

تلفیق شبکه عصبی RBFLN و فن چندشاخه ORESTE برای شناسایی مکان بهینه استقرار مراکز مالی و تجاری در فضای شهری (مطالعه موردی: شهر تهران)

غدیر عشورنژاد^{۱*}، حسنعلی فرجی سبکیبار^۲، سیدکاظم علوی پناه^۳، محمدحسن نامی^۴
۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۲. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۳. استاد گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۴. دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۱)

چکیده

مراکز مالی و تجاری از مهم‌ترین مراکز فعالیت‌های فضای شهری محسوب می‌شوند و توجه به موقعیت و مکان استقرار آن‌ها، از مهم‌ترین عوامل سودآوری و موفقیت این مراکز است. در این مطالعه، برای شناسایی مکان بهینه استقرار مراکز مالی و تجاری، سامانه شبکه عصبی RBFLN، که شکل تغییر یافته‌ای از شبکه عصبی بر پایه تابع شعاعی (RBFNN) است، در تلفیق با فن چندشاخه ORESTE به کار گرفته شد. داده‌های دو و چند کلاسه پارامترهای اقتصادی و تجاری، آموزشی و فرهنگی، بهداشتی و درمانی، رفاهی و تفریحی، اداری، جمعیتی، حمل و نقل و ترافیکی بر اساس شعاع تأثیرگذاری، به عنوان بردارهای چندبعدی وارد شبکه عصبی شدند. به منظور یادگیری شبکه، ۶۹ شعبه نمونه در شهر تهران و ۳۴ نقطه غیربهینه به کار گرفته شد. نتایج تحقیق شبکه RBFLN دو کلاسه با دفعات تکرار ۸۰۰ بار را با کمترین میزان خطای آموزش و طبقه‌بندی، به عنوان مناسب‌ترین کلاس برای شناسایی مناطق بهینه (غربالگری) استقرار مراکز مالی و تجاری نشان می‌دهد. نتایج این غربالگری مناطق بهینه پیشنهادی اولیه را تشکیل می‌دهند که در ادامه، با فن رتبه‌بندی چندشاخه ORESTE با معیارهای کیفی حاصل از مشاهدات میدانی اولویت‌بندی شدند. این فرایند در شهر تهران و بر روی هر ۲۲ منطقه این شهر اجرا شد.

واژگان کلیدی

سیستم اطلاعات جغرافیایی، مراکز مالی و تجاری، RBFLN، ORESTE.

مقدمه

شبکه‌های عصبی مصنوعی^۱ نوعی از مدل‌سازی مغز انسان است (بهنیا، ۱۳۸۵، ص ۷۲). فلسفه اصلی محاسبه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی این است که با مدل‌سازی ویژگی‌های عمده مغز و نحوه عملکرد آن، بتوان مدلی طراحی کرد که اکثر ویژگی‌های مفید مغز را نشان دهد (علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷، ص ۲۵۸). شبکه عصبی مصنوعی، نظامی بزرگ از اجزای پردازشی موازی یا توزیع‌شده به نام نورون^۲ یا سلول عصبی است، که در یک توپولوژی گراف به هم متصل شده‌اند. شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم‌های ریاضی‌اند که قادر به یادگیری نگاشت‌های پیچیده بین ورودی (ها) و خروجی (ها) از طریق آموزش، تحت نظارت^۳ بوده یا قادر به رده‌بندی اطلاعات ورودی به روشی بدون نظارت^۴ می‌باشند. قوانین آموزش این شبکه‌ها از علم زیست‌شناسی الهام گرفته شده است و روش یادگیری شبکه را تعیین می‌کنند. انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی وجود دارد که هر یک، با توجه به کاربرد خود توانایی‌های مختلفی دارند (انعامی، ۱۳۸۹، ص ۲۲ و ۲۳). با وجود اینکه در سال‌های اخیر، به‌کارگیری شاخه‌های مختلف هوش مصنوعی برای عرضه بهینه خدمات شهری به شهروندان گسترش فزاینده‌ای داشته است (هاشمی و آل‌شیخ، ۱۳۹۰، ص ۸۰)، تحقیقات اندکی درباره کاربرد این مدل در تلفیق لایه‌ها و متغیرهای مکانی انجام گرفته است. از طرف دیگر، اهمیت مکان بهینه استقرار مراکز مالی، به‌ویژه بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری به عنوان مهم‌ترین مراکز فعالیت مالی و اعتباری در سطح شهرها، که بخش عمده‌ای از فضای شهری را به خود اختصاص داده‌اند، بررسی این موضوع را ضروری می‌کند. موقعیت مکانی، از مهمترین عوامل یک واحد تجاری محسوب می‌شود و نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های راهبردی نظیر تأسیس، توسعه بازار و یا حذف واحد تجاری دارد و بر بسیاری از پارامترهای بازار

-
1. Artificial Neural Network
 2. Neuron
 3. Supervised learning
 4. Unsupervised

مانند عرضه و تقاضا تأثیر دارد (قربانی، ۱۳۸۸). تصمیم‌گیری بهینه در موفقیت مؤسسه و نیل به اهداف آن و جلب مشتریان مؤثر است. انتخاب اشتباه محل استقرار مؤسسه مالی یا خدمات مالی به افزایش هزینه‌ها و کاهش بازده منجر می‌شود و ممکن است در رقابت با مؤسسات دیگر، زیان‌های جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد. در سال‌های اخیر، با رشد و توسعه بانک‌های خصوصی و مؤسسات مالی و اعتباری، رقابت میان آن‌ها برای جذب منابع بیشتر و تسلط بر مؤلفه‌های مؤثر بر تجهیز منابع مالی اهمیت ویژه‌ای دارد. مطلوبیت محل استقرار مکانی مؤسسات مالی، مؤلفه‌ای مهم در افزایش قدرت مؤسسات مالی در جذب منابع مالی است. در کنار توجه به این نکته، هر گونه اشتباه در انتخاب و برنامه‌ریزی، ممکن است به زیان بانک و ازدست‌دادن مشتری منجر می‌شود. از این رو، باید مکان خدمات بهینه انتخاب شود تا ضمن عرضه خدمات به مشتریان، از بالاترین میزان بازدهی در برابر هزینه راه‌اندازی برخوردار شود، و ظرفیت مکان استقرار را در بالاترین حد ممکن به کار گیرد. مهم‌ترین دلیل اهمیت مکانی استقرار شعب مؤسسات مالی، سرمایه‌گذاری‌های ثابت بلندمدتی است که از تصمیم‌های مکانی ناشی می‌شود، جبران خسارت‌های ناشی از انتخاب جایگاه نامناسب بسیار دشوار خواهد بود (فوکردی، ۱۳۸۴، ص ۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی با دخالت دادن عوامل مؤثر مکانی، در تصمیم‌گیری‌ها نقش مهمی دارد و به کمک آن پهنه‌بندی اقتصادی شهر برای انتخاب مکان‌های بالقوه و مستعد فعالیت‌های اقتصادی و تجاری، به‌ویژه بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری امکان‌پذیر می‌شود، موفقیت مؤسسات را به دنبال دارد، و نقشه راهی برای تصمیم‌های آینده است.

هدف کلی این تحقیق بررسی میزان کارایی شبکه عصبی RBFLN در شناسایی مکان بهینه مراکز مالی و تجاری در ارتباط با فن چندشاخصه^۱ ORESTE است.

پیشینه تحقیق

تحقیقات انجام گرفته در زمینه به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل‌سازی فرآیندهای مکانی، گسترده و متنوع است (هاشمی و آل شیخ، ۱۳۹۰، ص ۸۰ و ۸۱). راکعی و همکاران (۱۳۸۶) در ناحیه سفیدارگله استان سمنان کاربرد سیستم شبکه عصبی را در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش بررسی کردند. در این تحقیق، داده‌های مربوط به شیب، جهت شیب، لیتولوژی، مدل ارتفاعی رقومی، بارندگی، فاصله از گسل و کاربری اراضی منطقه، به یک شبکه عصبی پرسپترون سه‌لایه تغذیه‌شونده به جلو با الگوریتم پس‌انتشار خطا آموزش داده شدند. تعداد اطلاعات برای آموزش شبکه ۱۶۲۶، و برای آزمایش ۴۰۰ واحد در نظر گرفته شد. دقت شبکه در مرحله آزمایش ۹۱/۲۵ درصد تخمین زده شد. موسوی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در پژوهش خود ساختار فضایی شهرهای مرزی استان آذربایجان غربی را با به کارگیری تحلیل‌های آماری چندمتغیره و شبکه‌های عصبی بررسی کردند. آن‌ها شاخص‌های جمعیتی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، بهداشتی-درمانی، زیربنایی، حمل و نقل و ارتباطات و کالبدی را به عنوان عوامل مؤثر در این تحقیق به کار گرفتند. نتایج شبکه‌های عصبی نشان می‌دهد شاخص‌های بخش زیربنایی اهمیت ۱۰۰ درصد، و بخش جمعیتی، اهمیت ۸/۸ درصد در پیش‌بینی توسعه ساختار فضایی شهرهای مرزی دارد که به ترتیب، بیشترین و کمترین میزان را داشته‌اند. مقادیر پیش‌بینی توسعه ساختار فضایی شهرهای مرزی با مقادیر واقعی، متوسط همبستگی ۰/۹۶۲ و ضریب تبیین ۰/۹۲۶ دارد، که نشان‌دهنده کارایی شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی ساختار فضایی شهرهای مرزی است.

