات و اراضی زراعی در محدودهٔ شهر ادغام شده و تغییر کاربری یافته‌اند که در صورت وجود برنامه‌ریزی صحیح و بلندمدت، می‌شد از این تغییرات مازاد بر نیاز جلوگیری کرد.

در ادامه، برای پیش‌بینی روند رشد شهر ارومیه و به‌منظور نیل به برنامه‌ریزی هوشمندانه و انتخاب جهات مناسب توسعهٔ شهر، از مدل پیش‌بینی شبکه‌های عصبی استفاده شده است.

متغیرهای مورد استفاده در مدل شبکهٔ عصبی در جدول ۴ آمده است.

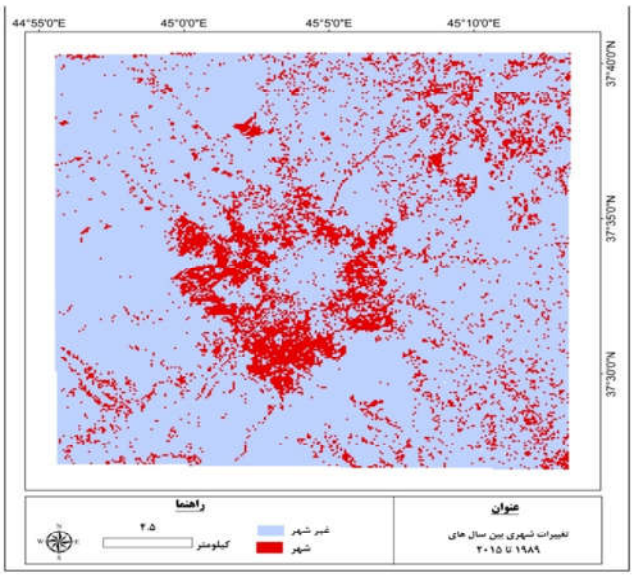
برای به‌دست‌آوردن متغیر وابسته (گسسته)، ابتدا، از نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۹۸۹ و ۲۰۱۵، کلاس اراضی ساخته‌شده با فرمت رستری استخراج و با استفاده از تفریق نقشه‌های یادشده از همدیگر، نقشهٔ تغییرات روی داده طی ۲۶ سال، با دو لژاند ۰ و ۱، تهیه و به‌صورت متغیر وابسته برای اجرا وارد مدل شبکهٔ عصبی شد (شکل ۱۱).

برای استخراج متغیرهای مستقل، لایه‌های اکولوژیکی مؤثر در توسعهٔ شهری، براساس پیشینهٔ تحقیق و از منابع گوناگون، تهیه و در دو دستهٔ متغیرهای طبیعی و انسانی (کالبدی، اجتماعی و اقتصادی) وارد مدل شد (جدول ۵، شکل ۱۲).

