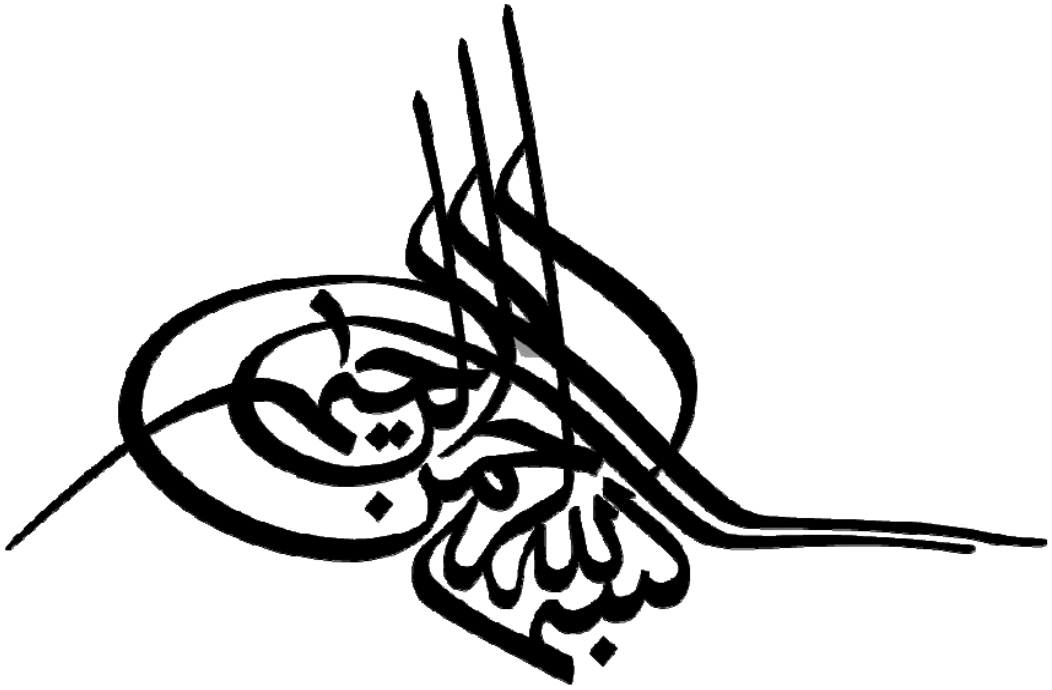


دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات
گروه هوش مصنوعی

انتخاب مکان بهینه برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی

جواد پوردیلمی

استاد راهنما:
دکتر علی‌اکبر پویان

اساتید مشاور:
مهندس خلیل راحتی
مهندس حسین شیخ‌انصاری

پایان‌نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی‌ارشد

بهمن ۱۳۹۲

دانشگاه شاهرود

دانشکده: مهندسی کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات

گروه: هوش مصنوعی

پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای جواد پوردیلمی

تحت عنوان: انتخاب مکان بهینه برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی‌ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام‌خانوادگی: دکتر علی‌اکبر پویان		نام و نام‌خانوادگی: مهندس خلیل راحتی	
		نام و نام‌خانوادگی: مهندس حسین شیخ‌انصاری	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام‌خانوادگی: دکتر مرتضی زاهدی		نام و نام‌خانوادگی: مهندس فرهادی	
نام و نام‌خانوادگی: دکتر هادی گرایلو			

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر عزیزم که همواره پشتیبان

من بوده و زندگی خود را فدای پیشرفت من نموده‌اند

و

تقدیم به برادرم که همواره دوستش دارم.

خدایا، به من زیستنی عطا کن که در لحظه مرگ بر بی‌ثمری لحظه‌ای که برای زیستن گذشته است، حسرت نخورم و مردنی عطا کن که بر بیهودگی‌اش سوگوار نباشم. عمر ما آنقدر طولانی نیست که مسیر زندگی را یک بار برای کسب تجربه بپیماییم و بار دیگر برای به کار بردن تجربه‌ها. در زندگی یا باید دل به دریا زده و با هراس قدم در جاده زندگی بگذاری-مسیری که در طول آن نه راهنمایی حضور دارد نه چراغی-و یا ابتدا خود را به چراغ روشن آگاهی مجهز نمایی و سپس با ایمان و اطمینان پا در راه بگذاری.

بر خود بایسته می‌دانم از زحمات بی‌دریغ استاد ارجمند جناب آقای دکتر پویان به خاطر تمام کمک‌های سودمندشان، که دلسوزانه کمال بردباری و مدارا را در حق اینجانب روا داشتند، با تمام وجود تشکر و قدردان نمایم. بی شک، صبر و خونسردی ایشان تاثیر زیادی بر رفتار بنده خواهد داشت و مطمئنا انجام این پروژه با راهنمایی ایشان، تجربه مهمی در زندگی علمی بنده خواهد بود. همچنین از اساتید مشاور جناب آقای مهندس راحتی و جناب آقای مهندس شیخ‌انصاری که در مراحل مختلف تحقیق اینجانب را یاری نموده‌اند کمال تشکر را دارم.

علاوه بر این، بر خود واجب می‌دانم از تمام اساتید محترم به ویژه جناب آقای دکتر زاهدی و جناب آقای دکتر حسن‌پور که طی این دوره یاری‌گر اینجانب بوده‌اند تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر گرایلو که متحمل زحمت شدند و داوری دفاعیه اینجانب را قبول نمودند کمال تشکر را دارم. در انتها از تمام اعضای خانواده عزیزم و تمامی دوستان که در کلیه مراحل زندگی پشتیبان من بوده‌اند و همدلی‌هایشان امیدبخش انجام این رساله بود، با تمام خضوع قدردانی می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب جواد پوردیلمی دانشجوی دوره کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی کامپیوتر-گرایش هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه "انتخاب مکان بهینه برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی" تحت راهنمائی دکتر علی‌اکبر پویان متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « University of Shahrood » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

مکان‌یابی یکی از عوامل مهم در رشد و توسعه فعالیت بنگاه‌های اقتصادی به حساب می‌آید. لذا علوم تصمیم‌گیری مکان، به دنبال ارائه روش‌هایی دقیق و جامع برای تعیین مکان‌های بهینه جهت فعالیت بنگاه‌ها هستند. بارزترین نمود تحولات خدمات بانکی بر مبنای فن‌آوری‌های نوین، استفاده از دستگاه‌های خودپرداز است. انتخاب محل استقرار نامناسب و چیدمان نادرست این دستگاه‌ها، می‌تواند در عدم موفقیت و کاهش کارآیی آن‌ها تاثیرگذار باشد. بدین منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد با توجه به معیارهای موثر در زمینه جایابی دستگاه‌های خودپرداز، می‌تواند مدیران و برنامه‌ریزان بانک‌ها و موسسات مالی و اعتباری را در جهت انتخاب مکان بهینه برای استقرار این دستگاه‌ها یاری نماید.

آنچه که قبل از تعیین روند و بکارگیری ابزارها جهت بررسی مساله مکان‌یابی اهمیت پیدا می‌کند، تعیین معیارهای تاثیرگذار در انتخاب مکان است. بنابراین، در گام اول از این پژوهش با استفاده از پیمایش کتابخانه‌ای و میدانی، تمام معیارهای دخیل در فرآیند تصمیم‌گیری جهت استقرار دستگاه‌های خودپرداز شناسایی می‌شود. به منظور به دست آوردن معیارهای اصلی و پالایش آن‌ها، دانش کارشناسان در این زمینه از طریق تکمیل پرسشنامه به کمک پژوهش می‌آید. سپس لایه‌های مکانی مربوط به هر کدام از معیارها با استفاده از نرم‌افزار ArcGis تهیه می‌شود.

رویکردی که پژوهش حاضر در قبال مساله مکان‌یابی تسهیلات به ویژه دستگاه‌های خودپرداز اتخاذ نموده است، براساس کلاس‌بندی مبتنی بر قانون می‌باشد. با در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در جریان تصمیم-گیری، قوانین حاکم از نوع فازی می‌باشند. پیشبرد این فرآیند در پژوهش حاضر با استفاده از الگوریتمی کارآ جهت استنباط قوانین مجرب از بین مجموعه آموزش و سپس بکارگیری آن‌ها در یک سیستم استنتاج فازی انجام می‌پذیرد. بدین منظور از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان به عنوان یکی از روش‌های بهینه‌سازی مطرح جهت استخراج قوانین استفاده می‌نماییم. در مرحله بعد و برای کلاس‌بندی نهایی، یک سیستم استنتاج فازی طراحی و بکار گرفته می‌شود. نتایج حاصل از کلاس‌بندی روش پیشنهادی با نتایج حاصل از الگوریتم درخت تصمیم C4.5 که یکی از شناخته شده‌ترین روش‌های اکتشاف قوانین کلاس‌بندی می‌باشد،

ارزیابی گردیده است. این مقایسه نشان‌دهنده برتری روش ارائه شده نسبت به روش C4.5 از لحاظ دقت کلاس‌بندی و تعیین مکان‌های مطلوب می‌باشد. چراکه توانسته است با دقت حدودا ۹۶ درصد نسبت به روش C4.5 که دارای دقت حدودا ۹۰ درصد است کلاس‌بندی را انجام دهد. به منظور صحت‌سنجی روش پیشنهادی، علاوه بر داده‌های واقعی از داده‌های فرضی نیز استفاده شده است. نکته قابل توجه در مورد این رساله که یک پژوهش کاربردی به حساب می‌آید، پرداختن به موضوع مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز با رویکرد الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی است که برای نخستین بار در داخل کشور انجام می‌شود. لذا هدف بلند مدت این پژوهش پیاده‌سازی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری هوشمند برای تعیین مکان بهینه جهت استقرار دستگاه‌های خودپرداز/شعب بانک می‌باشد.

کلمات کلیدی:

تصمیم‌گیری، مکان‌یابی، دستگاه خودپرداز، اکتشاف قوانین کلاس‌بندی، الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان، سیستم استنتاج فازی

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه

Javad Pourdeilami and Ali A. Pouyan, “Spatial Site Selection of ATMs Using Neural Networks and GIS”, International Journal of Scientific and Engineering Research (IJSER), 2014.

فهرست مطالب

۱- مقدمه و کلیات ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- طرح مساله ۴

۱-۳- هدف و نحوه رویکرد پژوهش ۶

۱-۴- ساختار رساله ۸

۲- ادبیات موضوع و بررسی پژوهش‌های مرتبط ۹

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- نظریه‌های اصلی مکان‌یابی ۱۰

۲-۳- مدل‌های مکان‌یابی ۱۱

۲-۴- مروری بر مطالعات مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز / شعب بانک ۱۸

۲-۵- علل نیاز به رویکرد نوین ۲۹

۳- تشریح روش پیشنهادی ۳۱

۳-۱- مقدمه ۳۲

۳-۲- رویکرد روش پیشنهادی ۳۲

۳-۳- استخراج معیارهای تاثیرگذار ۳۵

۳-۴- آماده‌سازی لایه‌های اطلاعات مکانی ۳۶

۳-۵- ایجاد مجموعه آموزش ۳۷

۳-۵-۱- ساختار قوانین ۳۸

۳-۵-۲- روش ایجاد مجموعه آموزش ۴۰

۳-۶- اعمال بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای کشف قوانین کلاس‌بندی ۴۱
۳-۶-۱- ساختار داده برای اکتشاف قانون ۴۲
۳-۶-۲- تشریح الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای اکتشاف قوانین ۴۴
۳-۶-۲-۱- تولید قانون ۴۶
۳-۶-۲-۲- هرس قانون ۴۸
۳-۶-۲-۳- به‌روزرسانی فرومون ۴۸
۳-۷- کلاس‌بندی و نمایش لایه خروجی ۵۰
۴- آزمایشات و نتایج تجربی ۵۳
۴-۱- مقدمه ۵۴
۴-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه ۵۴
۴-۳- اعمال محدوده‌بندی در لایه‌ها ۵۶
۴-۴- ایجاد مجموعه آموزش برای منطقه مورد مطالعه و تنظیم پارامترها ۵۹
۴-۵- اکتشاف قوانین و کلاس‌بندی ۶۰
۴-۶- تحلیل لایه نتیجه ۶۱
۴-۷- بررسی صحت مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترها ۶۲
۴-۸- مقایسه با الگوریتم C4.5 ..... ۶۲
۴-۹- اعمال روش پیشنهادی بر روی نمونه فرضی ۶۴
۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۶۷
۵-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۶۸
۵-۲- پیشنهادات برای ادامه تحقیق ۷۰
۶- مراجع ۷۱

فهرست جداول

جدول ۲-۱: نظریه‌های مهم مکان‌یابی به ترتیب تقدم زمانی ۱۱

جدول ۲-۲: انواع مدل‌های ریاضی مکان‌یابی ۱۶

جدول ۲-۳: معیارها و عوامل موثر بر مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز براساس تحقیقات پیشین ۲۰

جدول ۲-۴: پارامترهای در نظر گرفته شده برای دستگاه خودپرداز در ۲۸

جدول ۲-۵: پارامترهای در نظر گرفته شده برای مکان ۲۸

جدول ۲-۶: پارامترهای تشکیل‌دهنده بخش درآمد از تابع نرخ برگشت سرمایه ۲۹

جدول ۲-۷: پارامترهای تشکیل‌دهنده بخش هزینه از تابع نرخ برگشت سرمایه ۲۹

جدول ۳-۱: فهرست معیارهای تاثیرگذار در جایابی دستگاه‌های خودپرداز و لایه‌های جغرافیایی مورد استفاده ۳۵

جدول ۴-۱: آمار نفوس و تسهیلات شهری منطقه ۲۲ تهران به تفکیک محله ۵۵

جدول ۴-۲: نمونه‌هایی از موارد آموزشی ۵۹

جدول ۴-۳: مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان ۶۰

جدول ۴-۴: قوانین استخراج شده ۶۰

جدول ۴-۵: دقت کلاسبندی روش پیشنهادی نسبت به تغییر پارامترها ۶۲

جدول ۴-۶: درصد تشخیص و تعداد قوانین استخراج شده توسط روش پیشنهادی و روش C4.5 ..... ۶۳

فهرست شکل ها

شکل ۲-۱: الگوریتم چهار مرحله‌ای پیشنهاد شده توسط شرکت Kearney ۲۶
شکل ۳-۱: معماری روش پیشنهادی ۳۴
شکل ۳-۲: شعاع تاثیرگذاری دستگاه خودپرداز در یک محدوده فرضی ۳۷
شکل ۳-۳: تابع عضویت لایه‌های موجود در گروه مراکز مالی ۳۹
شکل ۳-۴: تابع عضویت لایه‌های موجود در گروه تسهیلات و خدمات و لایه‌های گروه عبورومرور ۳۹
شکل ۳-۵: ساختار داده برای اکتشاف قوانین کلاس‌بندی ۴۲
شکل ۳-۶: نمودار جریان فرآیند الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای اکتشاف قوانین ۴۵
شکل ۳-۷: تابع عضویت خروجی سیستم استنتاج فازی ۵۱
شکل ۴-۱: نقشه منطقه ۲۲ تهران ۵۵
شکل ۴-۲: نمایش تمام لایه‌های منطقه مورد مطالعه ۵۶
شکل ۴-۳: اعمال فاصله اقلیدسی برای معیارهای گروه عبورومرور ۵۷
شکل ۴-۴: اعمال فاصله اقلیدسی برای معیارهای گروه مراکز مالی ۵۷
شکل ۴-۵: اعمال فاصله اقلیدسی برای معیارهای گروه تسهیلات و خدمات ۵۸
شکل ۴-۶: لایه نهایی تولید شده توسط روش پیشنهادی برای منطقه ۲۲ تهران ۶۱
شکل ۴-۷: لایه نهایی تولید شده توسط روش C4.5 ..... ۶۳
شکل ۴-۸: نمونه فرضی ایجاد شده ۶۴
شکل ۴-۹: لایه نهایی تولید شده توسط روش پیشنهادی برای نمونه فرضی ۶۵

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- پیشگفتار

فرآیند تصمیم‌گیری تلاشی است جهت ایجاد چارچوبی مناسب که طی آن تصمیم‌گیرنده بتواند برای رسیدن به راه‌حل بهینه اقدام نماید. در فرآیند تصمیم‌گیری پس از تبیین اهداف کلی، بیان مقاصد (اهداف عملیاتی)، برنامه‌ریزی و تهیه گزینه‌های مختلف برای رسیدن به اهداف تعیین شده، فرآیند ارزیابی صورت می‌پذیرد تا بر اساس سنجش شایستگی هر یک از گزینه‌ها نسبت به معیارهای مورد نظر، گزینه مطلوب یا بهینه انتخاب شود.

تصمیم‌گیری مکانی از جمله مواردی است که اغلب افراد در زمینه‌های شخصی یا حرفه‌ای به آن می‌پردازند. انتخاب مسیر برای یک سفر درون شهری، انتخاب مکان برای تاسیس شعبه بانک و یا انتخاب اراضی جهت کشاورزی نمونه‌هایی از تصمیم‌گیری مکانی به شمار می‌آیند. انتخاب گزینه مناسب معمولا نیازمند برقراری موازنه[1] بین فرضیات مختلفی است که در تصمیم‌گیری دخیل هستند. به عنوان مثال، انتخاب مسیر می‌تواند موازنه‌ای بین مسافت، زمان، کیفیت مسیر، وضعیت جوی و چشم‌انداز باشد. افراد مختلف ممکن است در مواجهه با یک مساله خاص، ارزش‌ها و مقاصد مختلفی را در نظر بگیرند و به نتایج مختلفی دست پیدا کنند. با افزایش پیچیدگی و اهمیت تصمیم‌گیری‌ها، احتیاج به فرموله‌کردن آن‌ها با استفاده از اطلاعات موجود و مستندسازی اصول و مبنای کار نیز افزایش می‌یابد.

انتخاب مکان مناسب برای یک فعالیت در سطح شهر، یکی از تصمیمات پایدار برای انجام یک طرح گسترده است که نیازمند تحقیق در مکان از دیدگاه‌های مختلف می‌باشد. از آنجا که مکان‌یابی فرآیند پیچیده‌ای به حساب می‌آید، می‌بایست حجم عظیمی از اطلاعات جزئی برای معرفی مکان‌های مختلف جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی درستی از عواملی که ممکن است در انتخاب تاثیر داشته باشند صورت پذیرد.

[1] Trade-off

قابلیت‌ها و توانایی‌های یک مکان با توجه به این که برای چه منظوری در نظر گرفته می‌شود متفاوت خواهد بود. بنابراین بسته به نوع کارکرد مورد نظر باید شاخص‌ها و معیارهایی در نظر گرفته شوند تا توانایی و استعداد مکان با توجه به آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. این شاخص‌ها و معیارها نسبت به نوع کاربرد متفاوت هستند، اما همه آن‌ها در جهت انتخاب مکان مناسب همسو می‌شوند. استفاده از این شاخص‌ها نیاز به داشتن اطلاعات صحیح و کامل از مکان دارد و دستیابی به اطلاعات نیز نیازمند تحقیقات گسترده و جامع می‌باشد. بطور کلی مکان‌یابی فعالیتی است که استعدادهای فضایی و غیرفضایی یک سرزمین را شناسایی کرده و امکان انتخاب مکان مناسب برای کاربری خاص را فراهم می‌آورد.

بررسی بسیاری از مسائل محیطی و مکانی به تحلیل‌های حاصل از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] متکی بوده و بدون استفاده از قابلیت‌های این تکنولوژی انجام اینگونه تحلیل‌ها علاوه بر اتلاف وقت، دقت کمتری نیز خواهد داشت. از جمله مسائلی که امروزه به صورت گسترده در زمینه‌های گوناگون توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام می‌پذیرد مساله مکان‌یابی است، که از آن به عنوان سنجش مطلوبیت[2] نیز یاد می‌شود. یافتن مکان بهینه برای فعالیتی خاص از دیرباز مورد توجه انسان بوده است و به مرور زمان معیارها و زیرمعیارهای متعددی برای کارآیی مطلوب هر یک از فعالیت‌های انسان در نظر گرفته شده است. اعمال، بررسی و تحلیل این معیارها برای مکان‌یابی در سیستم اطلاعات جغرافیایی به روش‌های مختلفی انجام می‌پذیرد. اما آنچه که اخیرا بسیار مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از قابلیت‌های ممتاز هوش مصنوعی در این زمینه می‌باشد. پیشرفت‌های اخیر در تحلیل مکانی نشان داده است که ابزارها و الگوهای محاسباتی موجود در هوش مصنوعی می‌توانند رویکردی نوین در مدل‌سازی و توصیف سیستم‌های جامع تصمیم‌گیری باشند. این امر باعث تسهیل در محاسبات و افزایش دقت می‌شود.

[1] Geographic Information System (GIS)

[2] Suitability analysis

هوش مصنوعی از ابزارهای پیشرفته‌ای است که اخیرا به طور گسترده در مکان‌یابی با سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفته است. ورود هوش مصنوعی به حوزه حل مسائل پیچیده، این امکان را فراهم آورده است تا با تلفیق قابلیت‌های مکانی سیستم اطلاعات جغرافیایی و ویژگی‌های پیشرفته هوش مصنوعی، پاسخ‌هایی مطمئن‌تر و دقیق‌تر کسب نمود.

۱-۲- طرح مساله

یکی از بزرگ‌ترین نوآوری‌های صورت گرفته در حوزه‌ی بانک‌داری الکترونیک اختراع دستگاه‌های خودپرداز[1] است. امروزه دستگاه‌های خودپرداز مشهورترین سخت‌افزار الکترونیکی در صنعت خدمات بانکی به حساب می‌آیند که توانسته‌اند در میان انواع سخت‌افزارهای الکترونیکی، از بیشترین میزان رشد برخوردار شوند. مطالعه‌ی بازار کشورهای مختلف گویای آن است که در بیشتر مواقع، مشتریان بانک‌ها استفاده از دستگاه‌های خودپرداز را بر مراجعه به کارکنان بانک ترجیح می‌دهند.