هاشمی و آل شیخ (۱۳۹۰) کاربری اراضی را با به کارگیری GIS و شبکه‌های عصبی در محله کارون جنوبی در منطقه ۱۰ تهران پیش‌بینی کردند. این تحقیق روش نوینی برای پیش‌بینی کاربری اراضی با سه نوع الگوریتم پس‌انتشار ایجاد می‌کند. الگوریتم‌های آموزش دسته‌ای کاهش شیب تدریجی با نرخ یادگیری انطباق‌پذیر، پس‌انتشار ارتجاعی و Levenberg-Marquardt برای آموزش شبکه‌های عصبی چندلایه به کار گرفته شدند. همچنین، برای آموزش شبکه، اطلاعات هر قطعه زمین، شامل مساحت، مجاورت یا عدم مجاورت با خیابان‌های اصلی، فاصله تا کاربری‌های

مختلف موجود در منطقه و کاربری آن در محیط GIS استخراج شد. در نهایت، روش آموزش دسته‌ای کاهش شیب تدریجی با نرخ یادگیری انطباق‌پذیر، برای شبکه‌ای با یک لایه مخفی شامل ۱۰ نورون، به ۶۰ درصد از آزمایش‌ها پاسخ صحیح داد و بالاترین کارایی را کسب کرد و محققین این شبکه را برای پیش‌بینی کاربری آینده اراضی بایر در محدوده مطالعاتی به‌کار گرفتند. فروتن و همکارانش (۱۳۹۰) کارایی شبکه‌های عصبی، MLP، RBF، PNN و GRNN در مطالعات اکتشافی ذخایر مس پورفیری برای تعیین نقاط حفاری در GIS را با هم مقایسه کردند. نتایج پیاده‌سازی این چهار نوع شبکه عصبی نشان می‌دهد در میان چهار ساختار مختلف شبکه عصبی، شبکه‌های GRNN و RBF کارایی بهتری با دقتی در حدود ۸۰ تا ۸۳ درصد برای مدل‌سازی مکان‌یابی نقاط بهینه حفاری دارند. کامیاب و همکارانش (۱۳۹۰) کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی توسعه شهر گرگان را بررسی کردند. در این تحقیق، سه گروه از متغیرها شامل متغیرهای بیوفیزیکی، اقتصادی-اجتماعی و کاربری زمین به‌کار گرفته شد. اجرای مدل در چرخه ۳۰۰۰، کمترین میزان خطای مجذور میانگین مربعات بود و این چرخه برای استخراج مناطق توسعه شهری آینده به‌کار گرفته شد.

همچنین، تحقیقات انجام‌گرفته در زمینه کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در مراکز مالی و تجاری، به‌ویژه بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری، شامل ارزیابی و انتخاب مکان استقرار شعب آن‌ها به همراه خدمات عرضه‌شده از سوی آن‌ها (مانند خودپرداز) محدود است. قربانی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای کارایی شعب بانک را در یک شبکه بانکی ارزیابی کردند تا با بازنگری مجدد، به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری دست یابند. آن‌ها در تحقیق خود تلفیق GIS و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و TOPSIS) برای طراحی سیستم پشتیبان تصمیم مکانی به منظور حل مسئله به‌کار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد GIS به عنوان ابزار پشتیبان تصمیم، در تصمیم‌گیری‌های راهبردی، و به‌ویژه در کاربردهای تجاری و تحلیل‌های مکانی مربوط به آن نقش مهمی ایفا می‌کند. عشور نژاد و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی شعب جدید بانک تات را با توجه به شعب فعلی آن در منطقه ۶ شهر تهران مکان‌یابی کردند. آنان فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) در سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌کار گرفتند که نتایج تحقیق از

کارایی تلفیق فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره با سامانه اطلاعات جغرافیایی در این موضوع حکایت می‌کند. درباره دستگاه‌های خودپرداز به عنوان مهم‌ترین خدمات عرضه‌شده بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد. گلی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای دستگاه‌های خودپرداز شعب بانک کشاورزی با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در منطقه ۱۰ شهرداری تهران مکان‌یابی کردند. این تحقیق چارچوب نوینی در مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز در منطقه ۱۰ شهرداری تهران طراحی کرده است. فرجی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی ظرفیت تعداد دستگاه‌های خودپرداز در شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری را با به‌کارگیری مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و تحلیل خوشه‌بندی خاکستری (GCA) ارزیابی کردند و وضعیت خودپردازهای بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری را در فاصله میدان انقلاب تا میدان فردوسی خیابان انقلاب تهران بررسی کردند. نتایج ارزیابی این تحقیق میدانی، با به‌کارگیری ضریب گاما نشان داد نتایج به‌دست‌آمده در مدل و نتایج مشاهدات با ضریبی برابر با ۰/۸۹۳ همخوانی دارند.

مواد و روش تحقیق

با توجه به اهداف تحقیق، ابتدا پارامترهای ورودی شبکه RBFLN در شناسایی مکان‌های بهینه استقرار مراکز مالی و تجاری شناسایی شد. معیارها و عوامل مؤثر اقتصادی در استقرار مراکز مالی و تجاری، پس از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی تحقیقات پیشین (گلی و همکاران، ۱۳۸۹، ص ۹۹؛ فرجی و همکاران، ۱۳۹۱؛ عشورنژاد و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۴) با به‌کارگیری نظرات متخصصان قالب پرسشنامه‌ای و با به‌کارگیری فن دلفی تکمیل شد (جدول ۱). پس از شناسایی معیارهای مؤثر مکانی، داده‌های مورد نیاز از منابع موجود (جدول ۱) برای تحلیل گردآوری شد و به عنوان نقشه‌های نشانگر ورودی در شبکه عصبی به کار گرفته شد. در ادامه، برای دستیابی به مناسب‌ترین کلاس ورودی نقشه‌های نشانگر در شبکه RBFLN، این نقشه‌ها به طور دو و چندکلاسه بر اساس شعاع تأثیرگذاری هر یک از معیارها ارزیابی شد. به منظور تعیین شعاع بالقوه تأثیرگذاری یک شعبه بانک و خدمات آن در یک ناحیه مفروض، مدل کیتز به کار گرفته شد. این مدل بین شعاع

بالقوة تأثیرگذاری و احتمال مراجعه یک مشتری، رابطه معکوس را تعریف کرده است (فوکردی، ۱۳۸۴، ص ۹۵-۹۴).

جدول ۱. فهرست معیارها و زیرمعیارها به همراه لایه‌های جغرافیایی به کار گرفته شده در این تحقیق

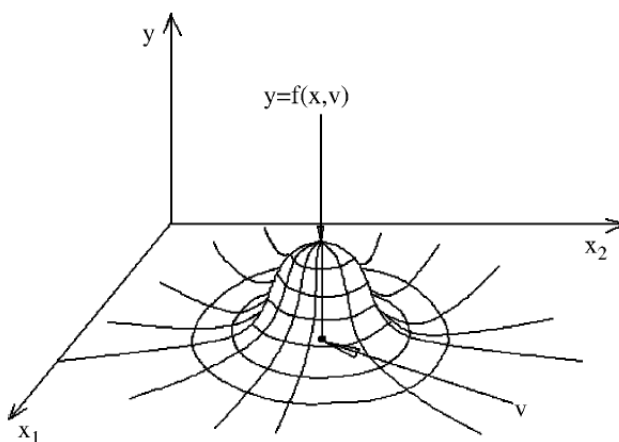
معیارها	زیرمعیارها	لایه‌های مکانی	منبع داده‌ها
حمل و نقل و ترافیک	میدان‌های اصلی و تقاطع‌های پرازدحام	میدان اصلی و تقاطع پرازدحام	نقشه ۱:۲۰۰۰ شهر تهران برای میدان‌های اصلی و برداشت زمینی با GPS
	ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی	ایستگاه مترو، ایستگاه اتوبوس‌های تندرو	نقشه اطلاعات مکانی شهری POI (Point of Interest) و برداشت زمینی با GPS
آموزشی و فرهنگی	دانشگاه، هنرستان، دبیرستان، مدرسه	دانشگاه، هنرستان، دبیرستان، مدرسه	نقشه اطلاعات مکانی شهری POI (Point of Interest) بر مبنای نقشه با مقیاس ۱:۲۰۰۰
	راهنمایی، دبستان، کتابخانه، آموزشگاه‌های آزاد، مسجد، خانه	راهنمایی، دبستان، کتابخانه، آموزشگاه‌های آزاد، مسجد، خانه	
اداری	شهرداری، سفارتخانه، اداره‌های دولتی، دفتر اسناد	شهرداری، سفارتخانه، اداره‌های دولتی، دفتر اسناد	نقشه اطلاعات مکانی شهری POI (Point of Interest) بر مبنای نقشه با مقیاس ۱:۲۰۰۰
	مجتمع‌های تفریحی، پارک، فضای سبز، تئاتر، سینما، باشگاه‌های ورزشی، هتل، مسافرخانه	مجتمع‌های تفریحی، پارک، فضای سبز، تئاتر، سینما، باشگاه‌های ورزشی، هتل، مسافرخانه	
بهداشتی و درمانی	بیمارستان، داروخانه، درمانگاه، کلینیک، آزمایشگاه، ساختمان پزشکان، اوژانس	بیمارستان، داروخانه، درمانگاه، کلینیک، آزمایشگاه، ساختمان پزشکان، اوژانس	سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تهران
	فروشگاه‌های زنجیره‌ای، مراکز خرید، شرکت تعاونی، پمپ بنزین، بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری	فروشگاه‌های زنجیره‌ای، مراکز خرید، شرکت تعاونی، پمپ بنزین، بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری	
جمعیت	تراکم جمعیت	تراکم جمعیت	بلوک جمعیتی سازمان آمار بر مبنای نقشه با مقیاس ۱:۲۰۰۰