جدول ۴. متغیرهای مورد استفاده در مدل شبکهٔ عصبی

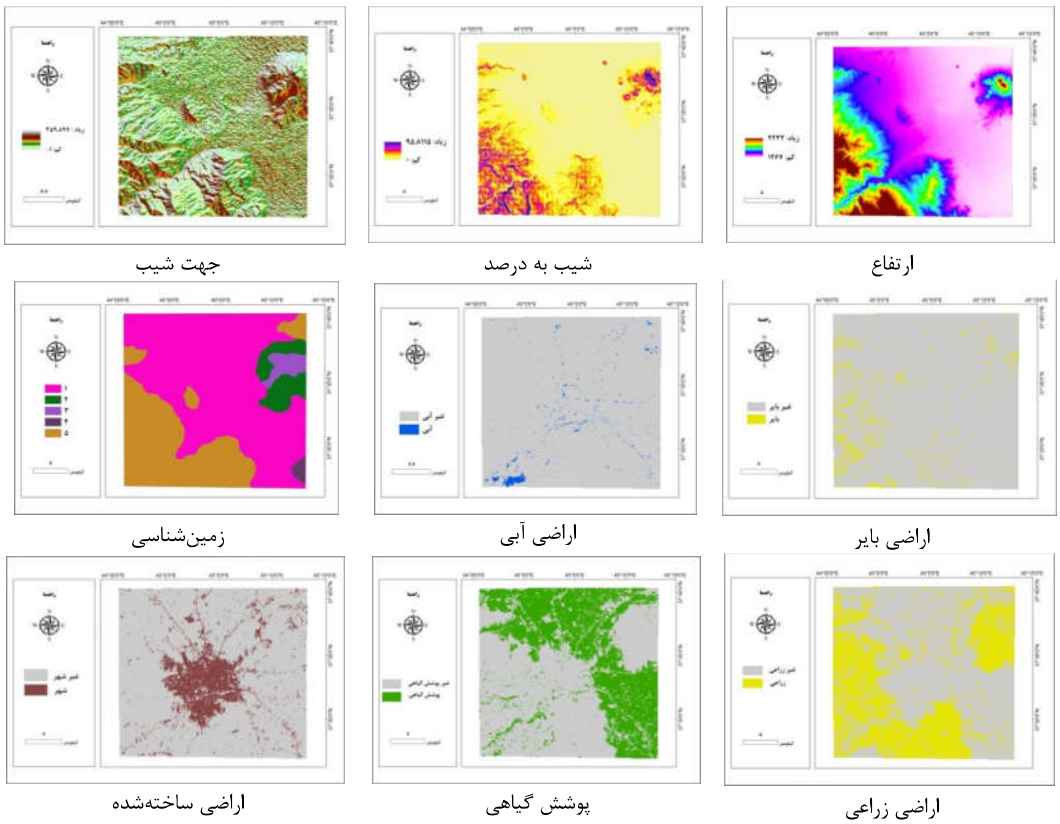
متغیر	نوع متغیر	نام متغیر	ماهیت متغیر	منبع
وابسته		تغییرات شهری	بولین (۱ شهر- ۰ غیرشهر)	تابع تفرق، تصاویر ماهواره‌ای
مستقل	طبیعی	درصد شیب	پیوسته	تابع slop، نقشهٔ توپوگرافی
		جهت شیب	پیوسته	تابع aspect، نقشهٔ توپوگرافی
		ارتفاع	پیوسته	تابع Reclass، DEM
		زمین‌شناسی	پیوسته	تابع Reclass، نقشهٔ زمین‌شناسی
	انسانی (کالبدی، اجتماعی، اقتصادی)	کاربری اراضی (پنج متغیر)	بولین کلاس‌ها	طبقه‌بندی تصاویر، تصاویر ماهواره‌ای دانلودشده از سایت USGS
		فاصله از راه	پیوسته	تابع Distance، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان‌غربی
		فاصله از خط انتقال نیرو	پیوسته	تابع Distance، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان‌غربی
		فاصله از مراکز شهری	پیوسته	تابع Distance، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان‌غربی
		فاصله از مناطق تجاری	پیوسته	تابع Distance، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان‌غربی

منبع: یافته‌های پژوهش



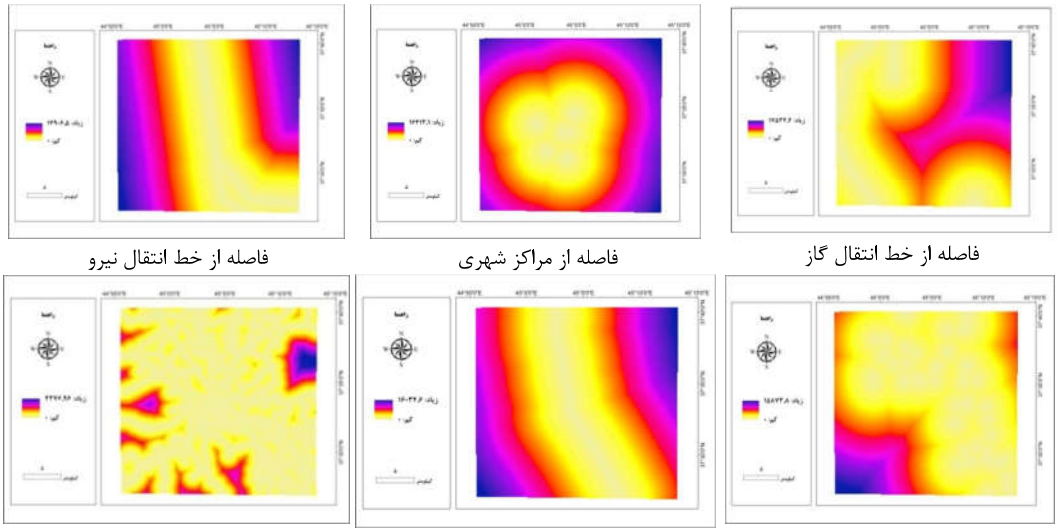
شکل ۱۱. متغیر وابستهٔ تغییرات شهری از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۱۲. متغیرهای مستقل مورد استفاده در بررسی روند تغییرات از سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵

منبع: یافته‌های پژوهش



ادامهٔ شکل ۱۲.