امروزه تمام بانک‌های تجاری و بیشتر بانک‌های تخصصی و خصوصی کشور به استفاده از دستگاه-های خودپرداز روی آورده‌اند. این بانک‌ها در تلاش هستند تا با ارتقای کمی و کیفی دستگاه‌های خودپرداز و انجام تبلیغات وسیع، مشتریان بیشتری را به سوی خود جلب نمایند. تحت این شرایط، دور از ذهن نیست که انتخاب جایگاه مناسب برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز می‌تواند نقش مهمی در افزایش مقبولیت بانک صاحب این دستگاه‌ها نزد مشتریان داشته باشد. مناسب بودن جایگاه استقرار دستگاه‌های خودپرداز نتایج مالی و غیر مالی بسیاری را برای بانک‌ها در پی دارد. به عنوان مثال، این موضوع موجب افزایش توان بانک در توسعه‌ی فعالیت‌ها، خدمت‌رسانی بهتر به مشتریان، افزایش سودآوری و کاهش هزینه‌ی ارائه‌ی خدمت می‌شود [۱]. در عین حال، به واسطه‌ی بالا بودن هزینه‌ی به کارگیری دستگاه‌های خودپرداز، تصمیمات نادرست مکانی خسارت مالی قابل توجهی را به

[1] Automated Teller Machine (ATM)

بانک‌ها تحمیل می‌نماید [۲]. لذا بررسی محیطی و مکانی مساله انتخاب جایگاه مناسب برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز امری ضروری است.

در سال‌های اخیر صنعت بانکداری با تغییرات بنیادی و بسیار زیادی روبرو بوده است. دستیابی به داده و اطلاعات قابل اطمینان به منظور تصمیم‌گیری استراتژیک همواره از نیازهای ضروری مدیران به شمار می‌آید. یکی از سیستم‌های کلیدی که در سال‌های اخیر در زمینه‌ی بانک‌داری کارآیی خود را به اثبات رسانده و به مدیران ارشد اطلاعات بسیار دقیق و مفیدی را برای تصمیم‌گیری ارائه کرده است، سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. این سیستم در بسیاری از حوزه‌های بانکی کاربرد دارد و در صورت استقرار کامل می‌تواند به بانک در دستیابی به اهداف خود کمک بسیار زیادی نماید. راه‌حل-های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی را می‌توان در محیطی یکپارچه ایجاد کرد تا به بانک‌ها در تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی استراتژیک، مدیریت منابع و مدیریت عملیات مؤثر برای دستیابی به اهداف کسب وکار کمک کند. همانطور که ذکر شد، بانک‌ها به دنبال مناطقی برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز هستند و در این راستا به اطلاعاتی از قبیل هزینه‌ی زمین، میزان دسترسی و مناسب بودن ساختمان، هزینه‌های ساخت‌وساز، مسائل مالیاتی، در دسترس بودن انرژی و هزینه‌های حمل‌ونقل نیاز دارند. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی این عناصر متنوع می‌توانند به آسانی شناسایی و یکپارچه شوند.

آنچه که در تحقیقات گذشته مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از دو ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] و سیستم اطلاعات جغرافیایی بوده است. تصمیم‌گیری چندمعیاره یک ابزار مدل‌سازی و روش‌شناختی است که برای مواجهه با مسائل پیچیده مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تصمیم-گیرندگان در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره به خاطر وجود اطلاعات ناقص و مبهم با مشکلات متعددی روبه‌رو می‌شوند چرا که ماهیت اینگونه مسائل حضور چنین اطلاعاتی را ایجاب می‌کند. در مواقعی که مدل‌سازی دانش و ارزیابی انسان مورد نیاز است، استفاده از رویکردهای مجموعه فازی

[1] Multi-Attribute Decision Making (MADM)

مطلوب می‌باشد. تئوری مجموعه فازی به عنوان یک روش مهم مدل‌سازی و حل مسائل شناخته می‌شود. سهم عمده‌ای از مطالعات صورت گرفته روی تئوری مجموعه فازی مربوط به بیان عدم قطعیت در فرآیندهای شناختی انسان بوده است. طی سال‌های اخیر، کاربردها و پیاده‌سازی‌های موفقیت‌آمیزی از تئوری مجموعه فازی در تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه شده است. در واقع تصمیم‌گیری چندمعیاره یکی از شاخه‌هایی بوده است که تئوری مجموعه فازی در آن کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است.

انتخاب جایگاه مناسب برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز از جمله موضوعاتی است که در حین اخذ تصمیمات مکانی عینیت پیدا می‌کند. اخذ تصمیمات مکانی با جستجو برای استقرار، جابه‌جایی و یا توسعه‌ی جغرافیایی فعالیت‌های سازمانی سروکار دارد [۳]. اساساً اخذ این نوع تصمیمات مستلزم پاسخ‌گویی به سوالات بسیاری است. با این همه، در هنگام اخذ تصمیمات مکانی پاسخ به دو پرسش اصلی از اهمیت بیش‌تری برخوردار است:

۱) هنگام اخذ تصمیمات مکانی، چه معیارها و عواملی را باید مورد توجه قرار داد؟

۲) با چه روش مناسبی می‌توان این معیارها را در جهت اخذ تصمیمات بهینه و مطلوب مکانی به کار گرفت؟

۱-۳- هدف و نحوه رویکرد پژوهش

مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز متأثر از عوامل کمی و کیفی متعددی است که مستلزم بهره‌گیری از روش‌های مختلف برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی می‌باشد. آنچه که در تحقیقات گذشته مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از دو ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی بوده است. اگرچه دو ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره نقش مهمی در حل مسائل مکان‌یابی دارند، اما هر کدام دارای محدودیت‌های خود بوده و نمی‌توانند به تنهایی مورد

استفاده قرار بگیرند. لذا احتیاج به رویکردی است که ضمن در کنار هم قرار دادن این دو ابزار، بتواند با مزایای خود، نقاط ضعف آن‌ها را تحت پوشش قرار دهد.

نظر به اهمیت تصمیمات مکانی و چالش‌های موجود در اخذ این نوع تصمیمات، تحقیق حاضر می‌کوشد تا با بررسی پیشینه‌ی تحقیقات صورت گرفته و ارائه‌ی رویکردی نوین مبتنی بر هوش مصنوعی، به تبیین الگوی استقرار دستگاه‌های خودپرداز به عنوان یکی از مشهورترین تسهیلات ارائه‌کننده‌ی خدمات در مناطق شهری و ارائه الگویی جهت پیاده‌سازی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری[1] مرتبط با آن بپردازد.

به طور کلی اهداف کلان این پژوهش عبارتند از: تسهیل تلفیق معیارها و زیرمعیارهای متعدد، تصمیم‌گیری در مقیاس کلان برای مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز و ارائه‌ی الگوی علمی و مناسب در جهت مکان‌یابی صحیح این دستگاه‌ها با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و کلاس‌بندی هوش مصنوعی. همچنین از اهداف خرد این پژوهش می‌توان به دستیابی به معیارها و زیرمعیارهای لازم جهت بهره‌برداری در الگوی مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز و تشریح مراحل مکان‌یابی این دستگاه‌ها با ارائه رویکردی نوین از دیدگاه کلاس‌بندی اشاره نمود. برای نیل به این هدف، یک سیستم استنتاج فازی که قواعد آن توسط الگوریتم بهینه‌سازی تولید می‌شود، طراحی و نتیجه حاصل از آن بررسی می‌گردد.

نکته قابل توجه در مورد این رساله که یک پژوهش کاربردی به حساب می‌آید، پرداختن به موضوع مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز از رویکرد الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی است که برای نخستین بار در داخل کشور انجام می‌شود. لذا هدف بلند مدت این پژوهش پیاده‌سازی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری هوشمند برای تعیین مکان بهینه جهت استقرار دستگاه‌های خودپرداز/شعب بانک می‌باشد.

[1] Decision Support System (DSS)

۱-۴- ساختار رساله

در فصل دوم ادبیات موضوع، پژوهش‌های مرتبط در این زمینه و نتایج بدست آمده توسط محققین مختلف با رجوع به متون فنی گوناگون معرفی می‌گردد. از آنجا که می‌توان روش‌های مطرح برای مساله مکان‌یابی تسهیلات را هم از جنبه مدیریتی و هم از جنبه الگوریتمی مورد بررسی قرار داد، لذا تا حد امکان سعی شده است تحقیقات صورت گرفته در هر دو دیدگاه معرفی شوند.

فصل سوم به بیان روش پیشنهادی این پژوهش که مبتنی بر رویکرد بهینه‌سازی و کلاس‌بندی است، می‌پردازد. با توجه به گستره وسیع این رویکرد و همچنین وجود نگرش‌های مختلف به مساله مکان‌یابی، نیاز به تفکیک حوزه‌ای است که مساله مورد بحث این پژوهش در آن قرار می‌گیرد. این رساله با نگاهی متفاوت از پژوهش‌های موجود و در نظر گرفتن نیازمندی‌ها و نحوه ارائه نتیجه نهایی، مساله مکان‌یابی را در زمره مسائل کلاس‌بندی قرار می‌دهد.

در فصل چهارم ابتدا منطقه مورد مطالعه معرفی می‌شود. سپس با اعمال روش پیشنهادی بر روی داده‌های واقعی و فرضی و بررسی خروجی‌های حاصل، به صحت‌سنجی رویکرد نوین پیشنهاد شده توسط این رساله پرداخته می‌شود. به منظور بررسی هر چه بهتر، کلاس‌بندی روش پیشنهادی با الگوریتم C4.5 مقایسه می‌شود.

آنچه که در فصل پنجم ارائه خواهد شد شامل نتیجه‌گیری و جمع‌بندی حاصل از پژوهش انجام شده است. در انتها نیز نقاط ضعف و قوت روش بیان و همچنین موضوعاتی برای تحقیق در آینده پیشنهاد می‌گردد.

فصل دوم

ادبیات موضوع و بررسی پژوهش‌های مرتبط

۲-۱- مقدمه

انتخاب مکان مناسب برای فعالیت، یک تصمیم استراتژیک است که نیازمند تحقیقات گسترده در مکان از زوایای مختلف می‌باشد. از آنجا که مدیریت در ارزیابی و تصمیم‌گیری خود نیاز به اطلاعات جامع و کاملی دارد، اطلاعات بسیاری می‌بایست در مورد گزینه‌های مورد نظر جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شوند تا بتوان ارزیابی صحیحی از عوامل موثر بر انتخاب مکان انجام داد. مکان‌یابی مناسب زمانی صورت می‌پذیرد که یک ارزیابی دقیق و همه جانبه از کلیه عوامل موثر بر عملکرد بررسی و تحلیل شود. تحقیقات متعددی در زمینه مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز انجام شده است که می‌توان آن‌ها را براساس نوع الگوریتم‌های مورد استفاده به سه دسته کلی تقسیم نمود. دسته اول شامل استفاده از الگوهای مدیریتی جهت مکان‌یابی است. در دسته دوم استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر ریاضی و هوش مصنوعی مورد توجه قرار گرفته است. دسته سوم نیز ترکیبی از دو دسته قبل است. در این فصل به منظور بررسی اجمالی این تحقیقات، گوشه‌ای از این مطالعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بررسی می‌تواند در فصل چهارم جهت مقایسه با دست‌آوردهای این تحقیق مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۲- نظریه‌های اصلی مکان‌یابی

مکان‌یابی انتخاب بهترین مکان برای انجام یک فعالیت مورد نظر است به گونه‌ای که بتواند با استفاده از امکانات موجود بیشترین بهره‌وری را در راستای اهداف از پیش تعیین شده تامین نماید. مکان‌یابی فعالیتی است که پتانسیل‌های بالقوه و امکانات موجود یک منطقه را در جهت انتخاب مکان مناسب برای نوعی از کاربری مورد تجزیه و تحلیل و بررسی قرار می‌دهد. روش‌های مکان‌یابی صنایع و مراکز خدماتی، با توجه به موقعیت مکانی، وسعت، میزان توسعه، نوع کاربری‌ها و اولویت‌های مکانی از بین گزینه‌های موجود، نیازمند شناخت و ارزیابی دقیق مناطق با استفاده از مدل‌ها و ابزارهای مناسب می‌باشد. نظریه‌های مکان‌یابی سعی دارند با ارائه شاخص‌ها و پیشنهاد معیارها و همچنین تعیین

عوامل موثر بر تصمیم‌گیری و بیان راه‌حل‌های منطقی، تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان را در انتخاب مکان یا مکان‌های مناسب یاری نمایند. برای اطلاعات بیشتر و نشان دادن سیر تحولات نظریه‌های اصلی مکان‌یابی به ترتیب تقدم زمانی جدول (۲-۱) ارائه می‌شود.

جدول ۲-۱: نظریه‌های مهم مکان‌یابی به ترتیب تقدم زمانی [۴]

ردیف	نظریه	سال ارائه	ایده اصلی
۱	ساتل (مدل جاذبه)	۱۸۷۸	عوامل موثر در مکان‌یابی را عوامل تقاضا و بازار معرفی می-نماید
۲	لانهارت	۱۸۸۲	حداقل‌سازی مجموع هزینه‌های حمل‌ونقل
۳	آلفرد وبر	۱۹۰۹	حداقل‌سازی هزینه‌ها با توجه به عوامل حمل‌ونقل، نیروی کار و تجمع‌گرایی صنعتی
۴	اسمیت	۱۹۲۷	با استفاده از خطوط هم‌هزینه، منحنی هزینه و منحنی درآمد، مکان بهینه را تعیین می‌کند
۵	پالاندر	۱۹۳۵	رابطه بین هزینه حمل‌ونقل و بعد مسافت را مورد توجه قرار داد و در عین حال به تفاوت نرخ حمل‌ونقل نیز توجه نمود
۶	ادگارهوور	۱۹۳۷	رابطه بین قیمت و میزان دسترسی به بازار و کسب بازار بیشتر را مورد توجه قرار داد
۷	آگوست لوش	۱۹۴۰	توجه به عوامل تقاضا و تاثیر آن در مکان‌یابی
۸	هیچکوکی	۱۹۴۱	حداقل‌سازی هزینه حمل‌ونقل در شرایطی که چندین بازار وجود دارد
۹	انر	۱۹۴۷	دسته‌بندی صنایع براساس میزان اهمیت هر یک از عوامل و ضابطه‌های مکان‌یابی
۱۰	شادونت (مدل ناحیه‌ای)	۱۹۵۳	عوامل بازار، جمعیت، نیروی کار و مواد اولیه را مورد توجه قرار داد
۱۱	گروه ریاضی‌دانان لهستانی	۱۹۵۳	مدل تاکسونومی عددی را که نوعی روش آماری و بر مبنای تقسیم مجموعه به یک زیرمجموعه کم و بیش همگن است معرفی نمودند
۱۲	گرینهارت	۱۹۵۶	مکان‌یابی بهینه مکانی است که منحنی‌های هزینه و درآمد بیشترین فاصله را از یکدیگر دارند
۱۳	والتر ایزارد	۱۹۶۷	توجه به تمایلات منطقی در مکان‌یابی صنایع با بررسی و تشریح ویژگی‌های صنایع
۱۴	پرسکات و ویثر	۱۹۷۷	استفاده از تخصیص در حل مسائل مکان‌یابی
۱۵	ویلیون	۱۹۷۷	توجه به عوامل رقابتی و استراتژیکی در مکان‌یابی صنایع

نظریه‌های مکان‌یابی به طور عام و مکان‌یابی خدمات به طور خاص بر آن هستند که با استخراج قوانین عمومی بر اساس عوامل و متغیرهای موثر بر مکان‌یابی، ساختار موجود عوامل موثر بر مکان‌یابی

فعالیت‌های اقتصادی را توضیح و به سوال بهترین مکان برای استقرار فعالیت اقتصادی کجاست پاسخ مناسب دهد.

۲-۳- مدل‌های مکان‌یابی

شرکت‌های خرده‌فروش معمولا از دامنه وسیعی از تکنیک‌های مکان‌یابی استفاده می‌کنند. این تکنیک‌ها در سطح وسیعی کاربرد داشته و در شرایط متفاوت از کارآیی مختلفی برخوردار می‌باشند. به عنوان مثال یکی از مهمترین ملاحظاتی که در حین استفاده از این مدل‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد، میزان بودجه و زمانی است که برای فرآیند مکان‌یابی در دسترس می‌باشد. شرکت‌هایی که از رشد سریعی برخوردار بوده و دائما استراتژی‌های متغیری را در سطح بازار دنبال می‌کنند، معمولا به دنبال رویه‌هایی دقیق، مبسوط و پیچیده‌ای که نیازمند فهرستی از جزئیات می‌باشد، نمی‌روند. در مقابل خرده‌فروشانی که تمرکز خود را روی بازارهای خاص گذاشته و یا از تسهیلاتی برخوردارند که با جابه‌جایی از یک نقطه به نقطه دیگر با تفاوت‌های مکانی قابل توجهی مواجه می‌شوند، اغلب به مدل‌های پیچیده و پرهزینه‌ای که به داده‌های تاریخی نیاز دارند، روی می‌آورند [۵].

روش تجربی[1] به عنوان اولین دسته از مدل‌های مکان‌یابی مبتنی بر تجربیات و قوانین سرانگشتی[2] مطرح می‌باشد. این روش براساس مجموعه‌ای از رهنمودهای ذهنی و شهودی که از دانش و تجربه فرد ناشی شده، توسعه یافته و در گذر زمان توسط عقل سلیم[3] تعدیل یافته، پایه‌گذاری شده است [۶]. هزینه تجزیه و تحلیل در این روش بسیار پایین بوده و می‌توان با استفاده از آن شرایط مناسبی را برای اخذ تصمیمات سریع فراهم نمود. روش تجربی بسیار ساده و انتزاعی بوده و طی آن هیچ تلاشی برای فهم یا بیان شرایط محلی نظیر ساختار رقابت صورت نمی‌گیرد. تحلیل‌گر در این روش با ترکیب

[1] Experimental method

[2] Rule of thumb procedures

[3] Common sense

تجربیات، مشاهدات عملی و آزمون و خطا به استخراج عوامل کلیدی مرتبط با عملکرد تسهیلات و در نتیجه آن موفقیت شرکت می‌پردازد [۵].

روش قیاسی[1] رویکرد بسیار دقیق و موشکافانه‌ای را برای ارزیابی جایگاه‌های بالقوه فراهم می‌کند. طی این روش ابتدا جایگاه تسهیلات موجود، مشابه آنچه که در عالم واقع می‌باشد، شناسایی شده و قدرت این تسهیلات در جذب مشتری از نواحی مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله بعد بر مبنای قدرت جذب تسهیلات، قیاس به تخمین محدوده تجاری و میزان تقاضای مورد انتظار برای جایگاه‌های مختلف اقدام می‌شود. در نهایت جایگاهی که بهترین عملکرد مورد انتظار را در پی داشته باشد برای استقرار تسهیل جدید انتخاب می‌شود. اگرچه روش قیاسی از سهولت قابل توجهی برخوردار است، با این حال از دو مشکل عمده رنج می‌برد: اول اینکه صحت و دقت نتایج روش قیاسی به طور قابل توجهی به توانایی تحلیل‌گر در انتخاب حسابگرانه قیاس‌ها بستگی دارد و دوم اینکه، روش مذکور نمی‌تواند به طور مستقیم نقش محیط رقابتی را در ارزیابی جایگاه‌های مورد نظر مورد توجه قرار دهد. در واقع شرایط رقابتی فقط هنگام انتخاب قیاس‌ها مدنظر قرار می‌گیرد و عملا در حین ارزیابی آن‌ها مورد توجه قرار نمی‌گیرند [۲].

روش چک لیست اولین کوشش نظام‌مند برای ارزیابی ارزش نسبی یک جایگاه بالقوه در مقایسه با جایگاه‌های بالقوه دیگر است [۲]. این روش نیز براساس قضاوت‌های شهودی تصمیم‌گیرنده در مورد عواملی نظیر اثرات تعاملی و دوسویه ترافیک، تراکم جمعیت، سطوح درآمدی [۷]، سطوح رقابتی، الگوهای هزینه مشتریان، ویژگی‌های اقتصادی منطقه و برخی عوامل تاثیرگذار در سطح جایگاه خاص نظیر حجم ترافیک، تسهیلات پارکینگ، سهولت دسترسی، نما [۲] و غیره پایه‌گذاری شده است. هر چند ممکن است برخی از داده‌های جمع‌آوری شده توسط روش چک لیست کاملا انتزاعی و ذهنی باشند، با این حال این روش رویه‌های جمع‌آوری داده‌ها را استاندارد کرده و مقایسه جایگاه‌های مختلف را برای فرد فراهم می‌آورد. به علاوه سهولت استفاده از این روش و اتکای آن بر نظرات افراد

[1] Analog approach

خبره از مزیت‌های دیگر آن به حساب می‌آید. با این وجود روش چک لیست در هنگام انتخاب جایگاه-های بهینه اثرات درونی عوامل موثر در انتخاب جایگاه را نادیده می‌گیرد. این اشکال به ویژه زمانی که قصد گزینش جایگاهی را برای چندین تسهیل داشته باشیم، جدی‌تر می‌شود [۲].

روش رتبه‌ای[1] ابزار ساده‌ای را برای کمّی کردن ارزش مکانی تسهیلات فراهم می‌کند. در حالی که رتبه‌بندی امکان مقایسه سریع جایگاه‌های بالقوه را فراهم می‌سازد، در ساده‌ترین شکل این رویکرد قادر به تشخیص اهمیت معیارهای مختلف نمی‌باشد. از اینرو در اکثر مواقع، سیستم‌های رتبه‌بندی از طریق وزن‌دهی به عوامل تعدیل می‌شوند [۲]. با این حال قابلیت تلفیق همزمان معیارهای کمّی و کیفی در حین ارزیابی‌های مکانی از نقاط قوت این ابزار می‌باشد. در حالی که رویکرد رتبه‌بندی امکان مقایسه گزینه‌های مختلف مکانی را برای تحلیل فراهم می‌نماید، در این روش عملا نحوه انجام رتبه-بندی‌ها و اینکه آیا عوامل استخراج شده واقعا نمایانگر عملکرد تسهیلات مورد مطالعه می‌باشند، مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد. به علاوه اینکه در اکثر مواقع، هنگام انتخاب شهودی متغیرها توجه کمی به همپوشانی عوامل یا دوبار حساب شدن آن‌ها می‌شود [۶].