در ادامه، مدل مورد نظر بر اساس تراکم فعلی بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران بر روی نتایج ارزیابی می‌شود. از آنجا که اولویت‌بندی نقاط بهینه شناسایی شده می‌تواند مدیران و

برنامه‌ریزان مراکز مالی را در سرمایه‌گذاری استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی یاری رساند، در بخش دوم این تحقیق، نقاط بهینه شناسایی شده در بخش اول بر اساس مشاهدات میدانی هر یک از نقاط با به‌کارگیری فنون رتبه‌بندی چندشاخصه ORESTE با معیارهای کیفی حاصل از این مشاهدات اولویت‌بندی می‌شوند. در این تحقیق، نرم‌افزار ArcGIS 9.3 برای آماده‌سازی داده‌ها و اکستنشن Arc-SDM با قابلیت اجرا در نرم‌افزار ArcGIS، برای مدل‌سازی و تحلیل شبکه عصبی RBFLN به‌کار گرفته شد. این فرایند در شهر تهران و بر روی ۲۲ منطقه این شهر اجرا شد. نتایج در قالب نقشه‌ها و جدول‌هایی برای تحلیل وضعیت جاری و تصمیم‌های آتی تهیه شد.

شبکه عصبی RBFLN

شبکه‌های عصبی بر پایه تابع شعاعی (RBFNN) توسط برومهد و لاو^۱ (۱۹۸۸) و دارکن و مودی^۲ (۱۹۸۸) مطرح شد. همان‌طور که از نام آن مشخص است این شبکه توابع شعاعی (شکل ۱) را، به عنوان تابع محرک به‌کار می‌گیرد (بهنیا، ۱۳۸۵، ص ۷۳).



شکل ۱. یک تابع پایه شعاعی (Looney, 2002)

1. Lowe & Broomhead
2. Darken & Moody

ساختار این شبکه ساده، و یادگیری آن سریع‌تر از شبکه‌های پرسپترون چندلایه (MLP) است. این شبکه‌ها به عنوان حد واسط سامانه‌های استنتاجی فازی (FIS) و شبکه‌های عصبی در نظر گرفته می‌شوند. یک تابع شعاعی با مرکزیت V و پارامتر انتشار σ بر روی بردارهای N بعدی X ، معمولاً به صورت زیر بیان می‌شود:

$$y = f(X; V) = \exp\left[-\|X - V\|^2 / (2\sigma^2)\right] \quad (1)$$

تمام نقاط هم‌فاصله از V ، مقادیر y یکسانی را به دست می‌دهند. در شکل ۲ یک شبکه RBFNN که در آن لایه ورودی، N گره، لایه مخفی، M گره و لایه خروجی، J گره دارد، نشان داده شده است (بهینیا، ۱۳۸۵، ص ۷۳).

با فرض اینکه X بردار ورودی با مؤلفه‌های x_1, \dots, x_N است، خروجی‌های قابل قبول از m امین گره لایه مخفی و q امین بردار ورودی $X^{(q)}$ به صورت زیر است:

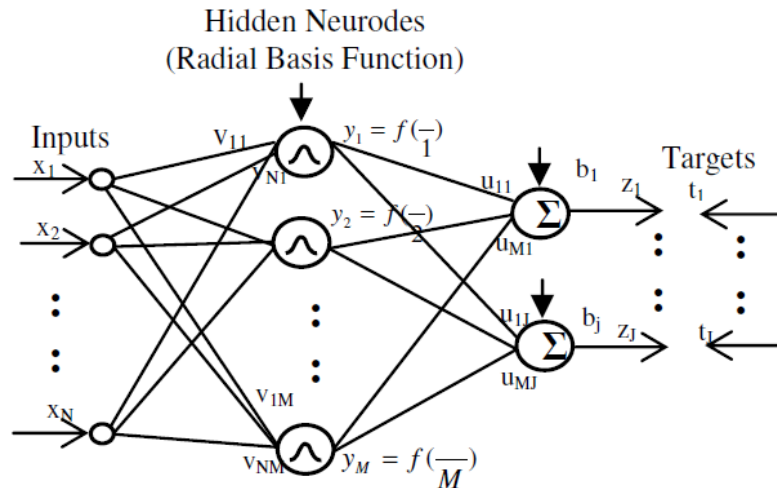
$$y_{(m)}^{(q)} = \exp\left[-\|X^{(q)} - V^{(m)}\|^2 / (2\sigma_m^2)\right] \quad (\text{الف} - 2)$$

$$z_j^{(q)} = \left(\frac{1}{M}\right) \left[\sum_{(m=1, M)} u_{mj} y_m^{(q)} + b_j\right] \quad (\text{ب} - 2)$$

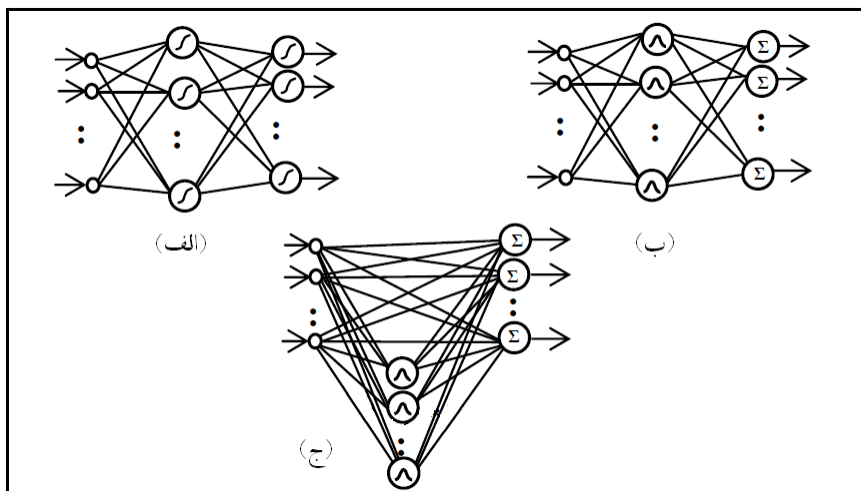
که در آن، $m = 1, \dots, M$ و $j = 1, \dots, J$ است. u_{mj} وزن‌های به‌دست‌آمده در روی خطوطی است که از لایه مخفی به لایه خروجی کشیده شده‌اند. RBFNN برای تبدیل ورودی به خروجی مدل غیرخطی را به کار می‌گیرد (بهینیا، ۱۳۸۵، ص ۷۳).

لونی (۲۰۰۲) ساختار تغییر یافته‌ای از RBFNN را به نام RBFLN معرفی کرد. اختلاف اساسی RBFLN با RBFNN، وجود خطوط رابط اضافی است که مستقیم لایه ورودی را به لایه خروجی وصل می‌کند (شکل ۳).

در نتیجه، RBFLN علاوه بر مدل غیرخطی RBFNN، شامل یک مدل خطی اضافی است. این خطوط و وزن‌های اضافی، کار قسمت خطی تبدیل ورودی-خروجی را انجام می‌دهد، در نتیجه، نیازی نیست این قسمت توسط بخش غیرخطی به تقریب محاسبه شود.



شکل ۲. یک شبکه RBFNN با N گره در لایه ورودی، M گره در لایه مخفی و J گره در لایه خروجی (Looney, 2002)



شکل ۳. سه نوع شبکه عصبی پیش‌خور: الف) یک شبکه پرسپترون چندلایه‌ای (MLP)؛ ب) یک شبکه عصبی با تابع شعاعی (RBFNN) و ج) یک شبکه RBFLN (Looney, 2002)

مؤلفه‌های خروجی RBFLN در معادله (۲-ب) با RBFNN است و به شکل فرمول ۳ است:

$$z_j^{(q)} = \left[\frac{1}{(M+N)} \right] \left[\sum_{(m=1,M)} U_{mj} y_m^{(q)} + \sum_{(n=1,N)} w_{nj} y_n^{(q)} \right] \quad (3)$$

یادگیری کامل RBFLN دو مرحله دارد: اول، تشکیل اولیه مراکز، پارامترهای انتشار و وزن‌ها، و دوم، اصلاح پارامترها و وزن‌ها برای کمینه کردن خطای کل مجموع مربع‌ها (TSSE) که جمع کل خطاهای SSE بخشی است. لونی با به‌کارگیری سه سری داده، عملکرد RBFLN را با شبکه‌های RBFNN و MLP مقایسه کرد و نتیجه گرفت که RBFLN در عین حال که بسیار دقیق است، سریع‌تر از دو شبکه دیگر نیز عمل می‌کند. یکی از مزایای RBFLN، تعداد گره مخفی کمتری آن است (بهنیا، ۱۳۸۵، ص ۷۳). کورسینی و همکاران (۲۰۰۹) با شبکه عصبی RBFLN و وزن‌های نشانگر (WofE)، نقشه مکان‌های چشمه‌های آب زیرزمینی را در آپنینز شمالی ایتالیا تهیه کردند و بهنیا (۱۳۸۵) در پژوهشی شبکه عصبی RBFLN را در تهیه نقشه پتانسیل معدنی به‌کار برد.