مطابق مدل شبکهٔ عصبی، کاربری‌های اصلی به شرح جدول ۵ پیش‌بینی شده است. این ارقام، برای طبقهٔ ساخته‌شده در سال ۲۰۴۵، برابر با ۱۳۰۱۲.۷ هکتار و برای اراضی زراعی و پوشش گیاهی، به‌ترتیب، برابر با ۱۷۳۶۱.۲ و ۲۰۹۳۱ هکتار است. این اعداد از کاهش کاربرهای زراعی و باغی و افزایش کاربری ساخته‌شده در سال ۲۰۴۵ حکایت دارند.

جدول ۵. پیش‌بینی طبقات کاربری اراضی برای افق ۲۰۴۵

کلاس پوشش اراضی	مساحت (هکتار)
ساخته‌شده در سال ۱۹۸۹	۷۴۶۹.۱
ساخته‌شده در سال ۲۰۱۵	۹۴۳۶.۹
ساخته‌شده در سال ۲۰۴۵	۱۳۰۱۲.۷
ساخته‌شدهٔ کل	۲۲۷۴۹.۶
زراعی در سال ۲۰۴۵	۱۷۳۶۱.۲
پوشش گیاهی در سال ۲۰۴۵	۲۰۹۳۱

منبع: یافته‌های پژوهش

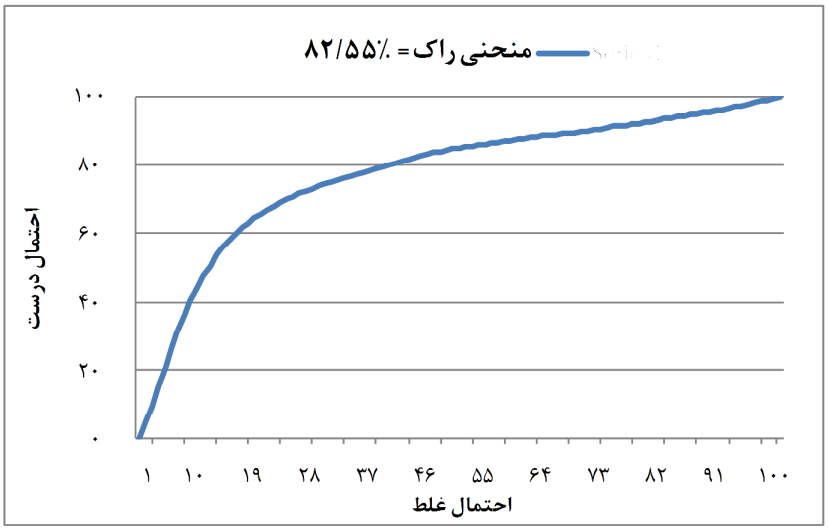
طبق جدول ۶، ضریب تعیین به‌دست‌آمده قابل قبول و برابر با ۰.۷۳ است. برای این ضریب، ارقام بالاتر از ۰.۴ قابل قبول است. مدل، در ۱۰۰۰۰ تکرار برای پانزده لایهٔ ورودی، به خطای کمتر از ۰.۰۱ رسیده و میزان خطای آموزش و خطای تست، به‌ترتیب، ۰.۲۴ و ۰.۲۷ است.

جدول ۶. میزان صحت و پارامترهای دیگرِ حاصل از اجرای مدل شبکهٔ عصبی

پارامترهای مدل	ارقام به‌دست‌آمده
خطای قابل قبول	۰.۰۱
تکرار	۱۰۰۰۰
خطای آموزش	۰.۲۴
خطای تست	۰.۲۷
ضریب تعیین	۰.۷۳