مدل رگرسیونی یکی از راه‌های دقیقی است که با استفاده از آن عناصر روش‌های مذکور با یکدیگر ترکیب می‌شوند. با استفاده از این مدل، عوامل موثر بر مناسب بودن یک جایگاه برای استقرار تسهیل تعیین می‌گردد. مزیت عمده مدل‌های رگرسیونی در این است که امکان بررسی نظام‌مند عوامل مرتبط با ناحیه عمومی و جایگاه خاص را در چارچوبی واحد فراهم می‌آورند. مدل‌های رگرسیونی این اجازه را به تحلیل‌گر می‌دهند تا به شناسایی عواملی بپردازد که با سطوح مختلف عملکرد تسهیلات در جایگاه‌های مختلف مرتبط می‌باشد [۲]. اگرچه خرده‌فروشی‌ها برای انتخاب و ارزیابی جایگاه تسهیلات خود در سطح وسیعی از مدل‌های رگرسیونی استفاده می‌کنند، اما این بدان معنا نیست که راه‌حل‌های به دست آمده از این مدل‌ها خالی از اشکال نباشند. در درجه نخست، برای دقیق بودن جواب‌های حاصل از این مدل‌ها به مقادیر قابل توجهی از داده‌ها نیاز می‌باشد. دوم اینکه مدل‌های مذکور فقط

[1] Ratio method

متغیرهایی را که وارد مدل شده‌اند به حساب می‌آورند. به علاوه، این امکان وجود دارد که تاثیر پارامترهای همبستگی با حذف و اضافه کردن متغیرها دستخوش تغییر شوند [۵]. کاهش دقت مدل با افزایش تعداد متغیرها، هم‌راستایی احتمالی متغیرها با یکدیگر، ضعف در تعریف برخی متغیرهای تاثیرگذار بر عملکرد تسهیل و متعاقبا استفاده از متغیرهای جانشین که لزوما اطمینانی به صحت رابطه جانشینی نیست، از دیگر اشکالات این روش می‌باشد [۲].

روش‌های مکان‌یابی-تخصیص[1] هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شبکه تسهیلات در قالب یک مجموعه واحد و به طور همزمان مورد ارزیابی قرار گیرد. اگرچه این روش‌ها می‌توانند برای دامنه وسیعی از مسائل متنوع طراحی شوند، با این حال این روش‌ها اساسا به منظور تخصیص تقاضاهای فضایی پراکنده[2] به تعداد مشخصی تسهیل طراحی شده‌اند. تحلیل‌گر کار خود را با بررسی وضعیت تقاضا برای تسهیلاتی که به نقاط مکانی مختلف تخصیص داده شده‌اند، آغاز می‌کند. سوال تحقیق تعیین موقعیت تعداد مشخصی تسهیل در یک ناحیه می‌باشد، به نحوی که بتوان به بهترین و کارآترین شکل کل بازار را تحت پوشش قرار داد. معمولا معیار کارآیی در این نوع مسائل حداقل‌سازی توابعی نظیر کل مسافت طی شده توسط متقاضی دریافت تسهیل (یا کل زمان صرف شده و یا کل هزینه صرف شده) می‌باشد. با این حال می‌توان متغیرهای متعدد دیگری را نیز به عنوان معیار ارزیابی در مدل وارد کرد [۵].

رویکردهای مبتنی بر مدل‌های مکان‌یابی-تخصیص در حین اخذ تصمیمات مکانی تمرکز خود را از ارزیابی عوامل موثر در سطح جایگاه خاص به سمت ارزیابی عوامل موثر در سطح عمومی متمایل کرده‌اند. این در حالی است که مدل‌های بررسی شده‌ی قبلی عمدتا رویکردهایی به حساب می‌آیند که بر عوامل تاثیرگذار در سطح جایگاه خاص متمرکز می‌باشند [۸]. این مدل‌ها عموما به طور همزمان انتخاب مکان تسهیلات و تخصیص تقاضا به آن‌ها را با هدف بهینه کردن تعدادی معیار خاص انجام

[1] Location-Allocation method

[2] Spatial distribution demand

می‌دهند. از دیگر مزیت‌های این مدل‌ها توانایی آن‌ها در ارزیابی نظام‌مند تعداد زیادی از ترکیبات مکانی مختلف و انتخاب ترکیبی می‌باشد که عملکرد تسهیلات را حداکثر می‌کند. زمانی که چندین تسهیل در بازار واحدی مشغول به فعالیت باشند، اهمیت این مزیت نمایان می‌شود [۲].

مدل‌های جاذبه[1] بر تمایل مشتریان به استفاده از تسهیلات نزدیک‌تر و جذاب‌تر (در مقایسه با تسهیلات سایر رقبا)، دلالت دارد. این مدل می‌تواند عواملی نظیر فاصله بین مشتری و رقبا، فاصله بین مشتری و یک جایگاه مفروض و نمای ظاهری تسهیل را در بر بگیرد. این مدل‌ها فوائد بسیاری را برای خرده‌فروشی‌ها در پی دارند. آن‌ها به شکلی هدفمند و نظام‌مند عمل کرده و امکان پیشنهاد اطلاعاتی در مورد نحوه‌ی وزن‌دهی به مشخصه‌های مکانی را دارند. همچنین آن‌ها می‌توانند برای نمایش تعداد زیادی از مکان‌ها مفید واقع شوند. سرانجام اینکه آن‌ها می‌توانند با مقایسه نتایج حاصل از عملکرد مدیریت و مقادیر پیش‌بینی شده به ارزیابی عملکرد مدیریت بپردازند [۹].

در حالت کلی می‌توان گفت که مدل‌های مکان‌یابی عمدتا بیانگر کوتاه‌ترین فاصله زمانی و مکانی بین مکان مشتری، مکان ورودی‌های سیستم و مکان خود سیستم می‌باشد. به طور خلاصه باید گفت که این مدل‌ها توانایی در نظر گرفتن یک و یا دو عامل را در محاسبات خود دارند و این یکی از نقاط ضعف آن‌هاست و از طرف دیگر قابلیت لازم را برای بکارگیری در محدوده‌ی شهری با توجه به پیچیدگی‌های بافت شهری ندارند. در ادامه بسته‌بندی‌های گوناگون و ابعاد مختلف از این مدل‌ها در جدول (۲-۲) آورده شده است.

جدول ۲-۲: انواع مدل‌های ریاضی مکان‌یابی [۱۰]

مدل ریاضی	کاربرد ویژه	نقاط ضعف
ارزش‌دهی به عوامل کیفی	مکان‌یابی طرح‌ها و پروژه‌های ملی	احتمال خطا در ارزش‌دهی به عوامل کیفی وجود دارد. تعیین صحیح عوامل اصلی موثر بر انتخاب مکان مشکل است
برنامه‌ریزی عدد صحیح (تخصیص)	جانمایی کالا در انبار و هنگامی که محل استقرار تجهیزات مکان‌های	فقط هزینه‌های حمل‌ونقل در مدل اعمال می‌شود

[1] Gravity models

	مشخصی هستند و ارتباط فقط بین وسایل جدید و تسهیلات موجود برقرار است به کار می‌رود.	
مکان‌یابی با حداقل هزینه	اگر علاوه بر تعیین محل تسهیلات تعداد بهینه تسهیلات لازم نیز مورد نظر باشد، این مدل کاربرد دارد	چنانچه بخواهیم این مدل را از روش حمل‌ونقل حل نماییم باید هزینه ثابت تابع هدف را حذف کنیم
مدل افرویسمن وری	وقتی که بخواهیم مدل علاوه بر تعیین محل وسایل، تعداد بهینه لازم را نیز تعیین نماید	ظرفیت طرح نامحدود فرض می‌شود و فاصله را تاثیر نمی‌دهد
مدل پوشش دادن	احداث مراکز ایمنی و آتش‌نشانی، مراکز درمانی، ادارات پلیس از کاربردهای این مدل است	فاصله را تاثیر نمی‌دهد
تخصیص مضاعف	بیشتر برای جایابی وسایل و تجهیزات درون کارخانه و هنگامی که علاوه بر تسهیلات جدید و قدیم بین خود تسهیلات جدید هم ارتباط وجود دارد به کار می‌رود	حل آن مشکل است و در روش ابتکاری جهت حل به یک طرح اولیه نیاز است
مدل‌های جاذبه	جهت مکان‌یابی خرده‌فروشی با توجه به نواحی مسکونی و مراکز خرید کاربرد دارد. از کاربردهای مهم آن در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل است	بیشتر در مطالعات منطقه‌ای کاربرد دارد و در زمینه جایابی درون کارخانه کاربرد ندارد
مدل‌های احتمالی	برای حل مسائل مکان‌یابی با ظرفیت محدود و نامحدود با در نظر گرفتن تقاضای احتمالی به کار می‌رود	حل آن مشکل است
برنامه‌ریزی آرمانی	برای عملکرد چندگانه و چندبعدی یک واحد عملیاتی و وجود اهداف متعدد و گاه متعارض کاربرد دارد	به اطلاعات جزئی زیادی احتیاج دارد و حل آن مشکل است
مدل تک واحدی	در جایابی طرح‌های منطقه‌ای، انبارها و وسایل به کار می‌رود و هدف آن‌ها تعیین محل یک تسهیل است	فقط فاکتور وزن حمل‌ونقل در مدل اعمال شده است
چند تجهیزاتی	برای جایابی همزمان چند تسهیل به کار می‌رود	فقط عامل حمل‌ونقل را در مدل منظور می‌نماید و نیز به علت غیرخطی بودن مدل‌ها، حل آن مشکل است
چند وسیله هم‌شکل	برای جایابی چند تسهیل بین تسهیلات موجود کاربرد دارد	به علت غیرخطی بودن مدل‌ها حل آن مشکل و محدود به چند وسیله هم‌شکل است
مدل‌های پویا	برنامه‌ریزی در دوره‌های مختلف با	با زیاد شدن تعداد محل‌های ممکن و

	شرایط متغییر (ظرفیت، استهلاک، تقاضا و غیره)	تعداد مراکز بازار، میزان محاسبات زیاد شده و حل مسائل مکان‌یابی با استفاده از آن مشکل می‌شود
روش کمینه کردن	تعیین مکان تسهیلات درون شهری مثل مراکز درمانی، آتش‌نشانی، پلیس و پمپ بنزین	مدل غیر قطعی و حل آن مشکل است
روش بیشینه کردن	شهرک‌سازی و ایجاد صنایع بزرگ در مناطق زلزله‌خیز و آتش‌فشانی، تعیین محل دفن زباله‌های شهری	مدل غیر خطی و حل آن مشکل است و قادر نیست تابع مجموع هزینه را بهینه نماید

۲-۴- مروری بر مطالعات مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز / شعب بانک

با توجه به قدمت تئوری‌های مرتبط با مکان‌یابی و با توجه به اینکه صنعت بانکداری به عنوان یک صنعت پرسود و پررقابت همواره در حال بسط و گسترش بوده و در این میان نیاز به مطالعات علمی در ارتباط با مکان‌یابی شعب آن همواره وجود داشته است، مطالعات متعددی در این زمینه در سطح جهان صورت پذیرفته است که از روش‌های گوناگونی برای مطالعه بهره برده‌اند. از تحلیل‌های آماری بسیار ساده تا مدل‌های پویای بسیار پیچیده که برخی از آن‌ها بیشتر رویکردی اقتصادی داشته‌اند و برخی دیگر بیشتر به مباحث جغرافیایی نزدیک بوده‌اند.

بانک‌ها و موسسات مالی به منظور ایجاد تنوع در خدمات و کاستن از هزینه‌ها علاقه‌مند به استقرار دستگاه‌های خودپرداز و انجام بخشی از فعالیت‌های بانکی توسط این دستگاه‌ها می‌باشند. مطالعات متعددی با هدف تبیین چرایی و چگونگی استفاده از دستگاه‌های خودپرداز صورت گرفته و یا در حال انجام است که می‌توان آن‌ها را در دو گروه دسته‌بندی نمود: گروه نخست مطالعاتی مربوط به توصیف ویژگی‌های جمعیتی کاربران دستگاه‌های خودپرداز (مشخصه‌های جمعیتی) و گروه دوم مطالعاتی در زمینه‌ی تعیین عوامل موثر بر رشد و تقویت استفاده و مقبولیت دستگاه‌ها (مشخصه‌های مکانی) [۱۲-۱۱].

در مطالعات مربوط به مشخصه‌های جمعیتی متغیرهایی چون سن، جنسیت، تاهل، درآمد و سطح تحصیلات مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل به همراه بررسی عوامل ادراکی تاثیرگذار بر

مشتریان مانند آسایش، راحتی و سازگاری با سبک زندگی از مهمترین مفروضات تحقیق است [۱۴-۱۳].

بررسی مشخصه‌های مکانی تقاضا برای دستگاه خودپرداز نیز موید آن است که تقاضا در مکان‌هایی وجود دارد که از دو ویژگی عمده برخوردار هستند: نخست حضور تعداد زیاد بنگاه‌ها و موسسات خرده‌فروشی که سبب افزایش احتمال بروز خرید خواهد شد و دوم، ویژگی‌های فردی مراجعین به این مکان‌ها که عمدتا گروه سنی جوان را شامل می‌شود [۱۶-۱۵].

الگوی استقرار جمعیت، چگونگی تردد آن‌ها در شهر و حومه، مسیرهای اصلی رفت‌وآمد و شناخت مناسب از الگوهای ترافیکی از موارد دیگری است که می‌تواند موفقیت طرح‌های مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز را در بلند مدت تضمین نماید [۱۷].

بررسی مطالعات انجام شده در استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در مکان‌یابی بنگاه-های اقتصادی و به ویژه بانک‌ها، بیانگر تنوع معیارهای موثر در اخذ تصمیمات مکانی مشتریان و ارائه-کنندگان خدمات است.

برمبنای مطالعات صورت گرفته توسط الحنبلی[1] در اردن [۱۷]، میلیاوتیس[2] و همکاران در یونان [۱۸]، ژائو[3] و همکاران در استرالیا [۱۹]، یانگ[4] و همکاران در چین [۳]، الموسوی[5] در بحرین [۱۱]، معماریانی [۲۰] و فرجی [۲۱] در ایران با درنظر گرفتن شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود در خدمات شهری می‌توان معیارها و عوامل موثر را به شرح جدول (۲-۳) خلاصه نمود.

[1] Al-Hanbali

[2] Miliotis

[3] Zhao

[4] Yang

[5] Almossawi

جدول ۲-۳: معیارها و عوامل موثر بر مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز براساس تحقیقات پیشین

معیار	مشخصه
جمعیتی	جمعیت، سن، جنسیت، شغل، درآمد، تاهل، سطح تحصیلات، خانوار و غیره
مجاورت با سایر تسهیلات شهری	ادارات و شرکت‌های دولتی و خصوصی، مراکز تجاری، بیمارستان، دانشگاه، پارک، فروشگاه‌های زنجیره‌ای، هتل‌ها، رستوران‌ها و غیره
نظام ترافیک	موقعیت چهارراه‌ها، میادین، بزرگراه‌ها، خیابان‌های یک‌طرفه و دوطرفه
رقبا	شعب بانک‌های خودی و رقیب، دستگاه‌های خودپرداز بانک‌های خودی و رقیب
قوانین و مقررات	طرح‌های توسعه شهری، محدوده‌ی امنیتی و انتظامی، بیمه، محدوه خدمات شهری

مقاله [۲۲] توسط پروفسور جان.ر.میرون[1] استاد دانشکده برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تورنتو کانادا به رشته نگارش در آمده است. در این مقاله با ارائه مفاهیم اولیه مورد استفاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی مانند کاشی و لایه که بر مبنای رمز جغرافیایی[2] کردن مشاهدات پردازش می‌گردند سعی شده است تا زمینه مناسب‌تری برای ساخت مدل‌های علّی مانند مدل‌های رگرسیونی فراهم گردد. زمانی می‌توان بین سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های علّی رابطه برقرار نمود که سوال اولیه در ساخت مدل علّی، سوالی از جنس رتبه‌بندی مکانی و یا تعیین مکان دقیق باشد که در بسیاری موارد این دو سوال به یک مفهوم می‌باشند.

مطالعه موردی صورت گرفته در این مقاله، مکان‌یابی شعب یک بانک در ریچموندهیل[3] می‌باشد که در آن یک مدل لاجیت جهت تعیین مکان شعب با توجه به متغییر وابسته وجود یا عدم وجود شعبه در منطقه و سه متغییر مستقل جمعیت، درآمد متوسط خانوارها و تعداد رقبا استفاده شده است.

قبل از برآورد مدل ابتدا با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به تعیین مناطق مناسب از لحاظ مرزبندی گردیده است. برای این منظور اطلاعات خام اولیه که به صورت اصل مشاهدات برای هر خانوار و یا بنگاه موجود می‌باشد به صورت کدهای جغرافیایی با تعیین عرض و طول دقیق جغرافیایی محل قرارگیری وارد نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی گردیده و سپس برای

[1] John R. Miron

[2] Geocode

[3] Richmond Hill

هر یک از متغییرهای سه‌گانه مستقل لایه‌ای اطلاعاتی تعریف گردیده است، سپس هر سه لایه اطلاعاتی بر روی هم منطبق می‌گردند. نرم‌افزار با توجه به تراکم متغییرها اقدام به تعیین منطقه‌های مناسب از لحاظ محدوده‌ای جهت انجام مطالعه و ساخت مدل علّی می‌نماید. سپس نرم‌افزار اطلاعات قرار گرفته در هر منطقه را تجمیع کرده و برای استفاده در مدل لاجیت جهت رتبه‌بندی مناطق ارائه می‌دهد. بدین ترتیب از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان موتور اطلاعاتی جهت پردازش مجموعه بزرگی از اطلاعات استفاده گردیده است. در این مرحله با استفاده از مدل لاجیت احتمال وجود شعبه در هر منطقه به دست آمده و رتبه‌بندی به منظور تعیین اولویت تاسیس شعبه به دست می‌آید.

در سال ۲۰۰۳ میلادی مقاله‌ای تحت عنوان بررسی رابطه بین مشخصات اقتصادی منطقه و کلاس اجتماعی با توزیع شعب بانک در سطح مناطق ۲۳گانه شهر توکیو [۲۳] در مجله Map Asia به چاپ رسیده است. در این مقاله ذکر شده است که در طی سال‌های اخیر بازار خدمات مالی شاهد ورود بازیگران و جریانات جدیدی در شرایط خارجی بوده است. در این بین بانک‌ها خود را در شرایط رقابتی پیشرفته‌تر و عدم اطمینان می‌بینند، در عین حال فرصت‌های بسیاری روبه‌روی آن‌ها قرار گرفته است بنابراین آن‌ها باید موقعیتی رقابتی در بازار اتخاذ نمایند. در این راستا بانک‌ها می‌بایست در فروض اساسی نحوه رسیدن آن‌ها به بازار و اتخاذ یک استراتژی مکان‌یابی شعب ارزیابی مجدد نمایند. بدین منظور با استفاده از داده‌های فضایی، جمعیت‌شناسی و اقتصادی-اجتماعی اقدام به تعیین مشخصات بازار نموده و سعی در پیدا کردن بازارهایی با مشخصات بهتر می‌نمایند.

برای آزمودن رابطه بین مشخصات منطقه و کلاس اجتماعی با توزیع شعب بانک‌ها اقدام به استفاده از آمارهای مناطق ۲۳گانه جهت یافتن یک استراتژی بهینه به منظور تعیین مکان شعب نموده‌اند. متغییرهای مورد استفاده مطالعه عبارتند از: جمعیت، تراکم، نوع خانوارها از لحاظ سنی، نوع مالکیت ملک، اشتغال، سطح تحصیلات و درآمد.

به دلیل در اختیار داشتن اطلاعات آماری مربوط به افراد، این تحقیق در دو مرحله صورت پذیرفته است:

مرحله اول: با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای متغییرهای اقتصادی- اجتماعی مرتبط با سطح اجتماعی از اطلاعات آماری سال ۲۰۰۰ و لیست مالیات‌دهندگان در سال ۲۰۰۰ تقسیم‌بندی بازار صورت گرفته است.

مرحله دوم: از مشخصات توزیع شعب فعلی به عنوان اطلاعات برای تحلیل تطبیقی با نتایج تقسیم‌بندی مورد استفاده قرار گرفته و سپس با رتبه‌بندی مناطق اقدام به تعیین اولویت مناطق گردیده است. برای این کار از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی استفاده شده است. مشخصات توزیع شعب پنج بانک مهم توسط فرآیند انطباق آدرس شعب موجود با تقسیم‌بندی‌های به دست آمده مورد تحلیل قرار گرفته است. اطلاعات هر خوشه به وسیله تابع پیوند جمع گردیده تا بتواند نشانگر رابطه بین ویژگی‌های منطقه با توزیع شعب بانک باشد. نتایج تحقیق نشانگر رابطه معنی‌دار متغییرها با توزیع شعب بانک‌ها می‌باشد به نحوی که اثرگذارترین متغییرها به ترتیب عبارتند از: نوع خانوار از لحاظ سنی (هرچه خانوار از متوسط سن بیشتری برخوردار باشد بهتر است)، نوع مالکیت ملک و درآمد خانوار.

در [۲۴]، پانیگراهی[1] و همکارانش بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی را جهت بررسی پراکنش مراکز دارای دستگاه خودپرداز و مشتریان در شهر چنای[2] کشور هندوستان مورد استفاده قرار داده‌اند. ایشان این اطلاعات را برای استفاده در مدیریت وام‌های مشتریان و پیگیری بازپرداخت آن‌ها و نیز دسترسی مشتریان به دستگاه‌های خودپرداز بکار برده‌اند.

در پایان‌نامه برجیسیان [۲۵]، جهت تعیین مکان تاسیس شعب بانک‌های خصوصی در سطح مناطق بیست‌ودوگانه تهران اقدام به رتبه‌بندی و طبقه‌بندی مناطق با استفاده از متغیرهای اقتصادی تاثیرگذار بر تقاضای خدمات بانکی برای بانک پارسیان به عنوان نماینده بانک‌های خصوصی گردیده است. برای نیل به این هدف از دو روش رگرسیون لاجیت و تاکسونومی عددی به صورت موازی

[1] Panigrahi

[2] Chennai

استفاده شده است. سپس نتایج دو روش با هم مقایسه شده و بنابر نتایج به دست آمده بهترین گروه مناطق جهت تاسیس شعب بانک تعیین گردیده است.