فن چندشاخه ORESTE

اگر هدف مسئله تصمیم‌گیری چندشاخه رتبه‌بندی m گزینه بر اساس k شاخص باشد و برای هر یک از شاخص‌ها ترتیبی ضعیف^۱ روی مجموعه گزینه‌ها تعریف، و اهمیت نسبی (وزن) هر شاخص نیز با ترتیب ضعیف دیگری بیان شود، مبانی اولیه برتری یکی از روش‌های MADM، به نام ORESTE پی‌ریزی می‌شود. این روش ابزاری را فراهم می‌کند که قادر است در نهایت، گزینه‌های تصمیم را به طور کامل رتبه‌بندی کرده و تعارض‌های میان گزینه‌ها را نشان دهد (Pastijn & Leysen, 1989, p.255).

روش ORESTE برای رتبه‌بندی سه مرحله اساسی دارد که به شرح زیر است (محامدپور و اصغری‌زاده، ۱۳۸۷، ص ۲۱۹):

1. Weak Order

مرحله برآورد^۱ فاصله‌های گزینه‌ها $d(0, m_k)$

برآورد در روش ORESTE بر کاربرد ماتریسی فرضی، با نام ماتریس موقعیت^۲ استوار است که در هر ستون آن، گزینه‌های تصمیم از بهترین به بدترین، با ملاحظه هر یک از شاخص‌ها مرتب می‌شوند. همچنین، ستون‌ها نیز بر مبنای رتبه شاخص‌ها مرتب می‌شوند. با تصویر کردن عناصر ماتریس حاصل بر قطر اصلی آن، موقعیت‌های بهتر در سمت چپ قطر اصلی و موقعیت‌های بدتر در سمت راست آن تصویر می‌شوند. سپس، مبدأ صفر در انتهای سمت چپ قطر اصلی و تمامی تصاویر ایجادشده در نظر گرفته می‌شود و فواصل این تصاویر از مبدأ صفر، که با $d(0, m_k)$ نشان داده شده است، تعیین می‌شوند به طوری که داریم:

$$\text{if } a P_k b \text{ then } d(0, a_k) < d(0, b_k) \quad (4)$$

$$\text{if } r_p(a) = r_p(b) \text{ and } 1 p 2 \text{ then } d(0, a_1) < d(0, b_2) \quad (5)$$

عمل برآورد فواصل $d(0, m_k)$ برای حالت‌های مختلفی انجام می‌شود که عبارت‌اند از:

الف) برآورد خطی مستقیم؛ ب) برآورد خطی غیرمستقیم؛ ب) برآورد غیرخطی.

در حالت برآورد خطی مستقیم که در این تحقیق استفاده شده است، به منظور انجام برآورد

فاصله $d(0, m_k)$ از r_k و $r_k(m)$ برای گزینه m در شاخص k ، رابطه (۱۱) به کار گرفته می‌شود:

$$d(0, m_k) = \frac{1}{p} [r_k + r_k(m)] \quad (6)$$

مرحله رتبه‌بندی کلی^۳ فاصله‌های گزینه‌ها $R(m_k)$

با تعیین فاصله تصاویر هر یک از عناصر ماتریس موقعیت از مبدأ، از طریق یکی از حالت‌های یادشده، رتبه‌بندی کلی فاصله‌ها انجام می‌شود. به طور کلی، انتخاب هر یک از حالت‌های فوق و

-
1. Projection
 2. Position-matrix
 3. Global ranking

یا مقادیر مختلف R برای تصویرکردن و تعیین فاصله‌های $d(\cdot, m_k)$ ، فقط با هدف تأثیرگذاری بر موقعیت آن‌ها نسبت به هم بوده است. در ادامه، فاصله‌ها با کمک روش میانگین رتبه‌های بس سون رتبه‌بندی شده و بدین ترتیب، مسئله دوباره به ماهیت ترتیبی آن بازگشت داده می‌شود.

نتیجه این رتبه‌بندی برابر با اختصاص رتبه به دست آمده از روش بس سون به فاصله‌های $d(\cdot, m_k)$ ، به صورت $R(m_k)$ است به طوری که برای مثال داریم:

$$R(a_1) < R(a_2) \quad \text{if} \quad d(\cdot, a_1) < d(\cdot, a_2) \quad (7)$$

رتبه‌های به دست آمده، رتبه‌های کلی نامیده شده و همگی در محدوده زیر واقع می‌شوند:

$$1 < R(m_k) < m.k \quad (8)$$

مرحلهٔ تجمیع^۱

پس از محاسبه و تعیین همهٔ رتبه‌های کلی، رتبهٔ کلی در هر یک از شاخص‌ها برای تمام گزینه‌ها به طور جداگانه جمع می‌شوند؛ یعنی برای هر گزینه‌ای مانند m ، تجمیع نهایی محاسبه می‌شود (رابطهٔ ۹):

$$R(m) = \sum_{k=1}^k R(m_k) \quad (9)$$

بدین ترتیب، یک ساختار ترتیبی افزایشی بر اساس $R(m)$ و با در نظر گرفتن روابط زیر تعریف

می‌شود:

$$\text{if } R(a) < R(b) \text{ then } a P b \quad (10)$$

$$\text{if } R(a) = R(b) \text{ then } a I b \quad (11)$$

گزینه‌ای که $R(m)$ مربوط به آن کوچکتر است، مناسب‌تر است و رتبهٔ بهتری بدان اختصاص داده می‌شود؛ یعنی گزینه‌ای برتر است که جمع رتبه‌های مطلق آن در همهٔ شاخص‌ها، از گزینه‌های دیگر کمتر باشد (Roubens, 1982, p.53).

مراحل انجام کار

شناسایی مناطق بهینه استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری (غربالگری)

برای پهنه‌بندی اقتصادی شهر تهران شبکه عصبی RBFLN که شکل تغییر یافته‌ای از شبکه عصبی بر پایه تابع شعاعی (RBFNN) است، به کار گرفته شد. برای دستیابی به مناسب‌ترین نقشه‌های نشانگر ورودی نقشه‌های دو کلاسه و چند کلاسه به کار گرفته شد. جدول ۲ تقسیم‌بندی کلاس‌های به کار گرفته شده در شبکه عصبی RBFLN را بر اساس شعاع تأثیرگذاری نشان می‌دهد.

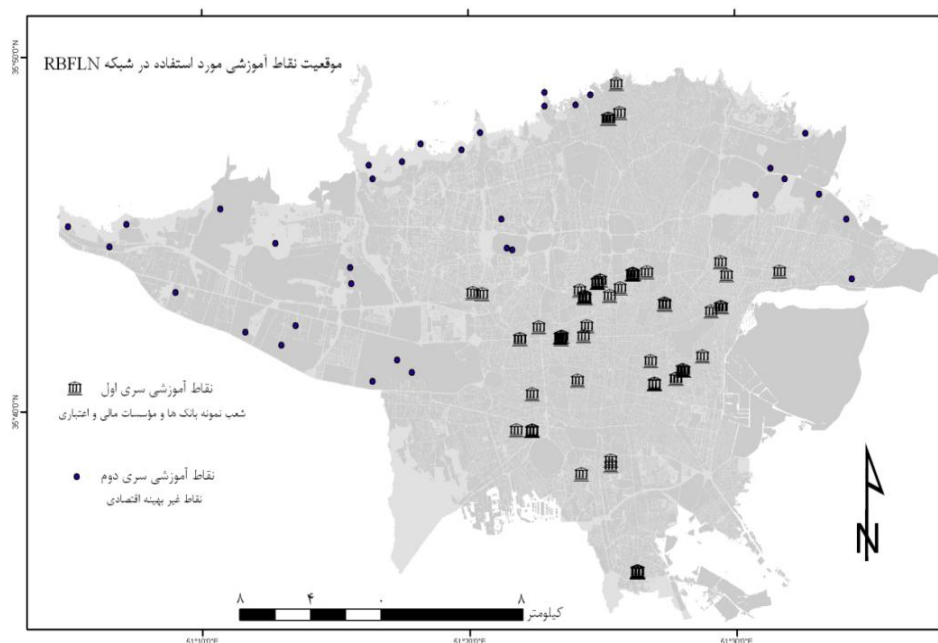
جدول ۲. طبقات کلاس‌بندی عوامل پهنه‌بندی ورودی در شبکه عصبی

۲ کلاس (شعاع تأثیرگذاری)						
$\leq 50m$						
۴ کلاس (شعاع تأثیرگذاری)						
$\geq 400m$		۱۰۰ m			$\leq 25m$	
۸ کلاس (شعاع تأثیرگذاری)						
۱۷ ۱۶ ۱۵ ۱۴ ۱۳ ۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۱۶ ۱۵ ۱۴ ۱۳ ۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۱۵ ۱۴ ۱۳ ۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۱۴ ۱۳ ۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۱۳ ۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱

شبکه RBFLN دو سری نقاط آموزشی نیاز دارد. سری اول، نقاطی که نشان‌دهنده حضور عوارض یا شرایط پیش‌بینی شده‌اند (در این تحقیق مناطق نمونه و ممتاز استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران به کار گرفته شد). برای دستیابی به این نقاط، از ابزار Repeating Shapes پلیگون‌هایی شش ضلعی^۱ منظم در نرم‌افزار ArcGIS برای تقسیم‌بندی فضای شهر تهران طراحی شد. و شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری، با توجه به موقعیت آن‌ها، در این واحدها تجمیع شدند. در پایان، در هر واحد با بالاترین تعداد شعب بانک‌ها، شعبه‌ای به عنوان شعبه نمونه وارد مدل شد.