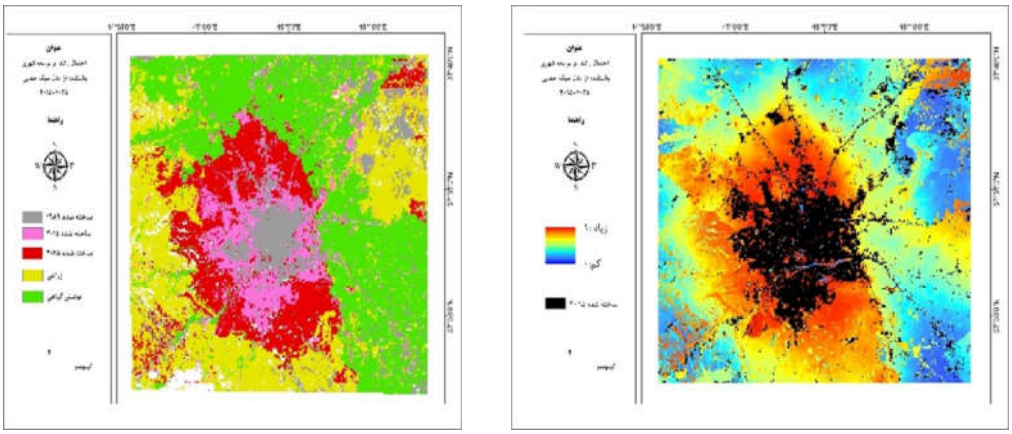
منبع: یافته‌های پژوهش

دقت نقشهٔ احتمالی پیش‌بینی‌شده، با استفاده از ۱۰۰ حد آستانه، برابر با ۸۲.۵۵ به‌دست آمده که نشان‌دهندهٔ عملکرد دقیق شبکهٔ عصبی در این تحقیق، در شناسایی پیکسل‌های با بالاترین پتانسیل برای گسترش شهری، است.



شکل ۱۳. نمودار راک

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۱۴. نقشهٔ احتمال توسعهٔ شهر براساس مدل شبکهٔ عصبی، برای افق ۲۰۴۵

منبع: یافته‌های پژوهش

۵- نتیجه‌گیری

پایش تغییرات محیطی ابزاری مهم و کلیدی برای مدیریت توسعهٔ شهری و منطقه‌ای محسوب می‌شوند. این کار مهم، به‌منظور نیل به اهداف توسعهٔ پایدار و صیانت از محیط‌زیست، امری اساسی به‌شمار می‌رود. روش‌ها و الگوهای متنوعی برای پایش تغییرات در حوزهٔ کاربری اراضی مورد استناد قرار می‌گیرد و به‌کار می‌رود که هریک دارای نقاط ضعف و قوتی است. در این پژوهش، با هدف ارزیابی تغییرات کاربری اراضی شهر ارومیه طی دورهٔ ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵، از روش‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی استفاده شد و نتایج بیانگر تغییرات در کاربری‌های محدودهٔ مورد مطالعه و افزایش ضریب ساخت‌وساز است. باتوجه به دقت بالای طبقه‌بندی شبکهٔ عصبی، از نتایج این نوع طبقه‌بندی برای پیش‌بینی تغییرات در افق ۲۰۴۵ استفاده شده است. طبق

این نتایج، اراضی ساخته‌شده در سال ۱۹۸۹ برابر با ۷۴۶۹.۱ هکتار بوده و در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵، به‌ترتیب، به ۹۲۱۷.۳ و ۹۴۳۶.۹ هکتار رسیده است. این میزان، در سال ۲۰۴۵، براساس مدل پیش‌بینی شبکهٔ عصبی برابر با ۲۲۴۴۹.۶ هکتار خواهد بود که ۱۳۰۱۲.۷ هکتار افزایش را در اراضی ساخته‌شده نشان می‌دهد. ضریب تعیین (۰.۷۳) و منحنی راک (۸۲.۵۵٪) نیز دقت بالای مدل شبکهٔ عصبی را در پیش‌بینی تغییرات گسترش شهری برای سال ۲۰۴۵، بیان می‌کنند. دقت بالای این مدل، در قیاس با دیگر روش‌ها، با یافته‌های تحقیقات مظاهری و همکاران (۱۳۹۲) و شیخ گودرزی و همکاران (۱۳۹۵) هم‌خوانی دارد.