فوکردی [۲۶] در رساله خود تحت عنوان "طراحی الگویی برای تعیین نظام استقرار تسهیلات ارائه-دهنده خدمات در مناطق شهری (مطالعه موردی: جایابی ماشین‌های خودپرداز بانک کشاورزی در منطقه ۱۰ شهرداری تهران)" با استفاده از رویکرد تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره و به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل فضایی به تعیین معیارهای تاثیرگذار بر مکان‌یابی ماشین‌های خودپرداز و اوزان هر کدام از این معیارها و ارائه چارچوبی نوین در مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز پرداخته است.

موسوی [۲۷] در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خود به اولویت‌بندی و انتخاب مکان مناسب برای شعب بانک کشاورزی با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی پرداخته است. در این پایان-نامه ابتدا ضرایب اهمیت مناطق برای احداث شعب بانک مشخص گردیده تا در تقسیم بودجه و اعتبار لازم برای احداث تعداد محدودی شعب جدید اولویت مناطق مشخص گردد. سپس در بهترین منطقه-ی به دست آمده در مرحله اول، نقاط بهینه شامل چهارراه‌ها، میادین و جنب مراکز مهم و پر رفت-وآمد به عنوان مکان‌های مستعد مورد ارزیابی برای تعیین بهترین نقطه جهت افتتاح شعبه در نظر گرفته شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

برای این کار ابتدا پرسش‌نامه زوجی عوامل موثر در تعیین اولویت و ضریب مناطق جهت استفاده در روش تحلیل سلسله مراتبی برای رتبه‌بندی مناطق ۲۲گانه تهران تهیه شده که متغیرهای ذیل در آن آورده شده است: جمعیت شاغل منطقه، تعداد شعب خودی، تعداد شعب رقبا، تعداد مراکز خرید عمومی، تعداد مراکز پلیس، تعداد پارکینگ‌های عمومی.

سپس نتایج به دست آمده از پرسش‌نامه در جداول روش تحلیل سلسله مراتبی قرار داده شده و اولویت‌بندی معیارها استخراج گردیده است. نتیجه مطالعه حاکی از آن است که مناطق ۱۶، ۵ و ۴ به ترتیب دارای اولویت و ضریب اهمیت بالاتری نسبت به سایر مناطق هستند.

در مرحله دوم مطالعه، شش نقطه منتخب در منطقه ۱۶ که بهترین منطقه جهت تاسیس شعبه در مرحله اول شناخته شده بود، با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. بدین ترتیب که برای هر یک از متغیرهای مطرح شده در مرحله اول لایه اطلاعاتی تشکیل داده شده و با انطباق این لایه‌ها روی نقشه منطقه ۱۶ و پردازش داده‌ها، بهترین مناطق جهت افتتاح شعبه به دست آمده است.

در [۲۸] از پهنه‌بندی مناطق مستعد اقتصادی با توجه به معیارهای موثر در این زمینه برای تعیین محل استقرار دستگاه‌های خودپرداز استفاده شده است. برای رسیدن به این هدف ابتدا به وسیله مطالعات کتابخانه‌ای معیارهای موثر اقتصادی استخراج و روابط بین آن‌ها شناسایی و با نظرات کارشناسی تکمیل و ارزیابی شده است. سپس از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای پس از تکمیل پرسشنامه مقایسه زوجی از سوی کارشناسان برای وزن‌دهی استفاده شد. از این اوزان در مدل تحلیل خوشه‌بندی خاکستری برای مدل‌سازی فضایی و پهنه‌بندی براساس شعاع تاثیرگذاری معیارها در چهار کلاس استفاده گردید. این فرآیند در قسمتی از شهر تهران که شامل بخش‌هایی از مناطق ۶، ۱۱ و ۱۲ بود بر روی ۱۵۳ شعبه از ۲۲ بانک و موسسه مالی و اعتباری این مناطق اجرا شد.

در [۲۹] یک مدل مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه شده است که برای محاسبه امتیاز نهایی هر یک از معیارها از الگوریتم محاسباتی شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود. متغیرهای ورودی در این مدل همان زیرشاخص‌ها هستند که برای یک منطقه خاص (مکان شعبه) مقادیر آن با تحلیل اطلاعات منطقه‌ای و میدانی و مصاحبه با متخصصان به دست می‌آید. سپس برای گزینه‌های مختلف امتیاز نهایی با روش ارائه شده در این تحقیق محاسبه می‌شود. پس از محاسبه امتیاز نهایی مکان‌های مختلف، مکانی که بهترین است به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود. مدل‌سازی این تحقیق در دو مرحله جداگانه انجام شده است. در مرحله اول با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اقدام به شناسایی و وزن‌دهی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های موثر شده است و در مرحله دوم از یک مدل مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی در ترکیب با تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب محل مناسب

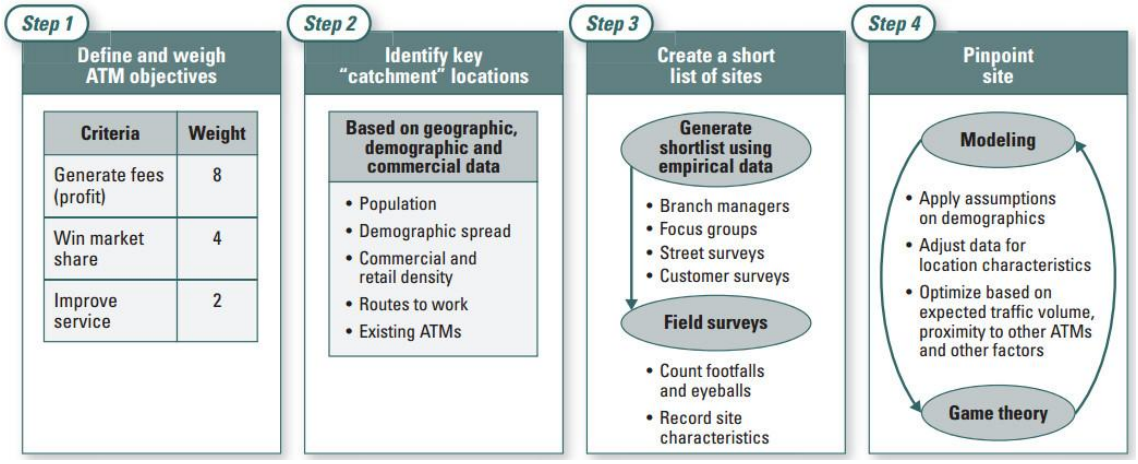
شعبه بانک استفاده شده است. جامعه آماری مورد مطالعه در این تحقیق مربوط به بانک اقتصاد نوین و واحد تحلیل آماری کارشناسان، خبرگان و مدیران این بانک است.

مطابق با آنچه که در [۳۰] بررسی شده است، مباحث پیرامون مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات و الگوریتم‌های آن بسیار زیاد است. با این وجود بحث در مورد مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز به ندرت مطرح شده است. با فرض اینکه دستگاه‌های خودپرداز فقط در شعب بانک نصب باشند، مکان‌یابی این دستگاه‌ها با مکان‌یابی شعب بانک ادغام می‌شود. در این حالت، روش‌های مکان‌یابی شعب بانک که در [۳۱-۳۳] پیشنهاد شده‌اند، عملیاتی هستند.

تحقیق انجام شده در [۳۴] از تحلیل مبتنی بر صف برای ارزیابی حجم‌کاری و ازدحام در موقعیت دستگاه‌های خودپرداز موجود به منظور تعیین اینکه در کدام موقعیت‌ها به دستگاه‌های خودپرداز بیشتری احتیاج می‌باشد استفاده نموده است. پژوهشی دیگر [۳۵]، مدل‌ها و الگوریتم‌هایی برای آنچه که "Discretionary service facilities" نامیده، توسعه داده است. منظور از این مفهوم این است که اصولا مشتریان این تسهیلات را به عنوان مقصد نهایی خود در نظر ندارند، بلکه چنانچه در هنگام پیمودن مسیر خود، از کنار چنین تسهیلاتی عبور نمایند، در صورت نیاز از خدمات ارائه شده توسط این تسهیلات بهره می‌برند. از جمله این تسهیلات می‌توان به ایستگاه‌های سوخت‌رسانی و دستگاه‌های خودپرداز اشاره نمود. در مقاله مذکور، دو مدل برنامه‌نویسی عدد صحیح معادل برای مکان‌یابی N تسهیلات با هدف بیشینه کردن جریان مشتریان بالقوه فرموله شده است. همچنین، این تحقیق یک الگوریتم اکتشافی حریصانه و یک الگوریتم شاخه و تحدید[1] برای حل این مساله ارائه داده است. در عین حال، تحقیق مذکور تعداد کمینه‌ی تسهیلات مورد نیاز برای جدا کردن کسری مورد نظر از جریان مشتریان را تعیین می‌نماید. این مساله در [۳۶]، با در نظر گرفتن ازدحام در خدمات ارائه شده توسط تسهیلات گسترش داده شده است.

[1] Branch-and-Bound

تحقیق منتشر شده توسط شرکت Kearney [۳۷]، یک الگوریتم چهار مرحله‌ای مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها ارائه می‌دهد. مراحل پیشنهادی توسط این الگوریتم در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱: الگوریتم چهار مرحله‌ای پیشنهاد شده توسط شرکت Kearney [۳۷]

مرحله اول این الگوریتم مربوط به شناسایی و وزن‌دهی معیارهای تاثیرگذار در مکان‌یابی دستگاه-های خودپرداز می‌باشد. در مرحله دوم از این الگوریتم، مکان‌های دارای پتانسیل براساس داده‌های جغرافیایی، سرشماری نفوس و همچنین داده‌های تجاری پیش‌بینی می‌شوند. در مرحله سوم از طریق مصاحبه با مدیران شعب و برخی از مشتریان و به کارگیری مشاهدات میدانی، لیستی از مکان‌های داوطلب استخراج می‌شود. مرحله آخر نیز به محاسبه امتیاز نهایی هر یک از مکان‌های مستعد که در مرحله سوم شناسایی شده‌اند می‌پردازد. این عمل از طریق ارزیابی مشخصه‌های به دست آمده در مراحل قبل و به کارگیری آن‌ها در نظریه بازی‌ها انجام می‌شود.

مقاله‌ی ارائه شده توسط ژیا[1] و همکارانش [۳۸] از آزمایشگاه تحقیقاتی IBM، مساله حداکثرسازی پوشش مکانی[2] را به عنوان یک مدل عمومی برای مسائل مربوط به مکان‌یابی تسهیلات بیان می‌کند. این مقاله یک مدل بهبود یافته از مساله حداکثرسازی پوشش مکانی را ارائه می‌دهد. مدل پیشنهاد شده توانایی اخذ و کنترل ویژگی‌های مهم مسائل عملی در زمینه مکان‌یابی تسهیلات را داراست. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به هزینه‌ها و درآمدهای متغیر، تسهیلات با نوع متفاوت و توابع پوشش

[1] Xia

[2] Maximal covering location problem

انعطاف‌پذیر اشاره کرد. مقاله مذکور برای حل اینگونه مسائل از الگوریتم بخش‌های انباشته ترکیبی[1] بهره می‌گیرد.

در مقاله [۳۹]، روش اکتشافی هوشمند مبتنی بر عملگر Convolotion[2] ارائه شده است. اساس این روش تعریف و استفاده از سه ماتریس با عناوین: ماتریس کاهش کیفیت خدمات، ماتریس تقاضا و ماتریس عرضه است. روش کار بدین صورت است که ماتریس کاهش کیفیت خدمات در مرکز محل قرارگیری هر کدام از دستگاه‌های خودپرداز روی نقشه قرار می‌گیرد. بر طبق گفته ارائه‌دهندگان این روش، مولفه‌های ماتریس تقاضا مقادیری واقعی هستند که از شرایط واقعی بازار اخذ شده‌اند. همچنین مولفه‌های ماتریس عرضه، درصدی از ماتریس کاهش کیفیت خدمات هستند. ماتریس اختلاف نیز، نتیجه تفاضل ماتریس تقاضا از ماتریس عرضه می‌باشد. این الگوریتم انتخاب مکان برای هر کدام از دستگاه‌های خودپرداز را به ترتیب انجام می‌دهد یعنی مکان اولین دستگاه را تعیین کرده و سپس به سراغ دستگاه بعدی می‌رود لذا قابلیت انعطاف اندکی دارد.

این روش نیازمند فرآیند ایجاد مدل‌هایی خاص و پیچیده نبوده و از یک واسط کاربری آسان برای این فرآیند استفاده می‌نماید. همچنین، راه‌حلی که در این مقاله ارائه شده است از یک مدل ریاضی کارآ و ساده استفاده کرده است. در نهایت، روش ارائه شده امکان افزودن الگوی درخواست خدمات و هر مدل کاهش خدمات را دارا می‌باشد که این امر روش ارائه شده را به مسایل دنیای واقعی نزدیک‌تر می‌نماید.

مقاله [۴۰]، به منظور هر چه بیشتر واقعی کردن مدل ارائه شده در [۳۹]، روش الگوریتم ژنتیک مبتنی بر درجه[3] را پیشنهاد می‌دهد که در آن ماتریس تقاضا را به عنوان ماتریس سودمندی مشتری[4] و ماتریس عرضه را به عنوان ماتریس سودمندی خدمات[5] در نظر می‌گیرد. در نتیجه، تمام مولفه‌های

[1] Hybrid nested partitions

[2] Heuristic Algorithm based on Convolution (HAC)

[3] Rank Based Genetic Algorithm

[4] Client Utility

[5] Service Utility

این دو ماتریس به صورت درصد خواهند بود و سودمندی خدمات و سودمندی مشتری را مشخص می‌کنند. در نهایت از الگوریتم ژنتیک برای حداکثر کردن میزان پوشش در عین کمینه کردن تعداد دستگاه‌های مورد نیاز استفاده می‌شود. مزیت این روش نسبت به روش ارائه شده در [۳۹] این است که در این روش انتخاب اختیاری مولفه‌های ماتریس‌های سودمندی خدمات و سودمندی مشتری باعث بالا رفتن انعطاف‌پذیری برای انتخاب مکان می‌گردد.

پژوهش ارائه شده در [۴۱]، مساله مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز را به صورت یک مساله بهینه-سازی که تابع هدف آن کمینه‌سازی هزینه‌های عملیاتی در مقابل رضایت‌مندی مشتریان و نیازمندی-های بانک می‌باشد، فرموله کرده است. این روش تمام هزینه‌های مورد نیاز برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز و همچنین هزینه‌های مربوط به مکان را به عنوان پارامترهای انتخاب نوع و مکان این دستگاه‌ها در نظر می‌گیرد و تابع برازش هر یک از این هزینه‌ها را با در نظر گرفتن وزن برای پارامترها تشکیل می‌دهد. سپس از ترکیب خطی آن‌ها، تابع هدف نهایی را تعیین کرده و مساله را به صورت کد شده در می‌آورد و با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهترین اماکن با کمترین هزینه را برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز جستجو می‌کند. جدول (۲-۴) پارامترهای مربوط به دستگاه خودپرداز و جدول (۲-۵) پارامترهای مربوط به مکان، که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته‌اند را بیان می‌کنند.

جدول ۲-۴: پارامترهای در نظر گرفته شده برای دستگاه خودپرداز در [۴۱]

Attribute	Description
Cash storage size	Maximum amount of cash to be stored within ATM
Footprint size	Size of ATM footprint
Setup cost	Cost of configuring a new ATM
Lease cost	Monthly lease price
Purchase cost	Cost of purchasing an ATM
Speed rate	Time for ATM to give cash

جدول ۲-۵: پارامترهای در نظر گرفته شده برای مکان در [۴۱]

Attribute	Description
Transactions amount	Cash amount withdrawn at location
Setup cost	Cost of deploying ATM on a location
Rent	Monthly rent amount for placing an ATM
Income fee	Any monthly income amount
(X,Y) position	X and Y coordinates of location in city
Arrival rate	Rate of customers arriving at location
List of neighboring ATMs	List of neighboring locations with ATMs

مقاله [۴۲] با تعریف تابع نرخ برگشت سرمایه، سعی در حداکثرسازی آن با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات[1] دارد. این تابع از تفاضل دو بخش درآمد و هزینه تشکیل شده است. تابع نرخ برگشت سرمایه‌ی تعریف شده توسط این مقاله، در رابطه (۲-۱) نشان داده شده است. پارامترهای تشکیل‌دهنده‌ی بخش درآمد در جدول (۲-۶) و پارامترهای موجود در بخش هزینه در جدول (۲-۷) نشان داده شده‌اند.

$$max_{return} = \sum_{1}^{k} \left(\sum_{i=1}^{round\left(n \times \left(\frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{n} \left|\frac{y_i}{Y} \times \frac{t_i}{T}\right| \times 100\%\right)\right)} (f_i - c_i) \right) - \frac{1-r}{12 \times y} \times f(s) \quad (۲-۱)$$

جدول ۲-۶: پارامترهای تشکیل‌دهنده‌ی بخش درآمد از تابع نرخ برگشت سرمایه تعریف شده در [۴۲]

Attribute	Description
y_i	Population of i-th residential community
Y	Total population of the whole research region
t_i	Area of i-th residential community
T	Total area of the whole research region
n	Maximal transaction number in one month by the best estimate
f_i	Procedure fee of i-th transaction
c_i	Trading cost of i-th transaction

جدول ۲-۷: پارامترهای تشکیل‌دهنده‌ی بخش هزینه از تابع نرخ برگشت سرمایه تعریف شده در [۴۲]

Attribute	Description
r	Net salvage value of fixed assets
y	Expected useful life of an ATM
f(s)	Cost of purchase and installation of an ATM

۲-۵- علل نیاز به رویکرد نوین

اکثر روش‌هایی که به منظور مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز/شعب بانک مورد استفاده قرار گرفته‌اند، صرفا از دیدگاه مدیریتی به این مساله پرداخته‌اند. علاوه بر این، در اکثر این روش‌ها آشنایی کامل به منطقه مورد مطالعه نیاز است. ضمن اینکه در این روش‌ها می‌بایست تعدادی مکان از قبل تعیین شده باشد تا الگوریتم بتواند از بین آن‌ها بهترین گزینه‌ها را انتخاب نماید. در نظر نگرفتن تمام معیارها

[1] Particle Swarm Optimization (PSO)

و یا پرداختن به مساله تنها از دیدگاه جغرافیایی و یا تنها از دیدگاه اقتصادی از دیگر نواقص روش‌های ارائه شده می‌باشد. همچنین اکثریت قریب به اتفاق این روش‌ها در دنیای واقعی صحت‌سنجی نشده‌اند و نمونه‌های آزمایش آن‌ها ساختگی و فرضی بوده است. همین عوامل باعث می‌شود تا نیاز به ارائه رویکردی نوین در مساله مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز/شعب بانک حس شود. رویکردی که بتواند مزایای روش‌های موجود را تا حد امکان حفظ کرده و سعی در رفع نواقص آن‌ها داشته باشد. علاوه بر این، رویکرد پیشنهادی باید به گونه‌ای باشد که از ابزارهایی مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره لازم را ببرد.

فصل سوم

تشریح روش پیشنهادی

۳-۱- مقدمه

انتخاب مکان مناسب برای یک تسهیل، فرآیند پیچیده‌ای است که نیازمندی‌های تکنیکی گوناگونی را از جمله تقاضاهای محیطی، جغرافیایی، اقتصادی و سیاسی تحت تاثیر قرار می‌دهد. بکارگیری و پردازش داده‌های مکانی و همچنین ارضای معیارها و محدودیت‌های دخیل در تصمیم-گیری دو جز اصلی این فرآیند می‌باشند. دو مفهوم سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره نقش عمده‌ای در حل اینگونه مسائل دارند. با این وجود، روش‌های متعارف که مبتنی بر این دو مفهوم می‌باشند محدودیت‌های خاص خود را داشته و نمی‌توانند به تنهایی برای به دست آوردن جواب مطلوب به کار گرفته شوند. در نتیجه به رویکردی پیشرفته و سطح بالا نیاز است که ضمن قرارگیری در کنار این دو مفهوم، با مزیت‌های خود بتواند کاستی‌های آن‌ها را نیز برطرف نماید. پیشرفت‌های اخیر در زمینه تحلیل مکانی نشان داده است که ابزارها و الگوهای محاسباتی موجود در هوش مصنوعی می‌توانند به عنوان رویکردهایی نوین در مدل‌سازی و تشریح سیستم‌های جامع تصمیم‌گیری به کار گرفته شوند. در ادامه این فصل به تشریح روش پیشنهادی این رساله و بررسی اجزای تشکیل‌دهنده آن و نحوه تعامل آن‌ها با یکدیگر می‌پردازیم.

۳-۲- رویکرد روش پیشنهادی

تمرکز این رساله بر روی تعیین و درجه‌بندی مطلوبیت اماکن جهت مکان‌یابی برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز است. رویکرد اصلی پژوهش حاضر در قبال این مساله، پرداختن به آن از جنبه کلاس‌بندی با استفاده از تلفیق مفهوم تصمیم‌گیری چندمعیاره و ابزارهای تحلیل و نمایش اطلاعات مکانی با الگوی بهینه‌سازی و روش کلاس‌بندی فازی می‌باشد. اما آنچه که اهمیت دارد نحوه اعمال الگوی بهینه‌سازی و روش کلاس‌بندی فازی و تعامل آن‌ها با یکدیگر است. لذا راه‌حل به کار گرفته

شده در این تحقیق، استفاده از روش بهینه‌سازی اجتماع مورچگان[1]، به منظور استخراج قوانین دقیق و منطقی برای بکارگیری در یک سیستم استنتاج فازی طراحی شده جهت کلاس‌بندی می‌باشد.