1. Hexagon

سری دوم، نقاطی اند که نبود این عوارض را نشان می‌دهند (در این تحقیق نقاط غیربهینه‌ای که با به‌کارگیری فن تحلیل خوشه‌بندی خاکستری (GCA) حاصل شد، به‌کار گرفته شد). در این مطالعه، ۶۹ شعبه نمونه به عنوان نقاط سری اول، و ۳۴ نقطه غیربهینه برای نقاط سری دوم به‌کار گرفته شد (شکل ۴).



شکل ۴. موقعیت نقاط آموزشی به‌کار گرفته شده در شبکه RBFLN

برای دستیابی به داده‌های ورودی به شبکه RBFLN، تمام نقشه‌های نشانگر با یکدیگر تلفیق شد و شبکه‌ای را تشکیل دادند که در آن سلول‌هایی با شرایط یکسان، به عنوان یک واحد در نظر گرفته می‌شوند (بهنیا، ۱۳۸۵، ص ۷۵). مراحل کار RBFLN شامل سه مرحله یادگیری، آزمون و طبقه‌بندی است. شبکه، ابتدا به وسیله داده‌های شناخته شده که شامل بردارهای ورودی و بردارهای هدف است، یادگیری می‌شود و خطای کل مجموع مربع‌ها (SSE) ثبت می‌شود. سپس، بردارهای آزمون وارد شبکه می‌شوند و خطای SSE آزمون محاسبه می‌شود. در مرحله آزمون یک

دسته بردار شناخته شده طبقه بندی می شوند تا مشخص شود آیا یادگیری رضایت بخش بوده است یا خیر. این بردارها، بخشی از بردارهای شناخته شده اند که در مرحله یادگیری به کار گرفته شده اند و برای مرحله آزمون کنار گذاشته شده اند. دو مرحله یادگیری و آزمون تا جایی تکرار می شوند که بهترین یادگیری و رضایت بخش ترین نتیجه از آزمون به دست آید. در این مرحله، RBFLN با به کارگیری پارامترهای وزنی مربوط به یادگیری و آزمون، شروع به پردازش و طبقه بندی بردارهای مجهول می کند.

شبکه حاصل از تلفیق نقشه های دو و چند کلاسه (۴ و ۸ کلاسه) به ترتیب، ۱۲۱، ۴۹۲۹ و ۸۹۶۰۵ بردار (مناطق هم شرایط) دارد. از بین ۱۰۳ نقطه تعلیمی وارد شده به مدل، برای نقشه های ۲ کلاسه، ۲۸ نقطه (۲۶ شعبه نمونه و ۲ نقطه غیربینه)، و برای نقشه های ۴ و ۸ کلاسه ۵۶ (۴۲ شعبه نمونه و ۱۴ نقطه غیربینه) و ۹۹ (۶۵ شعبه نمونه و ۳۴ نقطه غیربینه) نقطه، به عنوان بردار هدف به کار گرفته شد. دلیل این امر این است که سری های آموزشی در RBFLN فقط می تواند یک مثال برای هر بردار (مناطق هم شرایط) داشته باشند و اگر بیش از یک نقطه در یک منطقه حضور داشته باشد، فقط یک نقطه حفظ شده و بقیه حذف می شوند. جدول نتایج RBFLN برای داده های ورودی حاصل از تلفیق مجموعه ای از نقشه های چند کلاسه و دو کلاسه را نشان می دهد. همان طور که مشخص است، با افزایش در تکرار عملیات، از میزان خطای SSE یادگیری کاسته شده است. با توجه به اینکه RBFLN، عضویت فازی از مکان های آموزشی برمی گرداند، محدوده مقادیر خروجی حاصل از طبقه بندی باید در دامنه ای از ۰ تا ۱ باشد. در حالی که این عضویت خارج از این محدوده باشد، شاهد یک طبقه بندی ضعیف هستیم. اگر این ارزش کمتر از ۱ باشد، قابل قبول است. ولی در حالتی که بیش از ۱ باشد، طبقه بندی بسیار ضعیف انجام گرفته است. آموزش غیر قابل قبول ممکن است به دلیل مجموعه تمرینی ضعیف یا به کارگیری پارامترهای آموزشی نامناسب رخ دهد. با توجه به جدول های ۳، ۴ و ۵ نتایج RBFLN، نقشه های دو کلاسه با دفعات تکرار ۸۰۰ بار مناسب ترین طبقه بندی با محدوده خروجی صفر تا یک ارائه داده است و در نقشه های چند کلاسه ورودی شاهد طبقه بندی ضعیفی هستیم.

جدول ۳. نتایج اعمال RBFLN بر روی نقشه‌های دوکلاسه (با ۲۸ گره مخفی و ۱۲۱ بردار (مناطق هم‌شرایط))

دفعات تکرار	Training Overall-Measures		Classification Overall-Measures		محدوده مقادیر خروجی
	میانگین مربعات خطا (MSE)	مجموع مربعات خطا (SSE)	میانگین مربعات خطا (MSE)	مجموع مربعات خطا (SSE)	
۱۰۰	۰٫۰۱۲۰	۰٫۳۳۶۴۵	۰٫۰۷۷۹	۹٫۴۲۸۰	۰٫۰۰۰۷ - ۱٫۱۱۳۳
۲۰۰	۰٫۰۰۷۴	۰٫۲۰۸۳۷	۰٫۰۳۶۹	۴٫۴۶۶۱	۰٫۰۳۰۶ - ۱٫۰۶۴۳
۳۰۰	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۲۲۷	۰٫۰۲۲۰	۲٫۶۶۶۷	۰٫۰۳۰۶ - ۱٫۰۱۵۵
۴۰۰	۰	۰٫۰۰۰۱۶	۰٫۰۲۱۲	۲٫۵۷۰۲	۰٫۰۰۱۰ - ۱٫۰۰۴۸
۸۰۰	۰	۰	۰٫۰۱۹۳	۲٫۳۳۰۷	۰ - ۱
۱۲۰۰	۰	۰	۰٫۰۱۹۳	۲٫۳۴۰۰	۰ - ۱

جدول ۴. نتایج اعمال RBFLN بر روی نقشه‌های چهارکلاسه (با ۵۶ گره مخفی و ۹۲۹ بردار (مناطق هم‌شرایط))

دفعات تکرار	Training Overall-Measures		Classification Overall-Measures		محدوده مقادیر خروجی
	میانگین مربعات خطا (MSE)	مجموع مربعات خطا (SSE)	میانگین مربعات خطا (MSE)	مجموع مربعات خطا (SSE)	
۱۰۰	۰٫۰۰۶۳	۰٫۳۵۲۰۱	۰٫۰۹۹۹	۴۹۲٫۶۱۰۶	۰٫۰۰۰۴ - ۱٫۱۶۰۳
۲۰۰	۰٫۰۰۵۷	۰٫۳۱۹۹۵	۰٫۰۹۶۲	۴۷۴٫۰۳۶۲	۰٫۰۰۰۵ - ۱٫۱۷۶۲
۳۰۰	۰٫۰۰۵۷	۰٫۳۱۷۹۱	۰٫۰۹۶۱	۴۷۳٫۷۱۹۸	۰٫۰۰۰۳ - ۱٫۱۸۱۹
۴۰۰	۰٫۰۰۵۶	۰٫۳۱۵۳۵	۰٫۰۹۶۳	۴۷۴٫۴۷۴۴	۰٫۰۰۱۳ - ۱٫۱۸۳۷
۸۰۰	۰٫۰۰۵۵	۰٫۳۰۸۱۶	۰٫۰۹۶۷	۴۷۶٫۷۵۲۴	۰٫۰۰۰۵ - ۱٫۱۸۹۰
۱۲۰۰	۰٫۰۰۵۴	۰٫۳۰۲۳۳	۰٫۰۹۷۱	۴۷۸٫۳۹۶۸	۰٫۰۰۰۸ - ۱٫۱۹۲۸

جدول ۵. نتایج اعمال RBFLN بر روی نقشه‌های هشتکلاسه (با ۹۹ گره مخفی و ۸۹۶۰۵ بردار (مناطق هم‌شرایط))

دفعات تکرار	Training Overall-Measures		Classification Overall-Measures		محدوده مقادیر خروجی
	میانگین مربعات خطا (MSE)	مجموع مربعات خطا (SSE)	میانگین مربعات خطا (MSE)	مجموع مربعات خطا (SSE)	
۱۰۰	۰٫۰۰۲۷	۰٫۲۶۲۷۵	۰٫۱۲۶۶	۱۱۳۴۱٫۸۸۴۶	۰ - ۱٫۰۸۶۵
۲۰۰	۰٫۰۰۰۹	۰٫۰۸۹۵۲	۰٫۱۲۰۴	۱۰۷۸۸٫۱۸۱۵	۰٫۰۰۰۵ - ۱٫۱۱۳۲
۳۰۰	۰٫۰۰۰۷	۰٫۰۷۳۰۱	۰٫۱۱۸۲	۱۰۵۸۷٫۶۲۲۳	۰٫۰۰۰۱ - ۱٫۱۴۴۷
۴۰۰	۰٫۰۰۰۶	۰٫۰۶۳۰۶	۰٫۱۱۴۸	۱۰۲۸۴٫۲۱۱۸	۰٫۰۰۰۱ - ۱٫۱۷۴۵
۸۰۰	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۴۷۵۴	۰٫۱۰۵۳	۹۴۳۴٫۹۳۴۳	۰ - ۱٫۲۴۸۱
۱۲۰۰	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۴۳۵۲	۰٫۱۰۰۵	۹۰۰۱٫۴۹۸۷	۰ - ۱٫۲۸۰۴

نتایج شبکه RBFLN دو کلاسه با دفعات تکرار ۸۰۰ بار، به عنوان مناسب‌ترین کلاس برای نقشه‌های نشانگر ورودی بر اساس شکست طبیعی (Natural Break) به دو کلاس تقسیم شد (شکل ۵). کلاس یک با توجه به شعاع تأثیرگذاری بیشتر، مطلوبترین کلاس جهت استقرار شعب جدید بانک است، و کلاس دو در درجه اهمیت پایین‌تر اقتصادی قرار دارد. جهت ارزیابی نتایج مدل، تراکم مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران برای هر دو کلاس محاسبه شد (جدول ۶). نتایج، طبقه یک را با بالاترین میزان تراکم مؤسسات مالی و اعتباری، در مقایسه با طبقه دو که تراکم کم‌تری دارد، نشان می‌دهد.