همچنین، براساس مدل هلدرن، می‌توان ادعا کرد تمامی این ساخت‌وسازها برمبنای نیاز واقعی شهر صورت نگرفته‌اند و پدیدهٔ اسپرال اتفاق افتاده است. این نکته با نتایج تحقیق روستایی و همکاران (۱۳۹۱) درمورد شهر ارومیه مطابقت دارد. در نهایت، با استفاده از روند رشد اتفاق‌افتاده و شاخص‌های پانزده‌گانه، رشد محدوده در افق ۲۰۴۵ پیش‌بینی شد که نتایج حاکی از افزایش ادامه‌دار ساخت‌وسازها و کاهش فضاهای سبز و اراضی زراعی است. ضروری است که با مدنظر قراردادن رشد ادوار گذشته، به‌منظور حفاظت از محیط‌زیست شهری و منطقه‌ای، برنامه‌ریزی هوشمندانه‌ای در زمینهٔ کاربری اراضی انجام شود و آثار سوء بورس‌بازی زمین به کمترین میزان برسد.

۶- منابع

استانداری آذربایجان‌غربی، ۱۳۹۴، **سالنامهٔ آماری استان آذربایجان‌غربی**، ج ۱.

آرخی، ص.، نیازی، ی.، ارزانی، ح.، ۱۳۹۰، **مقایسهٔ تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی/ پوشش گیاهی با استفاده از RS & GIS (مطالعهٔ موردی: حوزهٔ دره‌شهر استان ایلام)**، فصلنامهٔ علوم محیطی، سال ۸، شمارهٔ ۳، صص. ۹۶-۸۱.

براتی قهفرخی، س.، سلطانی کوپایی، س.، خواجه‌الدین، س.ج.، رایگانی، ب.، ۱۳۸۸، **بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزهٔ قلعهٔ شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور (دورهٔ زمانی ۱۳۸۱-۱۳۵۴)**، مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ج. ۱۳، شمارهٔ ۴۷، صص. ۳۶۵-۳۴۹.

بهرام سلطانی، کامبیز (۱۳۷۱). **مجموعه مباحث و روش های شهرسازی، محیط‌زیست**. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

توکلی، م.، فاضل‌نیا، غ.، حسنی، ص.، ۱۳۹۴، **بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر امنیت غذایی (مطالعهٔ موردی: شهر مشهد ریزه)**، دومین همایش یافته‌های نوین در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی، تهران، پژوهشکدهٔ انرژی‌های نو و محیط‌زیست دانشگاه تهران
. https://www.civilica.com/Paper-AGROCONGRESS02-AGROCONGRESS02_438.html

جرجانی، م.ح.، ۱۳۸۸، **توسعهٔ فیزیکی شهر و تأثیر آن بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی (گنبدکاووس)**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران.

جوادی، ی.، ۱۳۸۷، **مدل‌سازی تغییرات پوشش زمین با استفاده از Automata Cellular در محیط GIS**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران.

حاجی‌نژاد، ع.، داودی منظم، ز.، عباس‌نیا، م.، پورهاشمی، س.، ۱۳۹۳، **پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعهٔ موردی: شهرستان شهریار)**، فصلنامهٔ سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۵، شمارهٔ ۱، صص. ۱۳-۱.

حکمت‌نیا، ح.، موسوی، م.ن.، ۱۳۹۲، **کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای**، انتشارات آزادپیما، چاپ سوم.

رحمانی‌فرد، ح.، ۱۳۸۷، **بررسی ظ: شهر همدان)**، اولین همایش ملی ژئومتیک در منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

شیخ گودرزی، م.، جباریان امیری، ب.، جعفری، ش.، ۱۳۹۵، **بررسی قابلیت‌های مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی توسعهٔ شهری با کاربرد نمایه‌های عامل نسبی و بوم‌شناختی سیمای سرزمین؛ مطالعهٔ موردی: شهر ساحلی هشتپر**، پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۷، شمارهٔ ۱۴، صص. ۱۹۰-۱۸۱.

شیعه، ا.، ۱۳۷۷، **مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری**، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

ضیا توانا، م.ح.، قادرمزی، ح.، ۱۳۸۸، **تغییرات کاربری اراضی روستاهای پیراشهری در فرآیند خزش شهر روستاهای نایسر و حسن‌آباد سنندج**، نشریهٔ پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۴۲، شمارهٔ ۶۸، صص. ۱۳۵-۱۱۹.

کاظم، ا.ح.، حسینعلی، ف.، آل شیخ، ع.ا.، ۱۳۹۴، **مدل‌سازی رشد شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای متوسط مقیاس و مبتنی‌بر روش خودکاره‌های سلولی (مطالعهٔ موردی: شهر تهران)**، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دورهٔ ۲۴، شمارهٔ ۹۴، صص. ۵۸-۴۵.