کلاس‌بندی مبتنی بر قانون[2] یکی از عملکردهای کلیدی سیستم مبتنی بر قانون است که معمولا برای ذخیره‌سازی، توزیع، تشریح علت و بکارگیری دانش عملی حل مساله برای حل مسائل پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد. عمل کلاس‌بندی شامل قرار دادن هر نمونه در یک کلاس از مجموعه کلاس‌های از پیش تعیین شده است. این کار بر اساس مقادیر برخی ویژگی‌های مربوط به نمونه مورد نظر انجام می‌شود. هدف کلی، کشف دانشی است که علاوه بر صحیح بودن، قابل درک و مورد علاقه کاربر نیز باشد. از این رو، کاربر می‌تواند نتایج تولید شده توسط سیستم را درک کرده و آن‌ها را با دانش خود ترکیب کرده و به جای اعتماد کورکورانه به یک سیستم با نتایج تولید شده غیر قابل تفسیر، یک تصمیم مطلع و ناشی از آگاهی را اخذ کند. بنابراین می‌توان گفت که کلاس‌بندی مبتنی بر قانون در حقیقت یک فرآیند کشف قوانین کلاس‌بندی[3] به حساب می‌آید. سیستم‌های مبتنی بر قوانین اگر-آنگاه در زمینه‌های کاربردی زیادی با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اخیرا روش‌های متنوعی برای تولید و اصلاح قوانین به صورت خودکار پیشنهاد شده‌اند. اگر قوانین کشف شده بتوانند دامنه مقدم قانون رو پوشش دهند، به عبارت دیگر اگر تمام قوانین ممکن برای ارزیابی شرایط مختلف در نظر گرفته شوند، سنجش شایستگی تمام موارد را پوشش خواهد داد و به طور کامل انجام خواهد شد.

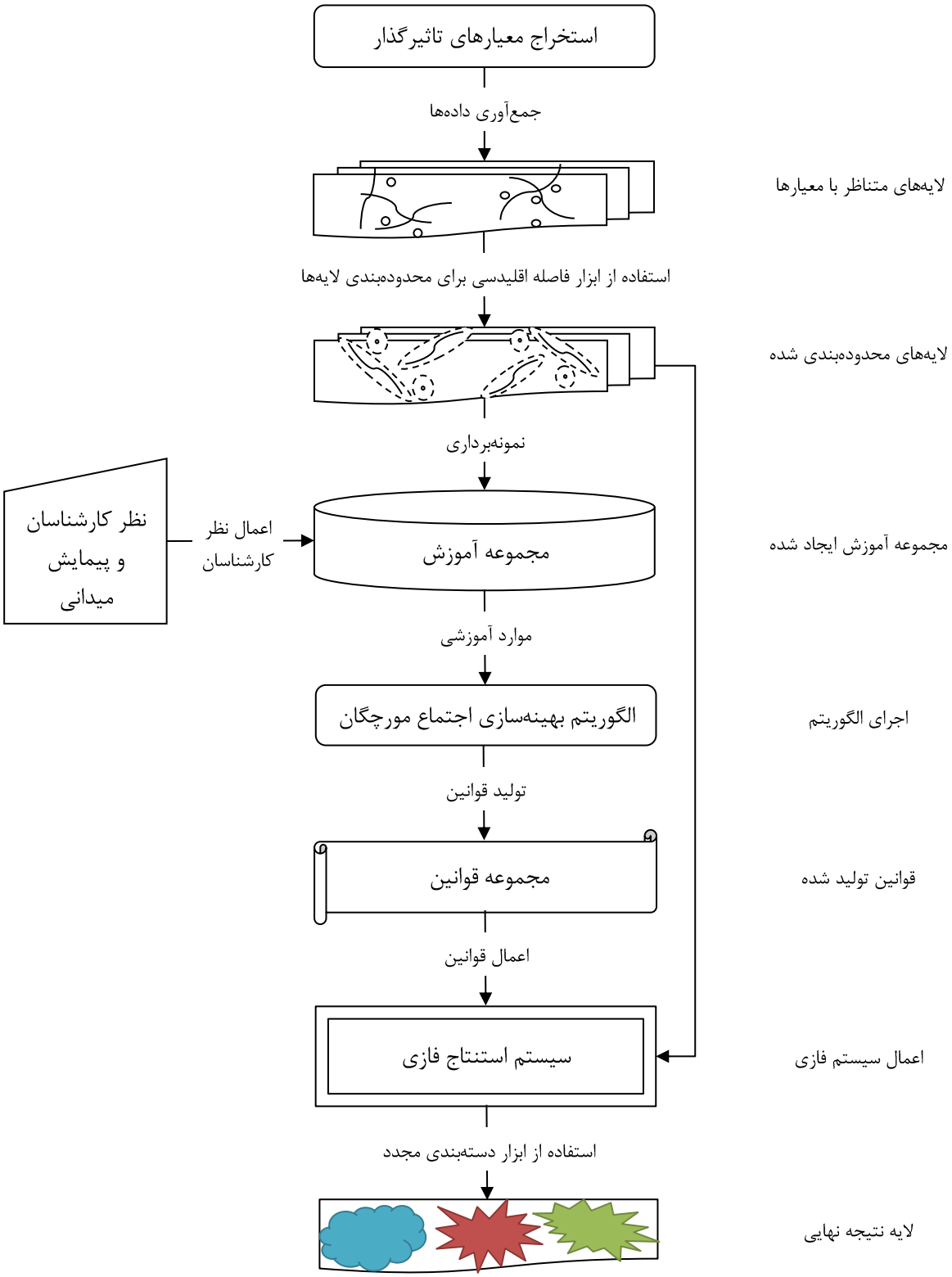
شکل (۳-۱) معماری روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. به منظور ایجاد درک کامل از روش ارائه شده، هر کدام از مراحل آن به همراه مبانی نظری و تعاریف مورد نیاز در ادامه تشریح می‌شوند.

---

[1] Ant Colony Optimization

[2] Rule-based classification

[3] Classification Rule Discovery (CRD)



شکل ۳-۱: معماری روش پیشنهادی

۳-۳- استخراج معیارهای تاثیرگذار

قبل از هر چیز می‌بایست اقدام به شناسایی معیارهای تاثیرگذار در مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز نمود. بدین منظور ابتدا با استفاده از پیمایش کتابخانه‌ای و بررسی پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، تمامی معیارها استخراج شدند. سپس این معیارها در قالب پرسشنامه و جهت امتیازدهی در اختیار شش نفر از کارشناسان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد تا از بین سه مقیاس تحت عنوان: تاثیرگذار (امتیاز ۲)، نسبتا تاثیرگذار (امتیاز ۱) و بی‌تاثیر (امتیاز ۰) برای هر معیار یکی را انتخاب نمایند. برای انتخاب معیارهای نهایی از بین معیارهای استخراج شده، میانگین امتیاز هر معیار محاسبه شد. سپس معیارهایی که میانگین امتیاز آن‌ها بیشتر از ۰/۸ بود به عنوان معیارهای تاثیرگذار نهایی انتخاب و با توجه به ویژگی‌های مشترک در قالب چهار گروه اصلی دسته‌بندی شدند. در جدول (۳-۱) این چهار گروه و معیارهای موجود در هر کدام لیست شده است.

جدول ۳-۱: فهرست معیارهای تاثیرگذار در جایابی دستگاه‌های خودپرداز و لایه‌های جغرافیایی مورد استفاده

گروه	معیار	لایه جغرافیایی
مشخصه جمعیتی	جمعیت	تراکم جمعیت
تسهیلات و خدمات	مراکز آموزشی، مراکز درمانی، مراکز خرید، ادارات دولتی	دانشگاه، آموزشگاه، بیمارستان، کلینیک، درمانگاه، اورژانس، داروخانه، آزمایشگاه، داروخانه، فروشگاه زنجیره‌ای، شرکت تعاونی، میدان میوه و تره‌بار، شهرداری، سفارتخانه، دفتر اسناد
عبور و مرور	ترافیک و حمل و نقل	خیابان‌ها و میادین اصلی، ایستگاه مترو
مراکز مالی	شعب/دستگاه‌های خودپرداز موجود	مربوط به بانک خودی، مربوط به بانک‌های رقیب

۳-۴- آماده‌سازی لایه‌های اطلاعات مکانی

آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول بعد از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، هر کدام از لایه‌ها در یک قالب خاص استاندارد می‌شوند. مرحله دوم نیز مربوط به محدوده-بندی[۱] پیرامون عارضه[۲]های موجود در لایه‌ها است.

بعد از تعیین معیارهای تاثیرگذار و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، لایه متناظر با هر کدام از آن‌ها آماده می‌شود. متناسب با نوع داده تشکیل‌دهنده لایه، عوارض موجود در لایه‌ها می‌توانند به صورت نقطه، چندخطی[۳] یا چندگوشه[۴] باشند. اولین گام در استانداردسازی لایه‌ها، تبدیل تمامی آن‌ها به قالب رستر[۵] می‌باشد. همچنین مقیاس جغرافیایی، مرز، اندازه سلول رستر و مرجع مکانی تمام لایه‌ها یکسان می‌شود. علت استفاده از قالب رستر، قابلیت‌های آن در تسهیل عملیات پردازش می‌باشد. متاسفانه به علت عدم دسترسی به داده‌های مربوط به جمعیت، این معیار از فرآیند کنار گذاشته شد.

در مرحله بعد پیرامون عوارض موجود در هر لایه چندین محدوده تعریف می‌شود. در این پژوهش از شعاع بالقوه تاثیرگذاری دستگاه خودپرداز برای تعیین شعاع محدوده‌ها استفاده می‌کنیم. به منظور تعیین شعاع بالقوه تاثیرگذاری دستگاه خودپرداز در یک ناحیه مفروض، از مدلی که در شکل (۳-۲) نشان داده شده است، استفاده می‌شود.

---

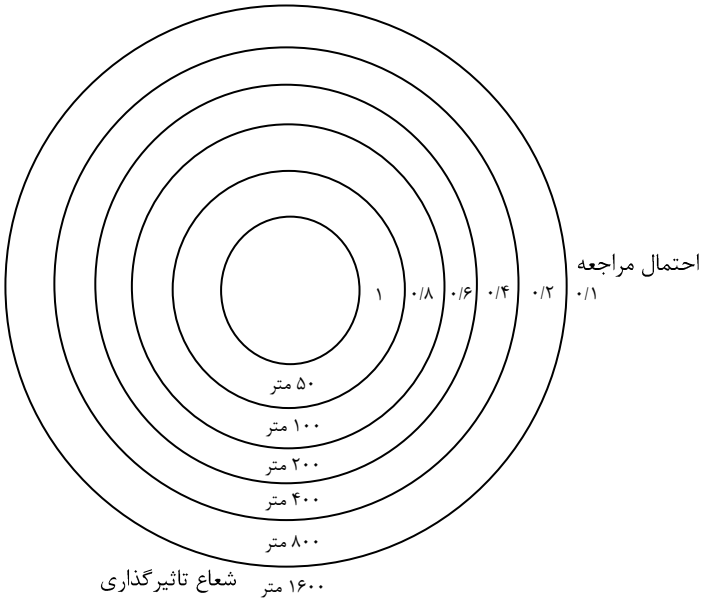
[1] Buffering

[2] Feature

[3] Polyline

[4] Polygon

[۵] فرمت Raster ساختار داده‌ای مانند ماتریس است که مقدار هر سلول آن نمایانگر یک ویژگی نظیر ارتفاع، فاصله و غیره است.



شکل ۳-۲: شعاع تاثیرگذاری دستگاه خودپرداز در یک محدوده فرضی [۲۸]

همانطور که مشاهده می‌شود، این مدل بین شعاع بالقوه تاثیرگذاری دستگاه‌های خودپرداز و احتمال مراجعه یک مشتری به دستگاه رابطه معکوس تعریف کرده است. بدین ترتیب با پذیرفتن احتمال اثرگذاری حداقل ۴۰ درصد برای یک دستگاه خودپرداز، شعاع بررسی ۴۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود [۲۶]. برای اعمال محدوده پیرامون عوارض، از ابزار Euclidean Distance که در جعبه ابزار Spatial Analyst Tools از نرم‌افزار ArcGIS قرار دارد استفاده می‌شود.

۳-۵- ایجاد مجموعه آموزش[1]

به منظور استخراج قوانین نهایی نیاز است تا ابتدا یک مجموعه آموزش ایجاد شود تا الگوریتم بتواند با استفاده از موارد آموزشی[2] موجود در آن، قوانین صحیح را به دست آورد. از آنجا که ساختار موارد آموزشی می‌بایست مانند ساختار قوانین باشد، لذا ابتدا به تشریح ساختار قوانین و سپس روش ایجاد مجموعه آموزش می‌پردازیم.

[1] Training set

[2] Training cases

۳-۵-۱- ساختار قوانین

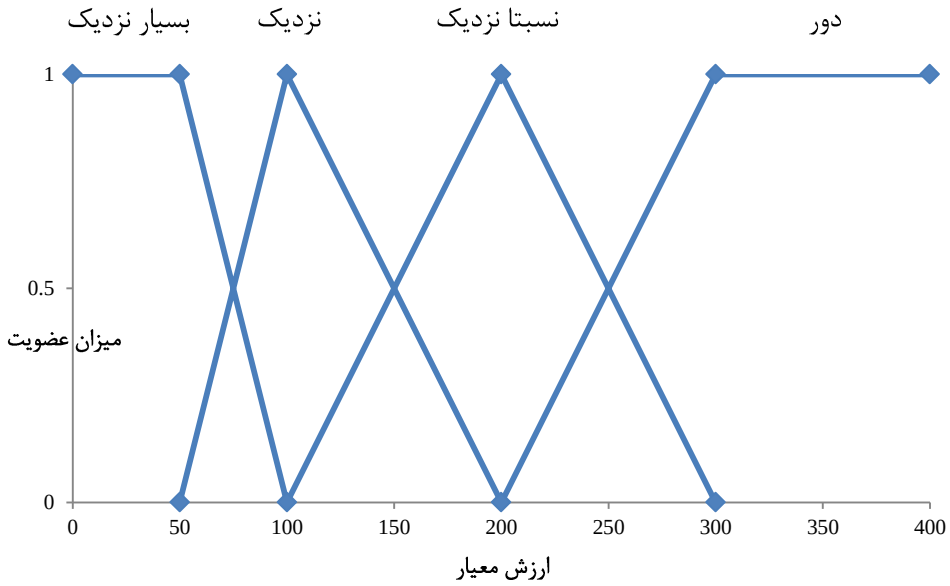
در کلاس‌بندی، دانش کشف شده غالبا به شکل قوانین پیش‌گویانه یا قوانین طبقه‌بندی اگر-آنگاه (IF-THEN) و به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

IF <condition> THEN <class>

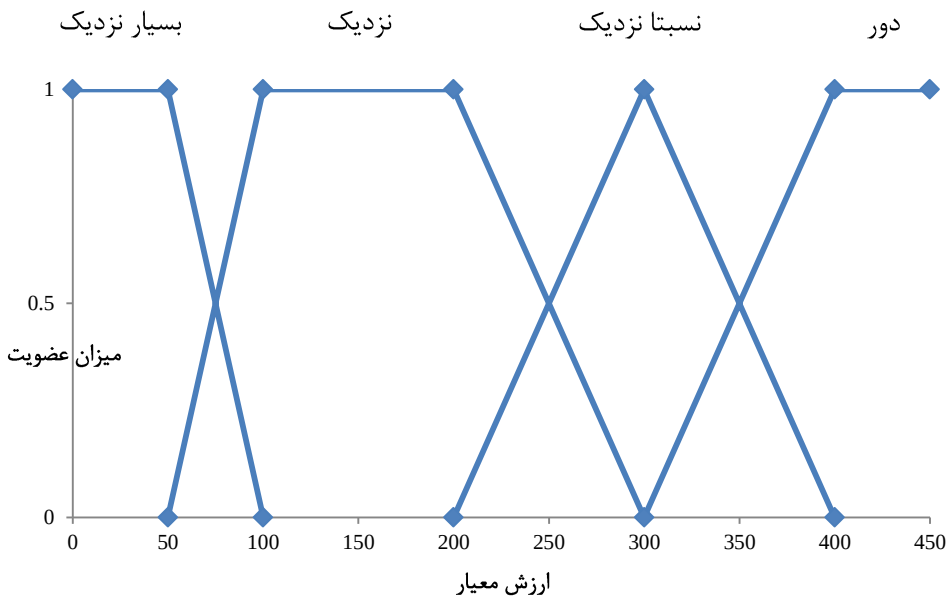
بخش <condition> یا مقدم قانون، شامل تعدادی ویژگی‌های پیش‌گویی‌کننده و شرایطی است که معمولا توسط عملگرهای منطقی مانند ترکیب عطفی (AND) با هم در ارتباط هستند. هر عبارت موجود در این بخش شامل یک سه‌تایی به شکل <attribute, operator, value> است. بخش <class> یا نتیجه قانون شامل کلاس پیش‌بینی شده برای نمونه‌هایی است که ویژگی‌های پیش‌بینی-کننده آن، بخش مقدم قانون را برآورده می‌کند. اینگونه قوانین براساس دانش عملی حل مساله هستند که شرایط کافی و لازم را برای دستیابی به اهداف فراهم می‌آورند.

عدم قطعیت یکی از مواردی است که در تصمیم‌گیری باید بدان توجه شود چراکه اظهارات و ارزیابی اشخاص از معیارها، همواره وابسته به ادراکات و طرز تفکر آن‌ها و در نتیجه مبهم و غیر صریح است. لذا برای پیشگیری از ابهام ناشی از عدم قطعیت در تصمیم‌های انسانی، از مفاهیم مربوط به مجموعه فازی استفاده می‌نماییم. این پژوهش با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان، مجموعه‌ای از قوانین فازی را تولید می‌کند. بنابراین، تمام موارد آموزشی موجود در مجموعه آموزش به صورت قوانین فازی هستند. با توجه به اینکه معیارهای تاثیرگذار همگی با مقیاس فاصله سنجیده می‌شوند لذا می‌توان توابع عضویت را برای هر کدام از آن‌ها براساس فاصله ایجاد نمود. در میان معیارهای بیان شده در جدول (۳-۱)، توابع عضویت گروه تسهیلات و خدمات و گروه عبورومرور براساس نزدیک بودن و تابع عضویت گروه مراکز مالی براساس دور بودن اولویت‌بندی می‌شود. تابع عضویت لایه‌های گروه مراکز مالی در شکل (۳-۳) مشخص شده است. شکل (۳-۴) نیز تابع عضویت در نظر گرفته شده برای لایه‌های موجود در گروه تسهیلات و خدمات و لایه‌های گروه عبورومرور را

نشان می‌دهد. ارزش‌های زبانی که برای این توابع در نظر گرفته شده است شامل بسیار نزدیک، نزدیک، نسبتا نزدیک و دور می‌باشد.



شکل ۳-۳: تابع عضویت لایه‌های موجود در گروه مراکز مالی



شکل ۳-۴: تابع عضویت لایه‌های موجود در گروه تسهیلات و خدمات و لایه‌های گروه عبورومرور

۳-۵-۲- روش ایجاد مجموعه آموزش

مقدم قانون هر یک از موارد آموزشی از طریق نمونه‌برداری مکانی تعیین و نتیجه قانون نیز از مخزن دانش[1] دریافت می‌شود. منظور از مخزن دانش، مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به کلاس‌بندی شایستگی محیط مورد بررسی است. این اطلاعات تلفیقی از تجربیات کارشناسان و افراد خبره در زمینه ارزیابی شایستگی و همچنین پیمایش میدانی می‌باشد. علاوه بر این، انتخاب نمونه‌ها می‌تواند به صورت تصادفی نیز انجام شود. نکته‌ای که باید بدان توجه داشت این است که تمام این قوانین اولیه با در نظر گرفتن توابع عضویت هر یک از گروه‌ها تعریف می‌شوند و همگی به صورت فازی هستند.

دانش افراد خبره و پیمایش میدانی دو رکن اساسی در ایجاد مجموعه آموزش هستند. مشارکت کارشناسان نقش مهمی در کلاس‌بندی شایستگی که یک فرآیند پیچیده با تعداد عوامل متعدد است، دارد. دانش کارشناسان می‌تواند کمکی در جهت تسهیل و تجزیه کردن اطلاعات پیچیده به داده‌هایی با ساختار استاندارد باشد. مرحله ایجاد مجموعه آموزشی بسیار دارای اهمیت است چرا که مستقیما روی دقت و کیفیت قوانین مستخرج تاثیر دارد. بدین منظور باید دو استاندارد برای ایجاد یک مجموعه آموزش مناسب رعایت شود: ۱- وجود تعداد کافی از موارد آموزشی در مجموعه آموزش. کیفیت مناسب قوانین استخراج شده، وابسته به وجود تعداد کافی و مناسب از موارد آموزشی است چرا که باعث هدایت مورچگان در مسیر صحیح می‌شود. ۲- وجود تعداد کافی برای هر کدام از موارد آموزشی که دارای کلاس‌های مختلف برای قسمت نتیجه قانون هستند. موارد آموزشی نادرست و همچنین توزیع نامتوازن ارزش‌های موجود در قسمت نتیجه قانون، باعث عدم استخراج برخی قوانین مهم و گمراه شدن مورچگان می‌شود که نتیجه آن افت کیفیت قوانین مستخرج و به تبع آن کاهش کیفیت کلاس‌بندی می‌باشد.

[1] Knowledge repository

۳-۶- اعمال بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای کشف قوانین کلاس‌بندی

الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان نوعی از هوش تجمعی[1] است که اولین بار توسط دوریگو[2] [۴۳] و همکارانش به عنوان یک نگرش با چندین عامل برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی یا راه‌حل چند عاملی[3] برای مسائلی مانند مسئله فروشنده دوره‌گرد پیشنهاد شده است.

ایده کلاس‌بندی مبتنی بر قانون از رفتار کاوشگری مورچه‌های واقعی الهام گرفته شده است. اما فرآیند اکتشاف کوتاهترین مسیر نمی‌تواند در این مورد جواب مستقیم را ارائه دهد. اولین الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای کلاس‌بندی مبتنی بر قانون توسط پارپینلی[4] و همکارانش [۴۵-۴۴] معرفی گردید. در پژوهش آن‌ها الگوریتمی تحت عنوان Ant-Miner ارائه گردید که برای استخراج قوانین کلاس‌بندی از داده‌های موجود به کار گرفته شد. بعد از آن، تحقیقات دیگر [۴۷-۴۶] روش‌هایی همانند Ant-Miner2 و ACO-Miner را بر مبنای Ant-Miner پیشنهاد دادند. اگرچه این روش‌ها کارآیی الگوریتم Ant-Miner را در حل مسائل غیرمکانی بهبود داده‌اند، اما کاربرد آن‌ها در حوزه مسائل مکانی به خاطر وجود دو چالش بزرگ محدود شده است: ۱- ارسال و دریافت داده‌های مکانی فرآیندهای نمونه‌برداری و استخراج قوانین را بسیار دشوار می‌کند، ۲- مسائل مکانی در اکثر مواقع شامل داده‌های حجیم هستند بنابراین به کارآیی بهتر و قوانین ساده‌تر نیاز دارند. در ادامه مفاهیم و مراحل موجود برای استخراج قوانین کلاس‌بندی توسط روش بهینه‌سازی اجتماع مورچگان توضیح داده می‌شود.