شکل ۵. نقشه نهایی مکان‌های بینه استقرار مراکز مالی و تجاری حاصل از نقشه‌های نشانگر دو کلاسه ورودی در شبکه RBFLN

جدول ۶. میزان تراکم مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران برای هر یک از کلاس‌ها

کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)	تعداد مؤسسات مالی و اعتباری و بانک‌ها	تراکم در کیلومتر
۱	۱۶,۸۵	۲۶۱۳	۱۵۵,۱۲
۲	۵۹۵,۷۹	۱۷۷۹	۲,۹۹

جدول ۷ وضعیت ۲۲ منطقه شهر تهران را در دو کلاس مورد نظر نشان می‌دهد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد مناطق ۶، ۱۲، ۳، ۷، ۲، ۱۱، ۴ و ۱، به ترتیب، بیشترین میزان نسبت کلاس یک به کل کلاس یک در شهر تهران را دارند.

جدول ۷. نتایج بررسی میزان تعلق ۲۲ منطقه شهر تهران در هر کلاس به درصد

نسبت کلاس ۱ به کل کلاس ۱ در شهر تهران		نسبت کلاس ۱ به کل کلاس ۱ در شهر تهران					
کلاس ۲	کلاس ۱	منطقه	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۱	منطقه	کلاس ۱
۸۹۰۳	۱۰۹۷	۱۲	۵۰۸	۹۷۰۲	۲۰۴۸	۱	۸۸۳
۹۵۷۶	۴۲۴	۱۳	۶۵۷	۹۷۷۷	۲۰۲۳	۲	۳۴۹
۹۶۳۴	۳۶۶	۱۴	۸۷۰	۹۵۰۱	۴۹۹	۳	۳۱۷
۹۸۱۹	۱۸۱	۱۵	۵۶۱	۹۸۷۰	۱۳۰	۴	۳۰۶
۹۷۱۶	۲۸۴	۱۶	۴۱۳	۹۸۸۲	۱۱۸	۵	۲۷۷
۹۴۶۶	۵۳۴	۱۷	۱۵۹۴	۸۷۴۸	۱۲۵۲	۶	۲۶۲
۹۹۳۴	۰۶۶	۱۸	۸۱۵	۹۱۰۶	۸۹۴	۷	۱۴۷
۹۸۶۹	۱۳۱	۱۹	۳۷۷	۹۵۲۰	۴۸۰	۸	۰۸۹
۹۷۷۱	۲۲۹	۲۰	۱۵۵	۹۸۶۷	۱۳۳	۹	۲۷۶
۹۹۶۹	۰۳۱	۲۱	۳۷۳	۹۲۲۱	۷۷۹	۱۰	۰۹۵
۹۹۸۶	۰۱۴	۲۲	۶۲۵	۹۱۱۳	۸۸۷	۱۱	۰۵۱

اولویت‌بندی (رتبه‌بندی) مکان‌های استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری

معمولاً به‌کارگیری مدل‌ها، وزن‌دهی و تلفیق داده‌ها با بررسی نقاط تعیین‌شده و مشاهدات میدانی این نقاط، برای تأمین اهداف کار تکمیل می‌شود. شناسایی پارامترهای کیفی نقاط تعیین‌شده به عنوان مکان‌های استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری و اولویت‌بندی آن‌ها در استقرار این مراکز می‌تواند مدیران و برنامه‌ریزان بانکی را یاری رساند و اهداف استقرار این مراکز را، که جذب مشتریان و کسب سود است، تأمین کند. در این مرحله، پارامترهایی که برای احداث و استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری از دیدگاه کارشناسان لحاظ می‌شود، تعیین و

برای هر کدام از نقاط تعیین شده بر اساس مشاهدات میدانی جمع آوری شد (جدول ۸). این پارامترها عبارت است از:

آیا رفت و آمد عمومی در محدوده مورد بررسی شایان توجه است؟ (C۱)

محدوده مورد نظر از لحاظ قرارگیری مراکز تجاری و خرید و فروش در چه وضعیتی قرار دارد؟ (C۲)

محدوده مورد نظر از لحاظ ترافیکی (قرارگیری در تقاطع اصلی، میداین اصلی، چهارراه و ویژگی معبر (یک طرفه و دو طرفه) چه ویژگی دارد؟ (C۳)

محدوده مورد نظر در دسترسی به تسهیلات عرضه کننده خدمات شهری چه ویژگی دارد؟ (C۴)

محدوده مورد نظر از لحاظ امنیتی چه ویژگی دارد؟ (C۵)

آیا در محدوده مورد نظر امکان پارک کردن وجود دارد، یا در نزدیکی آن پارکینگ عمومی وجود دارد؟ (C۶)

آیا در محدوده مورد بررسی بانک‌های دیگری نیز فعال‌اند؟ (C۷)

در ادامه، فن ORESTE برای رتبه‌بندی و اولویت‌بندی این نقاط به کار گرفته شد.

به منظور رتبه‌بندی با به‌کارگیری این روش، نخست، دو نوع ساختار رجحانی برای مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها ایجاد شد. به منظور ایجاد ساختار رجحانی برای شاخص‌ها نظرات کارشناسان و متخصصین در این زمینه به کار گرفته شد. به طور مشابه، برای مجموعه گزینه‌ها و بر اساس تمامی شاخص‌ها و با بهره‌گیری از داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری ساختار رجحانی ایجاد شد و با روش میانگین رتبه‌های بس‌سورن رتبه‌بندی اولیه مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها انجام گرفت (جدول ۹).

پس از رتبه‌بندی مجموعه شاخص‌ها و مجموعه گزینه‌ها بر اساس هر یک از شاخص‌ها، روش برآورد خطی مستقیم برای به‌دست‌آوردن برآورد فاصله‌ها به کار گرفته شد و نتایج با روش میانگین رتبه‌های بس‌سورن رتبه‌بندی شد تا رتبه‌های کلی $R(m_k)$ به دست آید. با به‌دست آمدن $R(m_k)$

برای تمام گزینه‌ها در همه شاخص‌ها، باید مرحله تجمیع انجام گیرد و $R(m)$ ، که مقدار آن معادل با مجموع $R(m_k)$ برای هر یک از گزینه‌ها است، محاسبه شود (جدول ۱۰).
جدول ۱۱ نتایج اولویت استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران را که از اجرای فن ORESTE به دست آمده است، نشان می‌دهد.

جدول ۸. ماتریس تصمیم‌گیری

منطقه	(C۱)	(C۲)	(C۳)	(C۴)	(C۵)	(C۶)	(C۷)
میدان تجریش	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان ونک	۹	۱۰	۱۰	۹	۸	۸	۱۰
فلکه دوم بخارایی	۶	۵	۷	۷	۷	۹	۷
میدان فاطمی و تقاطع خیابان فاطمی و خیابان ولیعصر	۹	۹	۹	۸	۹	۸	۱۰
میدان ولیعصر	۹	۱۰	۱۰	۸	۸	۹	۱۰
میدان توحید	۸	۸	۹	۹	۸	۹	۹
میدان انقلاب	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان جمهوری اسلامی	۸	۹	۸	۹	۸	۹	۷
میدان استاد معین	۷	۷	۷	۸	۷	۱۰	۷
میدان امام خمینی (ره)	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۹	۹	۹
میدان منیریه	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
میدان ۱۵ خرداد (تقاطع خیابان ۱۵ خرداد و خیابان خیام)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان شمشیری	۹	۹	۹	۷	۸	۹	۹
میدان مقدم	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۷
چهارراه ولیعصر (تقاطع خیابان انقلاب و خیابان ولیعصر)	۹	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۷	۱۰
تقاطع آیت‌الله مدنی و خیابان سیلان	۸	۸	۸	۷	۹	۸	۶
میدان خراسان	۹	۹	۹	۸	۸	۷	۸
میدان شهدا	۹	۹	۹	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان امام حسین (ع)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۸	۱۰
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان شیخ الرئیس	۸	۷	۷	۹	۸	۹	۸
میدان بروجردی	۸	۷	۷	۷	۸	۸	۷
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان نبرد و خیابان برادران افراسیابی	۹	۹	۸	۹	۸	۸	۹
تقاطع خیابان دماوند (تهران نو) و خیابان امامت و خیابان آیت	۸	۷	۷	۸	۸	۸	۶
تقاطع خیابان شهید داوود گلشن دوست و خیابان مسیل باختر و خیابان استاد حسن پناه	۴	۵	۵	۵	۷	۷	۵
میدان رسالت	۹	۸	۸	۹	۸	۸	۸
تقاطع خیابان رسالت و خیابان آیت	۸	۷	۸	۹	۸	۸	۷