کشاورز، ا.، قاسمیان یزدی، م.ح.، ۱۳۸۴، **یک الگوریتم سریع مبتنی‌بر ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی با استفاده از همبستگی مکانی**، نشریهٔ مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، سال ۱، شمارهٔ ۳، صص. ۴۴-۳۷.

محمودی، ب.، دانه‌کار، ا.، فقهی، ج.، ۱۳۹۴، **تغییرات پوشش اراضی و شدت استفاده از زمین در پهنه‌های توپوگرافیک استان مازندران**، مجلهٔ علوم و مهندسی محیط‌زیست، سال ۲، شمارهٔ ۲، صص. ۱۳-۷.

مشکینی، ابوالفضل، اصغر تیموری، زینب السادات مطهری، رفیعیان، مجتبی. (۱۳۹۲) **سنجش گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده ازRS و GIS، نمونه موردی: شهر کرج طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۶۳**. معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۹(۱۷)، ۳۷۵-۳۸۷.

مشکینی، ابوالفضل، مولایی قلیچی، محمد و خاوریان گرمسیر، امیررضا، (۱۳۹۵). **روندهای پراکنده‌رویی شهری و برنامه‌ریزی توسعهٔ فضایی پایدار (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۲ تهران)**، معماری و شهر پایدار، دورهٔ ۴، شمارهٔ ۲، ۴۳-۵۴.

مظاهری، م.ر.، اسفندیاری، م.، مسیح‌آبادی، م.ح.، کمالی، ا.، ۱۳۹۲، **پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: جیرفت، استان کرمان)**، مجلهٔ کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال ۴، شمارهٔ ۲، صص. ۳۹-۲۵.

یوسفی، ص.، مرادی، ح.ر.، حسینی، س.ح.، میرزایی، س.، ۱۳۹۰. **پایش تغییرات کاربری اراضی مریوان با استفاده از سنجنده‌های TM و + ETM ماهوارهٔ لندست**، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۳، صص. ۱۰۵-۹۷.

Berling-Wolff, S., Wu, J., 2004, **Modeling Urban Landscape Dynamics: A Review**, Ecological Research, 19(1), PP. 119-129.

Burges, C.J.C., 1998, **A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition**, Data Mining and Knowledge Discovery, 2, PP. 121-158.

Chiotti, Q., 2004, **Toroto's Environment: A Discussion on Urban Sprawl and Atmospheric Impacts**, Air Program Director and Senior Scientist, Pollution Probe.

Dixon, B. & Candade, N., 2008, **Multispectral Landuse Classification Using Neural Networks and Support Vector Machines: One or the Other, or Both?**, International J. of Remote Sensing, 29 (4), PP. 1185-1206.

Eastman, J.R., 2006, **Guide to GIS and Image Processing**, Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.

Gahegan, M., German, G. & West, G., 1999, **Improving Neural Network Performance on the Classification of Complex Geographic Datasets**, Journal of Geographical Systems, No. 1, PP. 3-22.

Gomez-Antonio, M., Hortas-Rico, M. & Li, L., 2014, **The Causes of Urban Sprawl in Spanish Urban Areas: A Spatial Approach,** (No. 1402), Universidade de Vigo, GEN-Governance and Economics Research Network.

Guo, Y., De Jong, K., Liu, F., Wang, X. & Li, C., 2012, **A Comparison of Artificial Neural Networks and Support Vector Machines on Land Cover Classification**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISICA, CCIS 316, 531-539.

https://earthexplorer.usgs.gov/.

Huang, C., Davis, L.S. & Townshend, J.R.G., 2002, **An Assessment of Support Vector Machines for Land Coverclassification**, International J. of Remote Sensing, 23(4), PP. 725-749.

Hung, C.C., Coleman, T.L. & Long, O., 2004, **Supervised and Unsupervised Neural Models for Multispectral Image Classification**, ISPRS, http://www.isprs.org/istanbul2004/comm7/papers/20.pdf.

Liu, X.H., Skidmore, A.K. & Oosten, H.V., 2002, **Integration of Classification Methods for Improvement of Land-cover Map Accuracy**, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, No. 56, PP. 257-268.

Lu, D., Mausel, P., Brondi Zio, E. & Moran., E., 2004, **Chang Detection Techniques**, International Journal of Remote Sensing, 25(12), PP. 2365-2407.