[1] Swarm intelligence

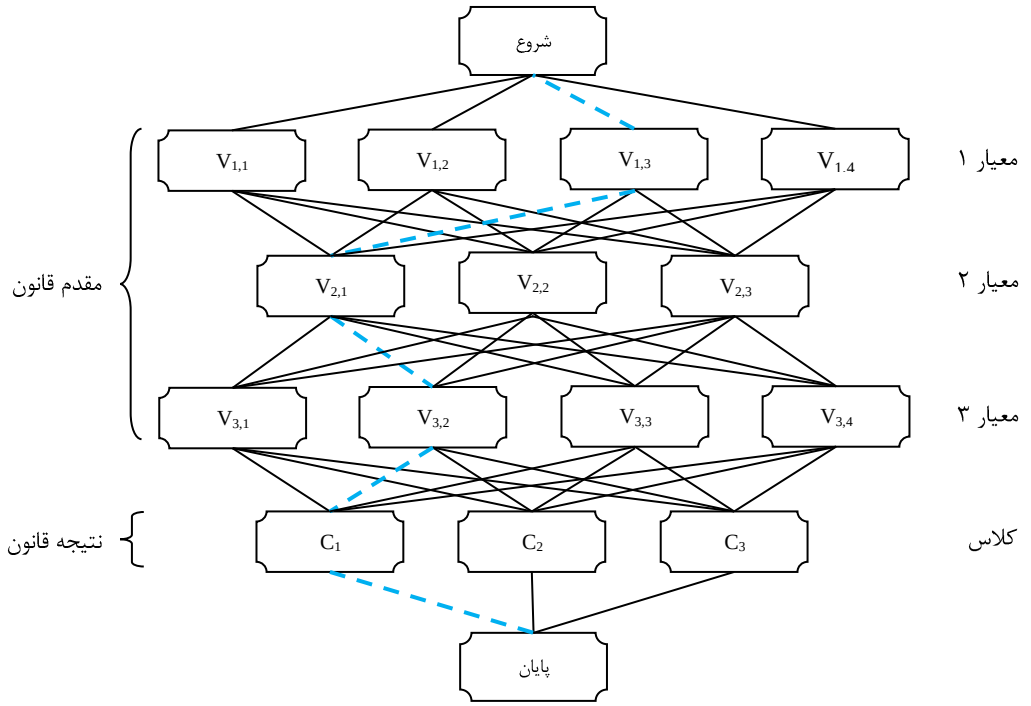
[2] Dorigo

[3] Multi agent

[4] Parpinelli

۳-۶-۱- ساختار داده برای اکتشاف قانون

به منظور ایجاد ساختار داده برای اکتشاف قوانین، از رفتار واقعی مورچگان در کاوش مسیر الهام گرفته شده است. شکل (۳-۵) ساختار داده برای اکتشاف قانون را نمایش می‌دهد. در ابتدای ساختار، نقطه شروع قرار دارد. در ادامه، تعدادی معیار قرار گرفته است که هر کدام دارای چندین ارزش مخصوص به خود هستند. مقادیر ممکن برای ارزش هر معیار به صورت $V_{i,j}$ نشان داده شده است که در آن منظور از i شماره معیاری است که ارزش به آن تعلق دارد و j نیز شماره ارزش را نشان می‌دهد. بعد از مجموعه معیارها که تشکیل‌دهنده مقدم قانون می‌باشند، کلاس‌ها یا همان نتیجه قانون واقع است. مورچه مجازی از نقطه شروع که به عنوان لانه مجازی می‌باشد اقدام به حرکت می‌کند و در ازای مشاهده هر معیار، ارزشی را برای آن برمی‌گزینند. بعد از پیمایش تمام معیارها، ارزش کلاس انتخاب می‌شود. شکل (۳-۵) یک مسیر نمونه که توسط مورچه انتخاب شده است را به صورت خط-چین نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵: ساختار داده برای اکتشاف قوانین کلاس‌بندی

معیارها و ارزش انتخاب شده برای هرکدام از آن‌ها، بخش مقدم قانون و کلاس و ارزش انتخاب شده برای آن نیز نتیجه قانون را ایجاد می‌کنند. به عنوان مثال، قانون مستخرج از مسیر نشان داده شده در شکل بالا مطابق ذیل است. روشی که برای به دست آوردن قوانین اکتشافی اجرا می‌شود در ادامه به تفصیل بیان خواهد شد.

IF $Attribute_1 = V_{1,3}$ and $Attribute_2 = V_{2,1}$ and $Attribute_3 = V_{3,2}$ THEN $Class = C_1$

تفاوت‌های اصلی بین ساختار داده برای اکتشاف قوانین کلاس‌بندی و فرآیند کاوشگری مورچه‌های حقیقی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- مورچه‌های حقیقی بعد از ترک لانه و یافتن غذا دوباره به لانه برمی‌گردند. اما مورچه‌های مجازی در ساختار داده بیان شده به نقطه شروع برنمی‌گردند.

۲- حرکت مورچه‌های مجازی جابه‌جایی بین حالات گسسته است. در حقیقت مورچه‌های مجازی برخلاف مورچه‌های واقعی، از یک گره به گره دیگر جهش می‌کنند. لذا این ساختار داده فقط برای مواردی که می‌توان معیارها را مجزا از هم در نظر گرفت قابل اعمال است.

۳- برای مورچه‌های واقعی، دو فرآیند پیمودن مسیر و به‌روزرسانی فرومون[1] همزمان انجام می‌شود. اما مورچه‌های مجازی فقط هنگامی که یک قانون تولید می‌شود دنباله[2] فرومون را به‌روزرسانی می‌کنند.

۴- مورچه‌های واقعی ممکن است به صورت گروهی حرکت کنند. اما در جهان مجازی، یک مورچه به تنهایی ساختار داده را می‌پیماید و فقط هنگامی که این مورچه به انتهای ساختار برسد و یک قانون تولید نماید، مورچه بعدی شروع به حرکت می‌کند.

۵- فرومون تنها عاملی است که بر روی حرکت مورچه‌های واقعی تاثیر دارد و در صورت عدم وجود این ماده، مورچه‌ها به صورت تصادفی به کاوشگری می‌پردازند. به منظور بهبود عملکرد

[1] Pheromone

[2] Trail

الگوریتم، یک مشخصه تحت عنوان آینده‌نگری[1] به مورچه‌های مجازی افزوده می‌شود که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۳-۶-۲- تشریح الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای اکتشاف قوانین

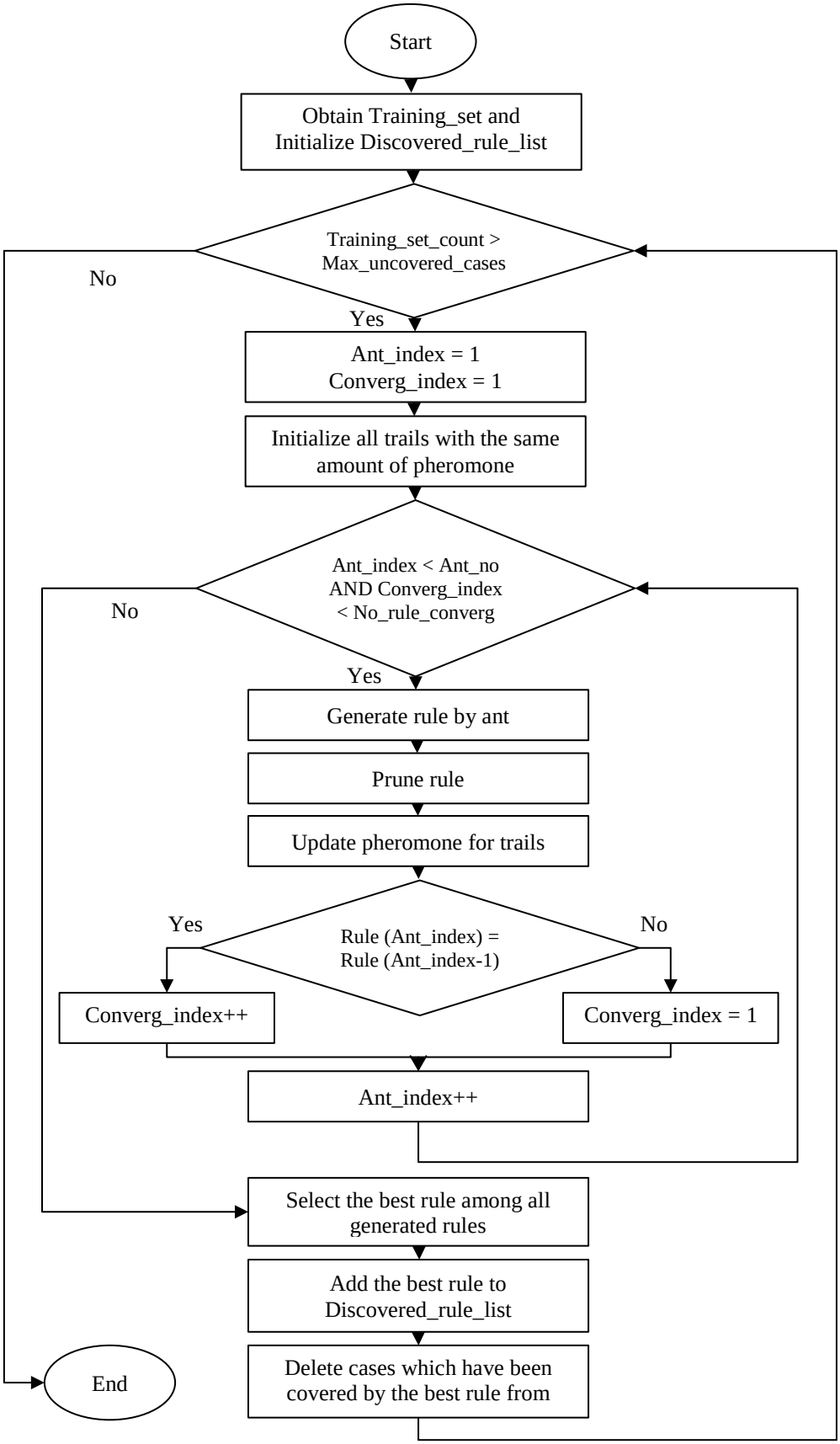
این الگوریتم قواعد اساسی مشترکی با فرآیند اکتشاف کوتاه‌ترین مسیر که توسط مورچه‌های واقعی انجام می‌شود، دارد. طراحی این الگوریتم دربرگیرنده یک تابع احتمال است که امکان انتخاب یک مسیر توسط مورچه را مشخص می‌کند. این تابع براساس مقدار فرومون موجود در دنباله و یک تابع اکتشافی وابسته به مساله[2] (مشخصه آینده‌نگری) تعیین می‌شود. بعد از کاوش تعداد زیادی از مورچه‌ها، اکثر مورچه‌های باقیمانده یک مسیر مشخص را به خاطر بازخورد مثبت آن انتخاب می‌کنند. این مسیر همان مسیری است که مقدار فرومون در آن بیشتر است و تابع اکتشافی نیز مقدار احتمال بیشتری را برای انتخاب آن نشان می‌دهد. اگر یک مسیر توسط مورچه انتخاب شود، مقدار فرومون آن افزایش پیدا می‌کند. هنگامی که تعداد کافی از مورچه‌ها این مسیر را طی کنند، می‌توان آن را یک نامزد برای انتخاب به عنوان قانون اکتشاف شده در نظر گرفت و بعد از اثبات کیفیت، آن را یک قانون اکتشاف شده به حساب آورد. مکانیزم بازخورد، مشخصه اصلی الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان است. در واقع می‌توان این مشخصه را تفاوت اصلی بین این الگوریتم و سایر روش‌های کشف قوانین کلاس‌بندی به شمار آورد.

نمودار جریان فرآیند الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای اکتشاف قوانین در شکل (۳-۴) نشان داده شده است. این الگوریتم با دریافت مجموعه آموزش که شامل موارد آموزشی است شروع می‌شود. سپس، حلقه اصلی اجرا می‌شود تا به ازای هر پیمایش یک قانون استخراج کند. این کار با مقداردهی اولیه شمارنده مورچه‌ها و شمارنده همگرایی که برای تست همگرا شدن مسیر مورچه‌ها و فرومون موجود روی تمام دنباله‌ها کاربرد دارد، شروع می‌شود.

---

[1] Looking-ahead

[2] Problem-dependent heuristic function



شکل ۳-۶: نمودار جریان فرآیند الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان برای اکتشاف قوانین

همگرایی مسیر یک شاخص مهم است که برای بررسی این بکار می‌رود که آیا یک مسیر ثابت که توسط مورچه‌ها انتخاب می‌شود شکل گرفته است یا خیر. در واقع این شاخص تعداد دفعاتی که یک مسیر خاص توسط مورچه‌ها انتخاب می‌شود را ذخیره می‌کند و به ازای هر بار انتخاب، یک واحد افزایش می‌یابد.

زیرحلقه موجود در الگوریتم، برای اکتشاف قوانین کلاس‌بندی توسط تعداد مشخص مورچه مجازی که به نوبت مسیر را کاوش می‌کنند به کار می‌رود. فرآیند اکتشاف از سه مرحله اصلی تشکیل شده است: تولید قانون، هرس[1] قانون و به روزرسانی فرومون. این زیرحلقه زمانی اتمام پیدا می‌کند که تمام مورچه‌ها کاوش رو انجام داده باشند و یا اینکه حالت همگرایی حاصل شده باشد. برای بررسی همگرایی نیاز به یک حد آستانه است. اگر به تعداد این حد آستانه مورچه‌ها یکی پس از دیگری از یک مسیر خاص عبور کنند، آنگاه آن مسیر به عنوان نامزد قانون اکتشاف شده به حساب می‌آید. حلقه اصلی بهترین قانون را از میان قوانین اکتشاف شده با توجه به کیفیت آن‌ها انتخاب می‌نماید. سپس، موارد آموزشی که توسط بهترین قانون پوشش داده می‌شوند از میان مجموعه آموزش حذف می‌شوند. به عبارت دیگر، تعداد موارد آموزشی موجود در مجموعه آموزش به تدریج و با یافتن قوانین کاهش می‌یابد. این حلقه زمانی اتمام می‌یابد که تعداد موارد آموزشی از یک حد آستانه (Max_uncovered_cases) کمتر شود.

۳-۶-۲-۱- تولید قانون

همانطور که ذکر شد، برای ایجاد قانون مورچه‌ها حرکت خود را از لانه مجازی شروع کرده و برای هر معیار که در مسیر قرار دارد یک ارزش انتخاب می‌کنند. این فرآیند از طریق تابع احتمالی که در رابطه (۳-۱) نشان داده شده است، عملی می‌شود. این تابع میزان احتمال ($P_{i,j}$) انتخاب j امین ارزش ($V_{i,j}$) را برای معیار i ام تعیین می‌کند [۴۴].

[1] Pruning

$$P_{i,j} = \frac{[\eta_{i,j}]^{\alpha}[\tau_{i,j}(t)]^{\beta}}{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b_i}[\eta_{i,j}]^{\alpha}[\tau_{i,j}(t)]^{\beta}} \quad \forall i \in I \,, \qquad (۱-۳)$$

منظور از $\eta_{i,j}$ مقدار تابع اکتشافی وابسته به مساله برای گره $V_{i,j}$ است که به عنوان مشخصه آینده-نگری، حرکت مورچه‌ها را هدایت می‌کند. متغیر $\tau_{i,j}(t)$ مقدار فرومون موجود روی گره $V_{i,j}$ را مشخص می‌کند که رابطه آن در ادامه ذکر می‌شود. a تعداد معیارها، b_i تعداد ارزش‌های موجود برای معیار i ام و I مجموعه معیارهایی که هنوز توسط مورچه پیمایش نشده‌اند، را نشان می‌دهد. پارامترهای α و β نیز به ترتیب وزن نسبی مقدار تابع اکتشافی و مقدار فرومون را کنترل می‌کنند. هرچه مقدار تابع اکتشافی بیشتر باشد احتمال انتخاب گره متناظر با آن نیز بیشتر می‌شود. بدین ترتیب این متغیر مورچه‌ها را در کاوش مسیر راهنمایی می‌کند. رابطه (۳-۲) تعریف این متغیر را نشان می‌دهد [۴۸].

$$\eta_{i,j} = \frac{max\left(freqT_{i,j}^{1}, freqT_{i,j}^{2}, \dots, freqT_{i,j}^{k}\right)}{|T_{i,j}|} \qquad (۲-۳)$$

در این رابطه، منظور از $T_{i,j}$ مجموعه دربردارنده مواردی است که در آن‌ها ارزش معیار i برابر با $V_{i,j}$ است. $|T_{i,j}|$ تعداد موارد موجود در $T_{i,j}$ را نشان می‌دهد. تعداد مواردی که در آن‌ها ارزش کلاس برابر با C_k انتخاب شده است، توسط $freqT_{i,j}^{k}$ مشخص می‌شود. همانطور که ذکر شد، هرچه مقدار $\eta_{i,j}$ بیشتر باشد احتمال انتخاب گره $V_{i,j}$ برای شرکت در ایجاد قانون بیشتر می‌شود.

با توجه به احتمال حاصل از رابطه (۳-۱)، گره $V_{i,j}$ برای اضافه شدن به قانون انتخاب می‌شود. اما یک استثنا نیز برای اضافه شدن $V_{i,j}$ به قانون در حال ساخت وجود دارد و آن هنگامی است که تعداد مواردی که توسط قانون پوشش داده می‌شوند کمتر از یک حد آستانه (Min_cases_per_rule) باشد. بعد از اینکه مورچه تمام معیارها را کاوش نمود مقدم قانون ایجاد می‌شود. سپس برای ایجاد نتیجه قانون نیز یک مقدار مانند C_i را برای کلاس انتخاب می‌کند. مورچه مقداری را برای کلاس انتخاب می‌کند که با احتمال بیشتری از موارد آموزشی که توسط مقدم قانون پوشش داده می‌شود منتج می-گردد.

۳-۶-۲-۲- هرس قانون

بعد از اینکه یک قانون ایجاد شد، عملیات هرس آن آغاز می‌شود. این عملیات باعث بالا رفتن کیفیت قانون می‌شود. منظور از کیفیت قانون و تعریف آن در ادامه توضیح داده می‌شود. می‌توان گفت که عملیات هرس قانون باعث ساده‌تر و قابل فهم‌تر شدن قوانین می‌شود. این فرآیند سعی می‌کند تا هر گره موجود در قسمت مقدم قانون را به نوبت حذف و سپس کیفیت قانون را محاسبه نماید. در نهایت گره‌ای که با حذف آن کیفیت قانون بیشتر بهبود پیدا می‌کند، از مقدم قانون کنار گذاشته می‌شود. شایان ذکر است که ممکن است در طی این فرآیند هیچ گره‌ای حذف نشود.

۳-۶-۲-۳- به‌روزرسانی فرومون

هدف از انجام این مرحله شبیه‌سازی فرآیند متصاعد شدن فرومون توسط مورچه‌ها در دنیای واقعی است. وجود فرومون و مقدار آن بر روی گره‌ها، مورچه‌های مجازی را در یافتن مسیر (قانون) درست هدایت می‌کند. علاوه بر این، به‌روزرسانی فرومون دقت کلاس‌بندی را افزایش می‌دهد. علت این امر آن است که تاثیر بازخورد مثبت از به‌روزرسانی فرمون کمک می‌کند تا برخی از اشتباهات ناشی از محدودیت معیارهای اکتشافی تصحیح شود.

همانگونه که بیان شد، کیفیت قانون در هرس آن و تعیین گره قابل حذف مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، کیفیت قانون در به‌روزرسانی فرومون‌ها نیز تاثیرگذار است. رابطه (۳-۳) تعریف کیفیت قانون را بیان می‌کند [۴۴].

$$Q = \left(\frac{TruePositive}{TruePositive + FalseNegative}\right) + \left(\frac{TrueNegative}{TrueNegative + FalsePositivie}\right) \quad (۳-۳)$$

در این رابطه Q که مقداری بین صفر و یک دارد، نشان‌دهنده کیفیت قانون است. پارامتر *TruePositive* برابر با تعداد موارد آموزشی موجود در مجموعه آموزش است که قسمت مقدم و نتیجه آن‌ها توسط قانون کشف شده پوشش داده می‌شود. تعداد موارد آموزشی که فقط قسمت مقدم آن‌ها

توسط قانون پوشش داده می‌شود تحت عنوان *FalsePositive* و تعداد موارد آموزشی که فقط قسمت نتیجه آن‌ها به وسیله قانون تحت پوشش قرار می‌گیرد *FalseNegative* نامیده می‌شود. متغیر *TrueNegative* برابر با تعداد موارد آموزشی است که قسمت مقدم و نتیجه آن‌ها توسط قانون تحت پوشش قرار نمی‌گیرد. در حقیقت می‌توان گفت که الگوریتم از طریق رابطه (۳-۳) تصمیم می‌گیرد که چه مقدار فرومون به مسیری که یک مورچه انتخاب کرده است افزوده شود. هر چه کیفیت مسیر انتخاب شده بهتر باشد، میزان فرومون آن نیز بیشتر خواهد بود که این عاملی برای جذب سایر مورچگان به سمت آن مسیر خواهد بود. در ادامه روابط موجود جهت به‌روزرسانی فرومون برای شرایط مختلف گره‌ها بیان شده است.

- مقداردهی اولیه فرومون برای گره‌ها

ابتدا تمام دنباله‌ها با یک مقدار مشخص از فرومون مقداردهی می‌شوند. بدین منظور از رابطه (۳-۴) استفاده می‌شود [۴۵].

$$\tau_{i,j}(t=0) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{a} b_i} \qquad (۴-۳)$$

در این رابطه، a تعداد معیارها، b_i تعداد ارزش‌های موجود برای معیار i ام و t شمارنده ترتیب پیمایش می‌باشد.