جدول ۹. ماتریس P (رتبه‌بندی اولیه گزینه‌ها بر مبنای تک‌تک شاخص‌ها $r_k(m)$)

منطقه	(C۱)	(C۲)	(C۳)	(C۴)	(C۵)	(C۶)	(C۷)
میدان تجریش	۳	۴	۴	۴	۳	۱۶	۵
میدان ونک	۱۰	۴	۴	۱۱	۱۶	۱۶	۵
فلکه دوم بخارایی	۲۵	۲۵,۵	۲۲,۵	۲۳	۲۴,۵	۵	۲۰,۵
میدان فاطمی و تقاطع خیابان فاطمی و خیابان ولیعصر	۱۰	۱۰,۵	۱۰,۵	۱۷,۵	۷,۵	۱۶	۵
میدان ولیعصر	۱۰	۴	۴	۱۷,۵	۱۶	۵	۵
میدان توحید	۱۸,۵	۱۶	۱۰,۵	۱۱	۱۶	۵	۱۱,۵
میدان انقلاب	۳	۴	۴	۴	۳	۱۶	۵
میدان جمهوری اسلامی	۱۸,۵	۱۰,۵	۱۶,۵	۱۱	۱۶	۵	۲۰,۵
میدان استاد معین	۲۳,۵	۲۱,۵	۲۲,۵	۱۷,۵	۲۴,۵	۱	۲۰,۵
میدان امام خمینی (ره)	۳	۱۶	۴	۴	۷,۵	۵	۱۱,۵
میدان منبریه	۱۸,۵	۱۶	۱۶,۵	۱۷,۵	۱۶	۱۶	۱۱,۵
میدان ۱۵ خرداد (تقاطع خیابان ۱۵ خرداد و خیابان خیام)	۳	۴	۴	۴	۳	۱۶	۵
میدان ششمیری	۱۰	۱۰,۵	۱۰,۵	۲۳	۱۶	۵	۱۱,۵
میدان مقدم	۲۳,۵	۲۱,۵	۲۲,۵	۲۳	۲۴,۵	۱۶	۲۰,۵
چهارراه ولیعصر (تقاطع خیابان انقلاب و خیابان ولیعصر)	۱۰	۴	۱۰,۵	۴	۳	۲۵	۵
تقاطع آیت‌الله مدنی و خیابان سبلان	۱۸,۵	۱۶	۱۶,۵	۲۳	۷,۵	۱۶	۲۴,۵
میدان خراسان	۱۰	۱۰,۵	۱۰,۵	۱۷,۵	۱۶	۲۵	۱۵,۵
میدان شهدا	۱۰	۱۰,۵	۱۰,۵	۴	۳	۱۶	۵
میدان امام حسین (ع)	۳	۴	۴	۴	۷,۵	۱۶	۵
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان شیخ الرئسی	۱۸,۵	۲۱,۵	۲۲,۵	۱۱	۱۶	۵	۱۵,۵
میدان بروجردی	۱۸,۵	۲۱,۵	۲۲,۵	۲۳	۱۶	۱۶	۲۰,۵
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان نبرد و خیابان برادران افراسیابی	۱۰	۱۰,۵	۱۶,۵	۱۱	۱۶	۱۶	۱۱,۵
تقاطع خیابان دماوند (تهران نو) و خیابان امامت و خیابان آیت	۱۸,۵	۲۱,۵	۲۲,۵	۱۷,۵	۱۶	۱۶	۲۴,۵
تقاطع خیابان شهید داوود گلشن دوست و خیابان مسیل باختر و خیابان استاد حسن پناه	۲۶	۲۵,۵	۲۶	۲۶	۲۴,۵	۲۵	۲۶
میدان رسالت	۱۰	۱۶	۱۶,۵	۱۱	۱۶	۱۶	۱۵,۵
تقاطع خیابان رسالت و خیابان آیت	۱۸,۵	۲۱,۵	۱۶,۵	۱۱	۱۶	۱۶	۲۰,۵

جدول ۱۰. ماتریس R (رتبه‌بندی کلی فواصل $R(m_k)$ با روش میانگین رتبه‌های بس‌سورن و نتایج $R(m)$ برای تمام گزینه‌ها)

منطقه	(C۱)	(C۲)	(C۳)	(C۴)	(C۵)	(C۶)	(C۷)	sum
میدان تجریش	۳	۹	۱۶	۲۳	۲۹	۱۱۴	۴۴	۲۳۸
میدان ونک	۵۷	۹	۱۶	۷۷	۱۰۰	۱۱۴	۴۴	۴۱۷
فلکه دوم بخارایی	۱۷۳	۱۷۷,۵	۱۵۶,۵	۱۶۲	۱۶۸,۵	۳۶	۱۴۴,۵	۱۰۱۸
میدان فاطمی و تقاطع خیابان فاطمی و خیابان ولیعصر	۵۷	۶۴,۵	۷۰,۵	۱۳۰,۵	۵۰,۵	۱۱۴	۴۴	۵۳۱
میدان ولیعصر	۵۷	۹	۱۶	۱۳۰,۵	۱۰۰	۳۶	۴۴	۳۹۲,۵
میدان توحید	۱۳۷,۵	۹۱	۷۰,۵	۷۷	۱۰۰	۳۶	۸۲,۵	۵۹۴,۵
میدان انقلاب	۳	۹	۱۶	۲۳	۲۹	۱۱۴	۴۴	۲۳۸
میدان جمهوری اسلامی	۱۳۷,۵	۶۴,۵	۱۲۴,۵	۷۷	۱۰۰	۳۶	۱۴۴,۵	۶۸۴
میدان استاد معین	۱۶۵,۵	۱۵۰,۵	۱۵۶,۵	۱۳۰,۵	۱۶۸,۵	۳۲	۱۴۴,۵	۹۴۸
میدان امام خمینی (ره)	۳	۹۱	۱۶	۲۳	۵۰,۵	۳۶	۸۲,۵	۳۰۲
میدان منیریه	۱۳۷,۵	۹۱	۱۲۴,۵	۱۳۰,۵	۱۰۰	۱۱۴	۸۶,۵	۷۸۴
میدان ۱۵ خرداد (تقاطع خیابان ۱۵ خرداد و خیابان خیام)	۳	۹	۱۶	۲۳	۲۹	۱۱۴	۴۴	۲۳۸
میدان شمشیری	۵۷	۶۴,۵	۷۰,۵	۱۶۲	۱۰۰	۳۶	۸۲,۵	۵۷۲,۵
میدان مقدم	۱۶۵,۵	۱۵۰,۵	۱۵۶,۵	۱۶۲	۱۶۸,۵	۱۱۴	۱۴۴,۵	۱۰۱۸
چهارراه ولیعصر (تقاطع خیابان انقلاب و خیابان ولیعصر)	۵۷	۹	۷۰,۵	۲۳	۲۹	۱۷۵	۴۴	۴۰۷,۵
تقاطع آیت‌الله مدنی و خیابان سیلان	۱۳۷,۵	۹۱	۱۲۴,۵	۱۶۲	۵۰,۵	۱۱۴	۱۷۱,۵	۸۵۱
میدان خراسان	۵۷	۶۴,۵	۷۰,۵	۱۳۰,۵	۱۰۰	۱۷۵	۸۶,۵	۶۸۴
میدان شهدا	۵۷	۶۴,۵	۷۰,۵	۲۳	۲۹	۱۱۴	۴۴	۴۰۲
میدان امام حسین (ع)	۳	۹	۱۶	۲۳	۵۰,۵	۱۱۴	۴۴	۲۵۹,۵
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان شیخ الرئیس	۱۳۷,۵	۱۵۰,۵	۱۵۶,۵	۷۷	۱۰۰	۳۶	۸۶,۵	۷۴۴
میدان بروجردی	۱۳۷,۵	۱۵۰,۵	۱۵۶,۵	۱۶۲	۱۰۰	۱۱۴	۱۴۴,۵	۹۶۵
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان نبرد و خیابان برادران افراسیابی	۵۷	۶۴,۵	۱۲۴,۵	۷۷	۱۰۰	۱۱۴	۸۲,۵	۶۱۹,۵
تقاطع خیابان دماوند (تهران نو) و خیابان امامت و خیابان آیت	۱۳۷,۵	۱۵۰,۵	۱۵۶,۵	۱۳۰,۵	۱۰۰	۱۱۴	۱۷۱,۵	۹۶۰,۵
تقاطع خیابان شهید داوود گلشن دوست و میدان رسالت	۱۷۹	۱۷۷,۵	۱۸۰	۱۸۱	۱۶۸,۵	۱۷۵	۱۸۲	۱۲۴۳
میدان رسالت	۵۷	۹۱	۱۲۴,۵	۷۷	۱۰۰	۱۱۴	۸۶,۵	۶۵۰
تقاطع خیابان رسالت و خیابان آیت	۱۳۷,۵	۱۵۰,۵	۱۲۴,۵	۷۷	۱۰۰	۱۱۴	۱۴۴,۵	۸۴۸

جدول ۱۱. نتایج اولویت استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران حاصل از ترکیب فنون ORESTE