Mohammadian Mosammama , H., Tavakoli Nia, J., Khani, H., Teymouri, A., Kazemi, M., (2017). **Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial form The case of Qom city**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol 20 (1) , Pp 103- 116.

Moradi, F., Saei Mehraban, R. & Sar Kargar Ardakani, A., 2014, **Land Surface Temperature Monitoring (LST) Using MODIS Imaging, Case Study of Tehran Province**,Tehran Geomatics Conference.

Osuna, E., Freund, R. & Girosi, F., 1997, **Support Vector Machines: Training and Application**, A.I. Memo 1602, MIT A. I.Lab.

Pao, Y.H., 1989, **Adaptive Pattern Recognition and Neural Networks**, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Pijanowski, B.C., Brown, D.G., Shellitoc, B.A. & Manikd, G.A, 2002, **Using Neural Networks and GIS to Forecast Land Use Changes: A Land Transformation Model**, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 26, No. 6, PP. 553-575.

Portugali, J., 2011, **Complexity, Cognition and the City**, Springer, Berlin.

Portugali, J., Meyer, H. & Stolk, E., 2012, **Complexity Theories of Cities Have Come of Age; An Overview with Implications to Urban Planning and Design,** Springer.

Richards, J.A., 2013, **Remote Sensing Digital Image Analysis**, fifth edition, Springer.

Rumelhart, D., Hinton, G. & Williams, R., 1986, **Learning Internal Representations by Error Propagation**, In D.E. Rumelhart, and J.L. McClelland (Eds.), Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition, Vol. 1, PP.: 318-362, Cambridge: MIT Press.

Sun, C., Wu, Z.F., Lv, Z.Q., Yao, N & Wei, J.B, 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 Geo Information, Vol. 21, PP. 409-417.

Vapnik, V.N., 1995, T**he Nature of Statistical Learning Theory**, New York: Springer Verlag.

Wakode, H.B., Baier, K., Jha, R., Azzam, R., 2014, **Analysis of Urban Growth Using Land Sat TM/ETM Data and GIS, a Case Study of Hyderabad, India**, Arabian Journal of Geoscience, 7(1), PP. 109-121.

Watts, D., 2001, **Land Cover Mapping by Combinations of Multiple Artificial Neural Networks**, M.Sc. Thesis, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary.

Wijaya, A., 2005, **Application of Multi-Stage Classification to Detect Illegal Logging with the Use of Multi-Source Data**, M.Sc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands.

سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۹
Vol.12, No. 4, Winter 2021 Iranian Remote Sensing & GIS

53-72

An Analysis on Land Use Process Changes and Forecasting in Urmia City Using SVM Model and Neural Networks

Khedmatzadeh A.[1]*, Mousavi M.N.[2], Mohammadi Torkamani H.[3]

1. M.Sc. Student of RS & GIS, Tabriz University, Tabriz
2. Associate Prof. of Geography and Urban Planning, Urmia University, Urmia
3. Ph.D. Student of Geography and Urban Planning, Tabriz University, Tabriz

Abstract

The growth of the urban population has been led to increasing of the urban spaces and growth of the city size. as a result of further construction and alteration of the land available to the benefit of its built-up spaces. Special location the city of Urmia at proximity of the Urmia lake and unfavorable condition of this lake reveals the necessity of the proper landuse planning at this city. One of the required tools for proper planning in this field is the use of remote sensing techniques. The present study aims to evaluate these changes (period 1989-2015) and predict its future trend. SVM and neural network methods are used to evaluate changes in 5 classes Due to the high accuracy of the classification of the neural network, the results of this classification have been used to predict changes for the 2045 horizon. Land constructed in 1989 is 7469.1 hectares, reaching 9217.3 and 94366.9 hectares in 2002 and 2015 respectively, and by2045, according to the prediction model, the neural network is equal to 22449.6 hectares, which is built on lands 13012.7 Shows hectares of increase. The determination coefficient (0.73) and rock curve (82.55%) also indicate the high accuracy of the neural network model to predict urban development changes. The Heldern method results shows that all of these constructions are not based on the real needs of the city And the sparse phenomenon has happened.

Keywords: Classification, Urmia City, Neural network, SVM, MLP.

Correspondence Address: West Azarbaijan Province, Urmia County, Darreh Chai Neighborhood, Banafsheh Alley, 8th Alley, number plate 25
Email: clima.khedmatzadeh@yahoo.com