- به‌روزرسانی فرومون برای گره‌های کاوش شده

مقدار فرومون برای گره‌هایی که در قانون فعلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌بایست به‌روز شود. چراکه هر مورچه مجازی در هنگام عبور از یک گره به مقدار فرومون آن می‌افزاید. در عین حال گذشت زمان نیز باعث تبخیر فرومون می‌شود که این مورد نیز باید شبیه‌سازی شود. لذا این دو عملیات به صورت یکپارچه در رابطه (۳-۵) تعریف شده‌اند [۴۹].

$$\tau_{i,j}(t) = (1-\rho)\tau_{i,j}(t-1) + \left(1 - \frac{1}{1+Q}\right)\tau_{i,j}(t-1) \qquad (۵-۳)$$

در رابطه بالا، t شمارنده ترتیب پیمایش و منظور از ρ نرخ تبخیر است که سرعت کاهش و تبخیر فرومون موجود روی دنباله‌ها را تعیین می‌کند. پارامتر Q نیز میزان کیفیت قانون است که از رابطه (۳-۳) به دست می‌آید.

- به‌روزرسانی فرومون برای گره‌های کاوش نشده

گره‌هایی که در قانون فعلی شرکت نداشته‌اند نیز باید به‌روزرسانی شوند چراکه فرومون آن‌ها در طی گذشت زمان تبخیر می‌شود. این تبخیر توسط رابطه (۳-۶) شبیه‌سازی می‌شود [۴۹].

$$\tau_{i,j}(t) = \frac{\tau_{i,j}(t-1)}{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b_i}\tau_{i,j}(t-1)} \quad (۶-۳)$$

در رابطه بالا، a تعداد معیارها، b_i تعداد ارزش‌های موجود برای معیار i ام و t شمارنده ترتیب پیمایش می‌باشد.

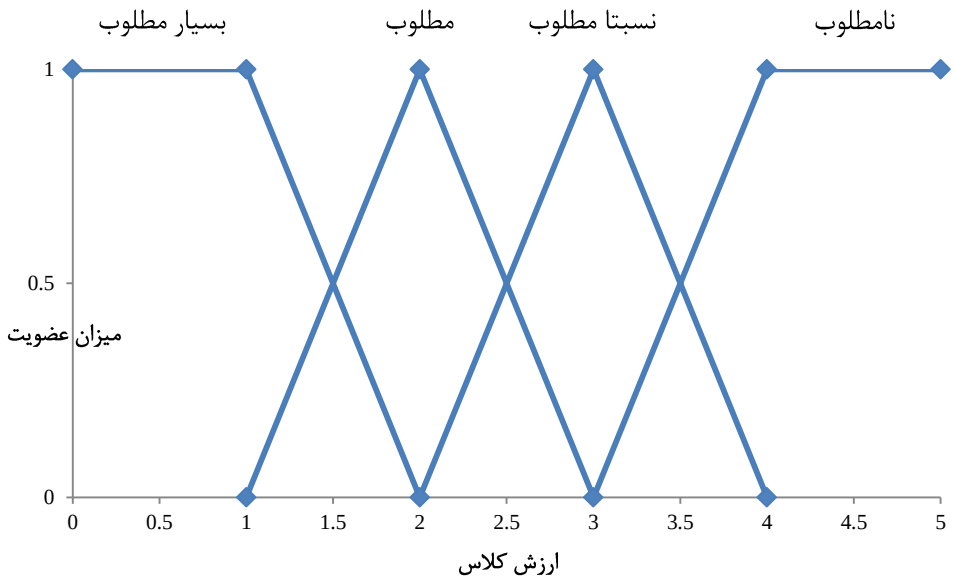
۳-۷- کلاس‌بندی و نمایش لایه خروجی

مطابق با آنچه که در رویکرد پژوهش مطرح شد، بعد از استخراج قوانین فازی توسط الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان، کلاس‌بندی با استفاده از این قوانین و توسط سیستم استنتاج فازی انجام می‌شود. در ادامه ساختار سیستم استنتاج فازی و نحوه کلاس‌بندی توسط آن توضیح داده می‌شود.

ورودی‌های سیستم فازی، ارزش هر سلول در لایه مربوط به هر معیار می‌باشد که توابع عضویت آن‌ها در بخش ۳-۵-۱ تعریف شده است. خروجی سیستم نیز از طریق قوانین به دست آمده توسط الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان و تعریف تابع عضویت خروجی که در شکل (۳-۷) نشان داده شده است، حاصل می‌شود. ارزش‌های زبانی این تابع شامل بسیار مطلوب، مطلوب، نسبتا مطلوب و نامطلوب می‌شود. تعریف توابع عضویت ورودی و خروجی براساس نظرات کارشناسان و پیمایش‌های

میدانی صورت گرفته است. موتور استنتاج مورد استفاده از نوع ممدانی[1] می‌باشد و برای غیرفازی‌سازی از Mean of Maximum (MOM) استفاده شده است.

برای اعمال خروجی به دست آمده از سیستم پیشنهادی، لایه نتیجه که یک لایه خالی در قالب رستر است و مشخصات آن مشابه با مشخصات لایه‌های ورودی می‌باشد ایجاد می‌شود. مقدار حاصل از سیستم، به سلولی از لایه نتیجه نسبت داده می‌شود که با سلول‌هایی که مورد پردازش قرار گرفته‌اند تناظر مکانی دارد. بعد از اینکه تمام سلول‌ها مورد پردازش قرار گرفتند و لایه نتیجه تکمیل گردید، ارزش سلول‌های این لایه صرفا به منظور نمایش بهتر، با استفاده از ابزار Reclassify که در جعبه ابزار Spatial Analyst Tools از نرم‌افزار ArcGIS قرار دارد، دسته‌بندی می‌شود. در حقیقت ناحیه‌هایی که توسط سیستم مشخص می‌شوند به عنوان اماکن پیشنهادی برای استقرار دستگاه‌های خودپرداز به حساب می‌آیند و بررسی اعتبار و صحت آن‌ها توسط کارشناسان و با پیمایش میدانی حاصل می‌شود.



شکل ۳-۷: تابع عضویت خروجی سیستم استنتاج فازی

[1] Mamdani

فصل چهارم

آزمایشات و نتایج تجربی

۴-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا به معرفی منطقه مورد مطالعه از لحاظ جغرافیایی و ساختار خدمات شهری می‌پردازیم. سپس مراحل روش پیشنهادی را گام به گام بر روی آن اعمال کرده و نتایج هر مرحله را نمایش می‌دهیم. بعد از به دست آوردن نتیجه نهایی، با بررسی آن میزان دقت روش را می‌سنجیم. این نتیجه می‌تواند در تحلیل وضع فعلی نیز مورد استفاده قرار بگیرد. همانطور که ذکر شد، اکتشاف قوانین توسط الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان انجام می‌شود. این الگوریتم دارای چهار پارامتر ورودی می‌باشد که از بین این چهار پارامتر، نقش دو پارامتر نسبت به بقیه در کارآیی الگوریتم پررنگ‌تر است. لذا برای دستیابی به مقدار مناسب برای این دو پارامتر، تاثیر تغییرات در مقدار آن‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. همچنین روش ارائه شده را از جنبه دقت کلاس‌بندی با الگوریتم C4.5 مقایسه می‌نماییم. به منظور تائید اعتبار روش پیشنهادی، آن را بر روی یک مورد مطالعه فرضی نیز اعمال می‌کنیم.

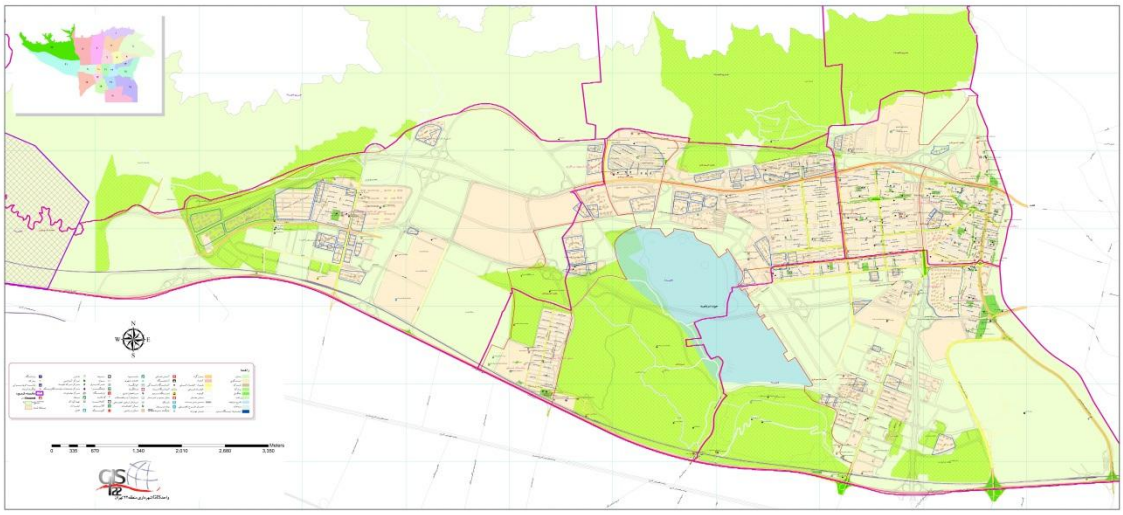
۴-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

این تحقیق کاربردی با محوریت تعیین مکان بهینه جهت استقرار دستگاه‌های خودپرداز برای بانک تجارت ایران انجام پذیرفته است. برای بررسی امکان‌پذیر بودن روش پیشنهادی، منطقه ۲۲ شهر تهران به عنوان ناحیه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. این منطقه با مساحت تقریبی ۵۴۰۰۰ هکتار بین طول‌های شرقی ″۱۰ ′۵ ۵۱ تا ″۴۰ ′۲۰ ۵۱ و عرض‌های شمالی ″۱۶ ′۳۲ ۳۵ تا ″۱۹ ′۵۷ ۳۵ در قسمت شمال غربی شهر تهران قرار دارد. بنا بر سرشماری انجام شده، حدود ۱۳۸۹۷۰ نفر در این منطقه زندگی می‌کنند. این منطقه از لحاظ جغرافیایی به ۴ ناحیه و ۹ محله تقسیم‌بندی شده است. جدول (۴-۱) اطلاعات این منطقه را از لحاظ آمار نفوس و تعداد تسهیلات شهری موجود در هر

محله نمایش می‌دهد. در شکل (۴-۱) نقشه این منطقه نشان داده شده است. اطلاعات مذکور و نقشه نشان داده شده در شکل (۴-۱) از سایت رسمی منطقه ۲۲ شهرداری تهران[۱] استخراج شده است.

جدول ۴-۱: آمار نفوس و تسهیلات شهری منطقه ۲۲ تهران به تفکیک محله

شماره ناحیه	شماره محله	جمعیت	تعداد							
			میادین اصلی	معابر و خیابان-های اصلی	مراکز خرید	مراکز درمانی	ادارات و مراکز دولتی	مراکز آموزشی	ایستگاه مترو	شعب/دستگاه خودپرداز
۱	۱	۵۳۴۳	۲	۲	۱	۲	۰	۲	۰	۱
	۲	۲۳۹۸۰	۲	۸	۴	۴	۳	۱	۰	۴
	۳	۱۴۸۹۸	۳	۹	۵	۶	۳	۰	۰	۴
۲	۴	۲۸۲۷۵	۲	۸	۴	۳	۳	۲	۲	۴
۳	۹	۷۳۴۹	۱	۸	۱	۱	۰	۸	۱	۰
۴	۵	۲۵۳۵۲	۱	۶	۲	۲	۰	۰	۰	۰
	۶	۱۱۵۴۸	۱	۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰
	۷	۹۵۴۳	۰	۵	۲	۰	۰	۰	۰	۰
	۸	۱۲۶۸۲	۱	۶	۱	۳	۲	۰	۱	۰



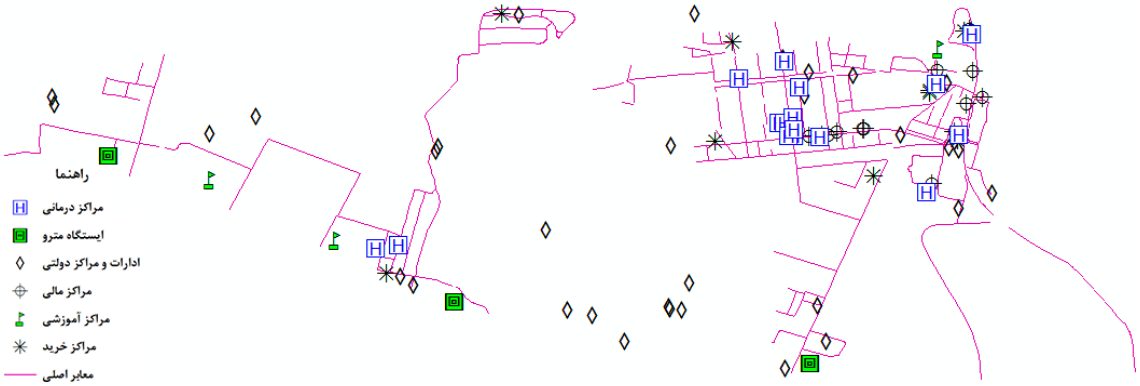
شکل ۴-۱: نقشه منطقه ۲۲ تهران

لایه‌های مربوط به معیارهای در نظر گرفته شده در قالب Shape[۲] هستند. برای اعمال به الگوریتم لایه‌ها را به قالب رستر، با ابعاد ۲۵۰ × ۷۸۲، اندازه سلول ۵ × ۵ متر و در سیستم مختصات جهانی WGS84 تبدیل می‌نماییم. تمام این لایه‌ها به غیر از لایه‌های مربوط به معابر و خیابان‌های اصلی

[۱] سایت رسمی منطقه ۲۲ شهرداری تهران: region22.tehran.ir، تاریخ دسترسی ۹۲/۰۸/۱۴

[۲] این قالب از یک سری خطوط و منحنی که به صورت ریاضی تعریف شده‌اند تشکیل می‌شود و قالب اصلی ArcGIS است

دارای عارضه‌های نقطه‌ای هستند. عارضه تشکیل‌دهنده لایه معابر و خیابان‌های اصلی نیـز بـه صـورت چندخطی است. شکل (۴-۲) تلفیق تمام لایه‌ها را در کنار هم نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲: نمایش تمام لایه‌های منطقه مورد مطالعه

۴-۳- اعمال محدوده‌بندی در لایه‌ها

با توجه به آنچه که در فصل سوم بیان شد، اولین قدم بعد از تدوین لایه‌ها، ایجاد محدوده در پیرامون عارضه‌های موجود در هر لایه به صورت جداگانه است. برای این کار از مفهوم فاصله اقلیدسی و ابزار Euclidean Distance در ArcGIS استفاده می‌نماییم. نتیجه حاصل از اعمال فاصله اقلیدسی برای معیارهای گروه عبورومرور، مراکز مالی و تسهیلات و خدمات به ترتیب در شکل (۴-۳)، شکل (۴-۴) و شکل (۴-۵) نشان داده شده است.

الف

ب

شکل ۴-۳: اعمال فاصله اقلیدسی برای معیارهای گروه عبورومرور، الف: ایستگاه مترو، ب: معابر اصلی

شکل ۴-۴: اعمال فاصله اقلیدسی برای معیارهای گروه مراکز مالی

الف

ب

ج

د

شکل ۴-۵: اعمال فاصله اقلیدسی برای معیارهای گروه تسهیلات و خدمات، الف: مراکز خرید، ب: مراکز آموزشی، ج: ادارات و مراکز دولتی، د: مراکز درمانی

۴-۴- ایجاد مجموعه آموزش برای منطقه مورد مطالعه و تنظیم پارامترها

ساخت مجموعه آموزش براساس نمونه‌برداری مکانی و اطلاعات موجود در مخزن دانش انجام می‌شود. برای نمونه‌برداری از دو روش استفاده شده است. تعدادی از موارد آموزش به صورت دستی و با نظر کارشناس و تعدادی دیگر نیز به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. استفاده همزمان از این دو روش به این دلیل است که در نمونه‌برداری دستی، سلول‌های کلیدی با اطمینان انتخاب می‌شوند در حالی که نمونه‌برداری تصادفی کمک می‌کند تا تعداد کافی موارد آموزشی تولید شود. علاوه بر این، نمونه‌برداری تصادفی باعث می‌شود تا موارد آموزشی تولید شده، تعداد بیشتری از حالات مختلف را پوشش دهند. ارزش سلول‌های نمونه‌برداری شده، قسمت مقدم موارد آموزشی را می‌سازد. داده‌های حاصل از پیمایش میدانی نیز قسمت نتیجه موارد آموزشی را تشکیل می‌دهد. در صورتی که استنباط نتیجه صرفا از طریق پیمایش میدانی دشوار باشد، آنگاه نظر کارشناسان دخالت داده می‌شود. تعداد ۲۰۰ نمونه از منطقه مورد مطالعه برای تولید موارد آموزشی انتخاب شدند که ۵۰ عدد از آن‌ها دارای وضعیت بسیار مطلوب، ۵۰ عدد دارای وضعیت مطلوب، ۵۰ عدد دارای وضعیت نسبتا مطلوب و ۵۰ عدد باقی‌مانده دارای وضعیت نامطلوب به عنوان نتیجه قانون هستند. جدول (۴-۲) تعدادی از موارد آموزشی (قانون‌ها) موجود در مجموعه آموزش را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲: نمونه‌هایی از موارد آموزشی

معیار / مورد	مراکز خرید	مراکز آموزشی	مراکز دولتی	مراکز درمانی	مراکز مالی	ایستگاه مترو	معابر اصلی	کلاس (نتیجه)
۱	بسیار نزدیک	بسیار نزدیک	بسیار نزدیک	بسیار نزدیک	نزدیک	نزدیک	بسیار نزدیک	بسیار مطلوب
۲	بسیار نزدیک	نزدیک	نزدیک	نسبتا نزدیک	دور	نزدیک	نسبتا نزدیک	مطلوب
۳	دور	نزدیک	نزدیک	نزدیک	نزدیک	دور	نزدیک	نسبتا مطلوب
۴	دور	نسبتا نزدیک	نسبتا نزدیک	نزدیک	نزدیک	نسبتا نزدیک	دور	نامطلوب

چند پارامتر در الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان وجود دارد که می‌بایست مقدار آن‌ها را تعیین نمود. این پارامترها و مقدار تعیین شده برای هر کدام در جدول (۴-۳) نشان داده شده است.

جدول ۴-۳: مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان

پارامتر	مقدار
Ant_no	۳۰۰۰
Min_cases_per_rule	۵
Max_uncovered_cases	۱۰
No_rule_converg	۵
α, β, ρ	۲/۳ ،۱/۷ ،۰/۱۵

۴-۵- اکتشاف قوانین و کلاس‌بندی

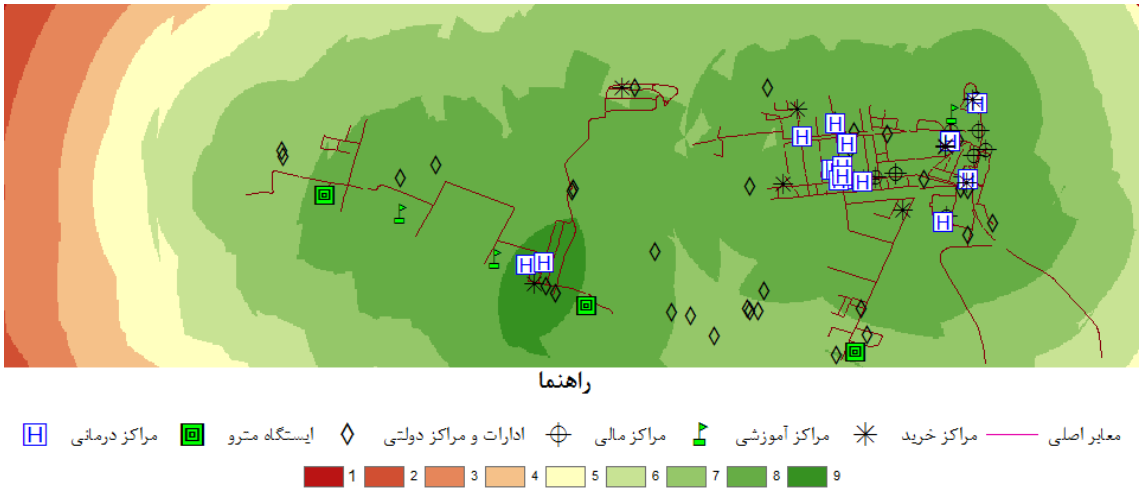
بعد از تولید مجموعه آموزش، فرآیند اکتشاف قوانین مطابق با آنچه که در فصل سوم شرح داده شد با اجرای الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان انجام می‌شود. این قوانین در قالب "$V_i^b, V_j^e, V_k^f, V_l^g, V_m^s, V_n^{re}, V_p^{ro}, C_q$" ذخیره می‌شوند که در آن بالانویس‌ها مربوط به عنوان معیارها و زیرنویس‌ها مربوط به شمارنده ترتیبی معیارها و کلاس می‌باشد. تعداد بیست‌ودو قانون برای منطقه مورد مطالعه اکتشاف گردید که جدول (۴-۴) تعدادی از این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۴: قوانین استخراج شده

معیار / مورد	مراکز خرید	مراکز آموزشی	مراکز دولتی	مراکز درمانی	مراکز مالی	ایستگاه مترو	معابر اصلی	کلاس (نتیجه)
۱	بسیار نزدیک	بسیار نزدیک	بسیار نزدیک	بسیار نزدیک	دور	نزدیک	بسیار نزدیک	بسیار مطلوب
۲	نزدیک	نزدیک	نزدیک	نزدیک	دور	بسیار نزدیک	نزدیک	مطلوب
۳	نزدیک	نسبتا نزدیک	نزدیک	بسیار نزدیک	نزدیک	نسبتا نزدیک	نسبتا نزدیک	نسبتا مطلوب
۴	دور	نسبتا نزدیک	نسبتا نزدیک	دور	بسیار نزدیک	دور	دور	نامطلوب

در نهایت، قوانین اکتشاف شده به عنوان قوانین سیستم استنتاج فازی برای کلاس‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تولید و نمایش لایه نهایی نیز براساس فرآیند توضیح داده شده در بخش ۳-۷

انجام می‌پذیرد. شکل (۴-۶) لایه نهایی تولید شده توسط روش پیشنهادی برای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مناطق مناسب‌تر با رنگ سبز تیره (عدد بزرگتر) نشان داده شده‌اند. پیاده‌سازی بخش مربوط به الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان و سیستم استنتاج فازی با استفاده از نرم‌افزار متلب[1] انجام شده است.