رتبه	مکان استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری	sum	رتبه	مکان استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری	sum
۱	میدان تجریش	۲۳۸	۱۲	میدان رسالت	۶۵۰
۱	میدان انقلاب	۲۳۸	۱۳	میدان جمهوری اسلامی	۶۸۴
۱	میدان ۱۵ خرداد (تقاطع خیابان ۱۵ خرداد و خیابان خیام)	۲۳۸	۱۳	میدان خراسان	۶۸۴
۲	میدان امام حسین (ع)	۲۵۹,۵	۱۴	تقاطع خیابان پیروزی و خیابان شیخ‌الرئسی	۷۴۴
۳	میدان امام خمینی (ره)	۳۰۲	۱۵	میدان منیریه	۷۸۴
۴	میدان ولیعصر	۳۹۲,۵	۱۶	تقاطع خیابان رسالت و خیابان آیت	۸۴۸
۵	میدان شهدا	۴۰۲	۱۷	تقاطع آیت‌الله مدنی و خیابان سیلان	۸۵۱
۶	چهارراه ولیعصر (تقاطع خیابان انقلاب و خیابان ولیعصر)	۴۰۷,۵	۱۸	میدان استاد معین	۹۴۸
۷	میدان ونک	۴۱۷	۱۹	تقاطع خیابان دماوند (تهران نو) و خیابان امامت و خیابان آیت	۹۶۰,۵
۸	میدان فاطمی و تقاطع خیابان فاطمی و خیابان ولیعصر	۵۳۱	۲۰	میدان بروجردی	۹۶۵
۹	میدان ششمیری	۵۷۲,۵	۲۱	فلکه دوم بخارایی	۱۰۱۸
۱۰	میدان توحید	۵۹۴,۵	۲۲	میدان مقدم	۱۰۶۱,۵
۱۱	تقاطع خیابان پیروزی و خیابان نبرد و خیابان برادران افراسیابی	۶۱۹,۵	۲۳	تقاطع خیابان شهید داوود گلشن‌دوست و خیابان مسیل باختر و خیابان استاد حسن پناه	۱۲۴۳

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد شبکه عصبی RBFLN می‌تواند در شناسایی مکان‌های بهینه مراکز مالی و تجاری به‌کار گرفته شود و دستیابی به نتایج مناسب مستلزم رعایت نکاتی است. نکته بسیار مهمی که در نتایج کار تأثیرگذار است، عامل تعداد بردارهای ورودی (مناطق هم‌شرایط) در خطای طبقه‌بندی است. به طوری که تعداد این بردارهای ورودی به گونه‌ای باید تعیین شوند که نه افزایش آن‌ها باعث افزایش خطای طبقه‌بندی شود، و نه کاهش آن‌ها به یک طبقه‌بندی ضعیف منجر شود. نکته بسیار مهم دیگر، توجه به پراکندگی خوب نقاط آموزشی در

سطح منطقه و فراوانی هر دو دسته از نقاط آموزشی نسبت به هم است، و در کنار توجه به مدل‌های به‌کارگرفته شده و نیازمندی‌های آن‌ها در شناسایی مکان‌های بهینه، توجه موضوع شناسایی مکان‌های بهینه مراکز مالی و تجاری اهمیت دارد.

رشد مراکز مالی و تجاری در سال‌های اخیر، رقابت میان آن‌ها و جلب رضایت مشتریان، به‌کارگیری روش‌های نوین علمی را در برپا عرضه خدمات ضروری کرده است. سامانه اطلاعات جغرافیایی با دخالت دادن عوامل مؤثر مکانی نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌ها دارد و به کمک آن، انتخاب مکان‌های بالقوه و مستعد فعالیت‌های اقتصادی و تجاری، به‌ویژه بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری امکان‌پذیر می‌شود. نتایج تحقیق در قالب کلاس‌های اقتصادی، مدیران و برنامه‌ریزان بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری را در تحلیل منطقه برای شناسایی مکان‌های مستعد اقتصادی، احداث و استقرار مراکز مالی و تجاری، به‌ویژه شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری، همچنین، در شناسایی وضعیت فعلی آن‌ها در برابر سایر رقبا جهت برنامه‌ریزی‌های فعلی و آتی یاری می‌کند و بینشی وسیع را پیش روی مدیران و برنامه‌ریزان این مراکز قرار می‌دهد.

منابع و مأخذ

۱. انعامی، ندا (۱۳۸۹). کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از شبکه‌های عصبی SOM. دانشگاه پیام‌نور مرکز تهران، دانشکده فنی و مهندسی، گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات.
۲. بهنیا، پوران (۱۳۸۵). «کاربرد شبکه‌های عصبی در تهیه نقشه پتانسیل معدنی: مطالعه موردی کانی‌زایی پروتروزوییک در منطقه ساغند - چادر ملو، ایران مرکزی». فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۶۰، صفحات ۷۹-۷۲.
۳. راکعی، بابک؛ خامه‌چیان، ماشاله؛ عبدالملکی، پرویز؛ گیاهی، پانته‌آ (۱۳۸۶). کاربرد سیستم شبکه عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، مطالعه موردی: ناحیه سفیدارگله در استان سمنان. مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۱، صفحات ۶۴-۵۷.
۴. عشورنژاد، غدیر؛ فرجی سبکبار، حسنعلی؛ علوی پناه، سیدکازم؛ نامی، محمدحسن (۱۳۹۰). «مکانیابی شعب جدید بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP)». پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، شماره ۷، صفحات ۲۰-۱.
۵. علوی پناه، سیدکازم؛ متین‌فر، حمیدرضا؛ رفیعی امام، عمار (۱۳۸۷). کاربرد فناوری اطلاعات در علوم زمین (خاک‌شناسی رقومی)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
۶. فرجی سبکبار، حسنعلی؛ عشورنژاد، غدیر؛ رحیمی، سعید؛ فرهادی‌پور، احمد (۱۳۹۱). «ارزیابی ظرفیت تعداد دستگاه‌های خودپرداز در شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری با استفاده از (ANP) و (GCA)؛ مطالعه موردی: حد واسط میدان انقلاب تا میدان فردوسی خیابان انقلاب تهران». مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، شماره ۱۴، ۴۲-۲۳.
۷. فروتن، متین؛ منصوریان، علی؛ زارعی‌نژاد، مژگان؛ صاحبی، محمدرضا (۱۳۹۰). «مقایسه کارایی شبکه‌های عصبی MLP، RBF، PNN و GRNN در مطالعات اکتشافی ذخایر مس پورفیری به منظور تعیین نقاط حفاری در GIS». فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۸۱، صفحات ۲۲-۱۵.

۸. فوکردی، رحیم (۱۳۸۴). طراحی الگویی جهت تعیین نظام استقرار تسهیلات ارائه‌دهنده خدمات در مناطق شهری (مطالعه موردی: جایابی ماشین‌های خودپرداز بانک کشاورزی در منطقه ۱۰ شهرداری تهران، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده حسابداری و مدیریت.
۹. قربانی، مسعود (۱۳۸۸). طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم حامی تصمیم مکانی (SDSS) مطالعه موردی: تعیین شعب بهینه بانکی. دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه‌برداری.
۱۰. قربانی، مسعود؛ صمدزادگان، فرهاد؛ رجبی، محمدعلی (۱۳۸۸). سیستم اطلاعات مکانی و صنعت بانکداری. ششمین همایش و نمایشگاه سامانه اطلاعات مکانی، سازمان نقشه‌برداری کشور.
۱۱. کامیاب، حمیدرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ حسینی، سیدمحسن؛ غلامعلی‌فرد، مهدی (۱۳۹۰). کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر گرگان). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۶، صفحات ۹۹-۱۱۳.
۱۲. گلی، علی؛ الفت، لعلیا؛ فوکردی، رحیم (۱۳۸۹). «مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مطالعه موردی: شعب بانک کشاورزی منطقه ۱۰ شهرداری تهران». جغرافیا و توسعه، شماره ۱۸، صفحات ۹۳-۱۰۸.
۱۳. محامدپور مریم؛ اصغری‌زاده، عزت‌الله (۱۳۸۷). «رتبه‌بندی پژوهشکده‌های یک مرکز تحقیقاتی از طریق روش تصمیم‌گیری چندشاخه ORESTE». پژوهش‌های مدیریت، شماره ۱، صفحات ۲۳۳-۲۱۷.
۱۴. موسوی، میرنجف؛ زنگی‌آبادی، علی؛ تقوایی، مسعود؛ وارثی، حمیدرضا؛ زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۹). «تحلیل ساختار فضایی شهرهای مرزی استان آذربایجان غربی با استفاده از تحلیل‌های آماری چندمتغیره و شبکه‌های عصبی». پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۱، صفحات ۱۰۷-۱۲۱.
۱۵. هاشمی، مهدی؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر (۱۳۹۰). «پیش‌بینی کاربری اراضی با استفاده از GIS و شبکه عصبی در محله کارون جنوبی تهران». علوم و فنون نقشه‌برداری، دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۷۹-۸۹.

16. Corsini, A.; Cervi, F.; Ronchetti, F. (2009). "Weight of evidence and artificial neural networks for potential groundwater spring mapping: an application to the Mt. Modino area (Northern Apennines, Italy)". *Geomorphology*, 111, Issues 1-2, 79-87.
17. Looney, Carl G. (2002). "Radial basis functional link nets and fuzzy reasoning", *Neurocomputing*, 48, Issue 1-4, 489-509.
18. Pastijn, H; Leysen. J (1989). "Construction an outranking relation with ORESTE". *Mathematical Computing Modeling*, 12 (10/11), 1255-1268.
19. Roubens. M (1982). "Preference relations on actions and criteria in multicriteria decision making". *European Journal of Operations Research*, 10, 51-55.