شکل ۴-۶: لایه نهایی تولید شده توسط روش پیشنهادی برای منطقه ۲۲ تهران

۴-۶- تحلیل لایه نتیجه

با در نظر گرفتن شرایط محیطی و جغرافیایی منطقه بیستودو تهران که در شکل (۴-۱) نشان داده شده است و معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری برای جایابی دستگاه‌های خودپرداز، بهترین ناحیه جهت استقرار این دستگاه در منطقه بیستودو تهران همان ناحیه‌ای است که توسط سیستم پیشنهادی مشخص شده است. چراکه ناحیه مشخص شده دربردارنده دو شهرک آزادشهر و پیکان‌شهر می‌باشد. علاوه بر این، ناحیه مذکور دارای دو درمانگاه، یک مرکز خرید و دو اداره دولتی است و به ایستگاه متروی ایران‌خودرو نزدیک می‌باشد. همچنین هیچ بانکی در نزدیکی محل تعیین شده موجود نمی‌باشد. بررسی صحت امکان‌پذیر بودن استقرار دستگاه خودپرداز در ناحیه مشخص شده و محل دقیق آن توسط کارشناسان و بعد از مراجعه به محل عملی می‌شود.

[1] MATLAB

۴-۷- بررسی صحت مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترها

همانطور که ذکر شد، الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان دارای چند پارامتر است که می‌بایست مقدار آن‌ها مشخص شود. در میان این پارامترها، دو پارامتر Min_cases_per_rule و Max_uncovered_cases از موارد دیگر مهم‌تر هستند. به منظور تحلیل تاثیر این پارامترها روی کارآیی روش پیشنهادی، مقادیر مختلفی برای این پارامترها در نظر گرفته شد. برای پارامتر Min_cases_per_rule دو مقدار ۵ و ۱۰ و برای پارامتر Max_uncovered_cases سه مقدار ۵، ۱۰ و ۱۵ مورد استفاده قرار گرفت. لذا شش ترکیب از مقادیر در نظر گرفته شده برای این دو پارامتر ایجاد می‌شود، که به ازای هر ترکیب یک لایه نتیجه خواهیم داشت. با توجه به درصد دقت کلاس‌بندی که برای این شش ترکیب در جدول (۴-۵) بیان شده است، مشاهده می‌شود که دقت سیستم تقریبا پایدار است. بنابراین، مقادیر پیش‌فرض در نظر گرفته شده توسط الگوریتم برای این دو پارامتر مناسب می‌باشد.

جدول ۴-۵ دقت کلاس‌بندی روش پیشنهادی نسبت به تغییر پارامترها

مقدار		درصد تشخیص کلاس			
Max_uncovered_cases	Min_cases_per_rule	بسیار مطلوب	مطلوب	نسبتا مطلوب	نامطلوب
۵	۵	۸۶/۴۰	۸۶/۰۰	۸۷/۵۳	۸۷/۶۴
۵	۱۰	۸۵/۱۵	۸۵/۸۰	۸۴/۳۲	۸۵/۱۶
۱۰	**۵**	**۸۸/۶۲**	**۸۷/۴۶**	**۸۷/۲۴**	**۸۸/۲۱**
۱۰	۱۰	۸۸/۱۵	۸۶/۲۳	۸۵/۵۹	۸۷/۸۵
۱۵	۵	۸۵/۷۳	۸۴/۱۳	۸۴/۱۹	۸۳/۸۲
۱۵	۱۰	۸۴/۲۴	۸۳/۸۶	۸۳/۹۲	۸۳/۴۳

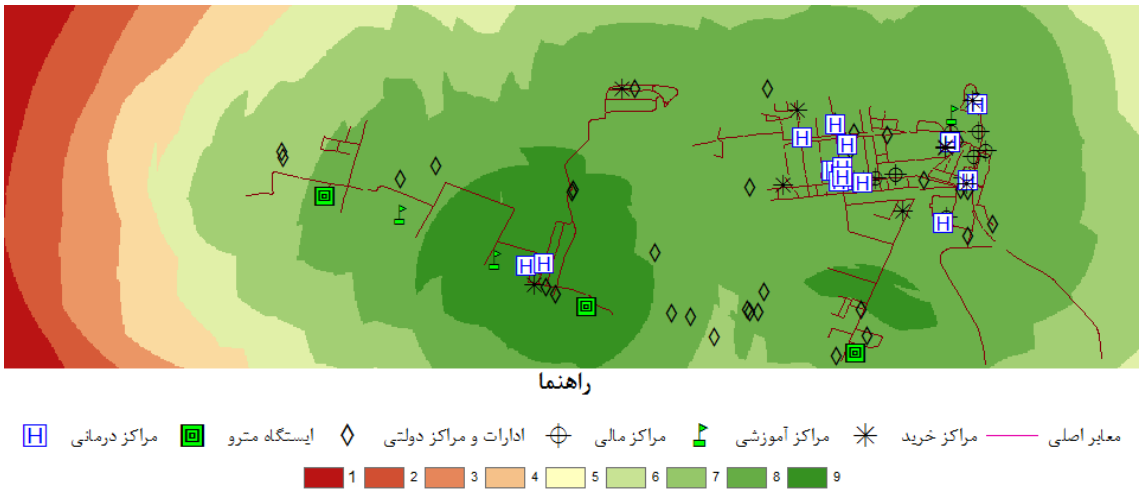
۴-۸- مقایسه با الگوریتم C4.5

کارآیی الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم درخت تصمیم C4.5 که یکی از شناخته شده-ترین روش‌های اکتشاف قوانین کلاس‌بندی می‌باشد ارزیابی شده است. درخت تصمیم یک ابزار کلاس‌بندی متعارف است که مدلی قابل تفسیر برای نمایش مجموعه قوانین ایجاد می‌کند. الگوریتم

C4.5 روشی است که توسط کیواینلن[1] [۵۰] برای تولید درخت تصمیم توسعه داده شده است. این روش برخلاف الگوریتم‌های پیشین در زمینه ساخت درخت تصمیم، توانایی غلبه بر مشکلاتی مانند تناسب و گرایش بیش از اندازه[2] داده‌ها به یک سمت خاص را داراست. همچنین، این روش می‌تواند برای معیارهایی با ارزش پیوسته بکار گرفته شود. از آنجا که بین قوانین اکتشاف شده توسط الگوریتم پیشنهادی و روش C4.5 تفاوت عمده‌ای وجود ندارد لذا، مقایسه کارآیی آن‌ها مناسب و معنادار خواهد بود. از مجموعه آموزشی تولید شده در بخش ۴-۴ برای هر دو الگوریتم استفاده می‌شود. علاوه بر این، تعداد ۲۰۰ نمونه دیگر جهت تولید مجموعه آزمایش در نظر گرفته شد تا به وسیله آن صحت نتایج دو الگوریتم تصدیق و مقایسه بین دقت کلاس‌بندی آن‌ها انجام شود. نتیجه این مقایسه در جدول (۴-۶) مشخص شده است. شکل (۴-۷) خروجی حاصل از بکارگیری روش C4.5 را نمایش می‌دهد.

جدول ۴-۶: درصد تشخیص و تعداد قوانین استخراج شده توسط روش پیشنهادی و روش C4.5

روش	درصد تشخیص کلاس				تعداد قوانین کشف شده
	بسیار مطلوب	مطلوب	نسبتا مطلوب	نامطلوب	
پیشنهادی	۹۵/۸۸	۹۳/۱۳	۹۳/۱۷	۹۴/۹۳	۲۲
C4.5	۹۰/۳۹	۹۲/۸۶	۹۳/۸۵	۹۴/۷۳	۳۱



شکل ۴-۷: لایه نهایی تولید شده توسط روش C4.5

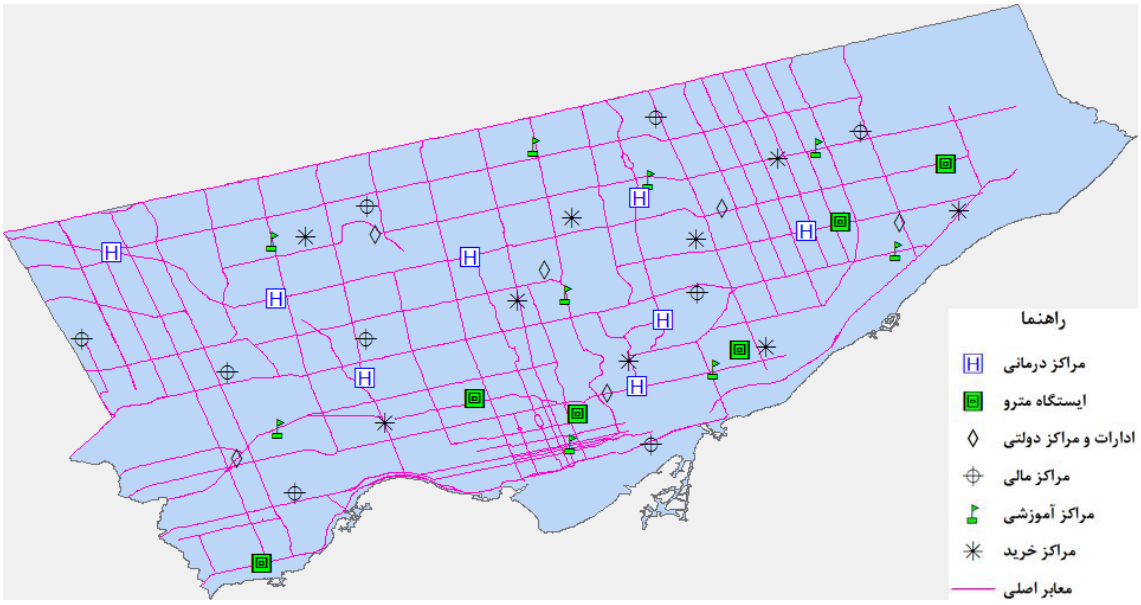
[1] Quinlan

[2] Overfitting

نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم ارائه شده نسبت به روش C4.5 برای کلاس "بسیار مطلوب" دارای دقت بالاتری است. اما در کلاس‌بندی سایر کلاس‌ها هر دو روش تقریبا یکسان عمل کرده‌اند. از لحاظ سادگی در لیست قوانین اکتشاف شده، روش این پژوهش تعداد بیست‌ودو قانون را استخراج و بکار گرفته است. این در حالی است که روش C4.5 تعداد سی‌ویک قانون را استخراج کرده است. تعداد قوانین اکتشاف شده توسط الگوریتم پیشنهادی کمتر از تعداد قوانین استخراج شده بوسیله الگوریتم C4.5 می‌باشد که این امر نشان‌دهنده سادگی و قابل فهم‌تر بودن آن است. سادگی لیست قوانین در مکان‌یابی دارای اهمیت است چراکه می‌تواند قابلیت درک دانش اکتشاف شده را بهبود دهد و کمک بزرگی در جهت یافتن معیارهای اساسی برای کلاس‌بندی شایستگی باشد.

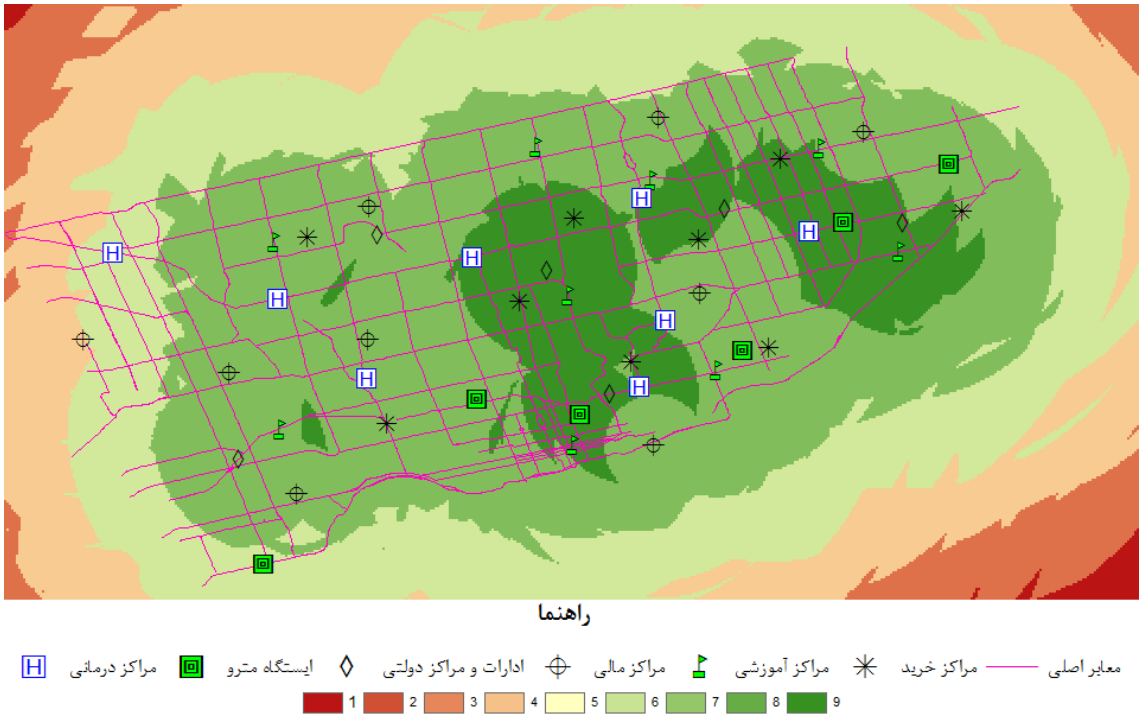
۴-۹- اعمال روش پیشنهادی بر روی نمونه فرضی

به منظور صحت‌سنجی روش پیشنهادی، از یک نمونه فرضی نیز استفاده شده است. در حقیقت، روش پیشنهادی بر روی یک نمونه ساختگی نیز اعمال می‌شود تا دقت مکان‌یابی آن مورد ارزیابی قرار بگیرد. شکل (۴-۸) نمونه فرضی ایجاد شده به کمک نرم‌افزار ArcGIS را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۸: نمونه فرضی ایجاد شده

با اعمال روش پیشنهادی بر روی نمونه فرضی، لایه نشان داده شده در شکل (۴-۹) حاصل می-شود. با توجه به بافت جغرافیایی و در نظر گرفتن چیدمان فعلی تسهیلات موجود در این نمونه، دو ناحیه مشخص شده توسط سیستم دارای بهترین ظرفیت جهت استقرار دستگاه خودپرداز هستند. چرا که این دو ناحیه دارای هیچگونه مرکز مالی نمی‌باشند و سیستم نیز تا حد امکان از انتخاب نواحی تحت پوشش مراکز مالی موجود خودداری کرده است. علاوه بر این، نزدیک بودن به مراکز خدماتی و دولتی با اعمال قوانین به دست آمده از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان به خوبی انجام پذیرفته است. دو ناحیه کوچک ایجاد شده در سمت چپ منطقه که دارای مطلوبیت نمایشی ۸ هستند به دلیل عدم پوشش مراکز مالی موجود انتخاب شده‌اند. از آنجا که مطلوبیت نمایشی آن‌ها کمتر از دو ناحیه برگزیده در سمت راست منطقه است لذا می‌توان از آن‌ها صرفنظر نمود.



شکل ۴-۹: لایه نهایی تولید شده توسط روش پیشنهادی برای نمونه فرضی

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

انتخاب مکان یا جایابی، فرآیند پیچیده‌ای است که حجم وسیعی از داده‌های متنوع در آن درگیر هستند. هرکدام از این داده‌ها جزئیات خاص خود را دارند. استفاده از روش‌های متعارف مانند روش‌هایی که تنها مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی و یا تلفیق آن با تصمیم‌گیری چندمعیاره هستند، زمانی امکان‌پذیر است که دانشی کامل و واضح در مورد مساله داشته باشیم. اما اکثر مسائل دنیای واقعی با ابهاماتی همراه هستند. علاوه بر این، نمی‌توان برای تمام مسائل به دانشی جامع دست یافت و سپس به حل آن ها اقدام نمود. محدودیت‌های موجود در دانش بشری و همچنین عدم توانایی بکارگیری تمام قواعد لازم، از جمله مواردی است که در فرآیند تصمیم‌گیری تاثیرگذار می‌باشد.

از آنجا که نتایج و پیآمدهای اکثر تصمیمات به صورت بلند مدت است، لذا اخذ یک تصمیم مناسب به ویژه زمانی که معیارهای مختلف و احتمالا متضاد در آن دخیل هستند نیاز به روشی دارد که بتواند ویژگی-های خاص و وسعت موضوع را در نظر بگیرد. این موضوع در مواردی که تصمیم‌گیری شامل یک سرمایه-گذاری بزرگ می‌باشد، حساس‌تر خواهد بود. رویداد خسارات مالی و جبران آن در اثر یک تصمیم‌گیری نادرست، می‌تواند برای بانک‌ها دارای هزینه‌های گزافی از قبیل هزینه ترمیم یا هزینه تصمیم‌گیری مجدد باشد.

در این میان استفاده از روش‌های موجود در رویکرد هوش مصنوعی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای غلبه بر مشکلاتی باشد که در سر راه فرآیند تصمیم‌گیری قرار دارد. با بکارگیری اینگونه رویکردها، کاربر درگیر روندهای تکنیکی و پرداختن به جزئیات آن نخواهد شد. لذا اکثر تمرکز کاربر بر روی تعیین و تعریف پیش-نیازهای اطلاعاتی سیستم که تخصص وی می‌باشد خواهد بود. حتی برای این مرحله نیز می‌توان از روش-های متعارف استفاده نمود و نقش کاربر را تا حد امکان کم رنگ‌تر نمود.

در تحقیق حاضر، به مطالعه مساله مکان‌یابی بهینه دستگاه‌های خودپرداز به عنوان یکی از پرکاربردترین تسهیلات مالی موجود در شهر پرداخته شد. با توجه به استفاده گسترده از این دستگاه و همچنین جهت

برآورده شدن انتظارات بانک صاحب دستگاه، دقت در انتخاب مکان برای استقرار این دستگاه‌ها بسیار حیاتی است. مبنای علمی و رویکرد این پژوهش با تحقیقات پیشین متفاوت بوده و در راستای ایجاد و توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری می‌باشد. آنچه که قبل از اجرای روش پیشنهادی مطرح می‌شود، آماده‌سازی داده‌های اطلاعات مکانی در قالبی است که قابل پردازش باشد. بدین منظور از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد.

مبنای نظری روش پیشنهادی براساس کلاس‌بندی مبتنی بر قانون است. فرآیند روش ارائه شده توسط این رساله را می‌توان به دو قسمت اصلی تقسیم‌بندی نمود: در مرحله اول با بکارگیری الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان و مجموعه آموزش، قوانین کلاس‌بندی استخراج می‌شود. در واقع می‌توان این مرحله را ادغام روش‌های بهینه‌سازی و اکتشاف قوانین کلاس‌بندی به حساب آورد. تولید مجموعه آموزش که شامل قوانین اولیه و از پیش تعیین شده است نقش بسیار مهمی در قوانین مستخرج و در نهایت کیفیت کلاس-بندی خواهد داشت. این قوانین اولیه به دو صورت دستی و تصادفی انتخاب شدند. در این پژوهش الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان دارای چند پارامتر است که از بین آن‌ها دو پارامتر دارای اهمیت زیادتری هستند لذا بررسی لازم به منظور تعیین دقیق مقدار آن‌ها انجام پذیرفت.

در مرحله دوم با در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در جریان تصمیم‌گیری، از سیستم استنتاج فازی برای کلاس‌بندی نهایی استفاده شد. توابع عضویت ورودی و خروجی این سیستم براساس پیمایش‌های میدانی و در صورت نیاز، نظرات کارشناسان تدوین شدند.

به منظور اعتبارسنجی روش پیشنهاد شده، این روش هم بر روی داده‌های واقعی و هم داده‌های فرضی اعمال گردید. برای مورد مطالعه داده‌های واقعی، منطقه ۲۲ شهرداری تهران انتخاب گردید. داده‌های فرضی نیز با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه و آماده گردیدند. نتایج به دست آمده در هر دو حالت به صورت جداگانه مورد تحلیل قرار گرفت. تحلیل‌های صورت گرفته نشان‌دهنده توانایی الگوریتم در تعیین نواحی مطلوب جهت استقرار دستگاه‌های خودپرداز است. علاوه بر این، از نتایج حاصل می‌توان برای بررسی چیدمان فعلی این دستگاه نیز استفاده نمود. در انتها نیز روش پیشنهاد شده با الگوریتم C4.5 به عنوان یکی

از روش‌های کلاس‌بندی مورد مقایسه قرار گرفت. تعداد قوانین اکتشاف شده و همچنین دقت هر الگوریتم به ازای چهار کلاس موجود، نشان‌دهنده برتری روش ارائه شده در این تحقیق نسبت به روش C4.5 می‌باشد.

۵-۲- پیشنهادات برای ادامه تحقیق

(۱) در نظر گرفتن معیار جمعیت و بی‌مقیاس‌سازی آن جهت بکارگیری در توابع عضویت

(۲) اعمال لایه کاربری اراضی در لایه نتیجه به منظور حذف کامل نواحی غیرقابل دسترس

(۳) در نظر گرفتن معیارهای مالی و میزان تقاضا برای در نظر گرفتن نیاز به افزایش تعداد دستگاه‌های خودپرداز در محل‌های دارای این دستگاه

(۴) بررسی نحوه کاربرد سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای اکتشاف قوانین کلاس‌بندی و استفاده از آن‌ها

(۵) ایجاد همکاری بیشتر بین مورچه‌های مجازی و کاهش وضعیت رقابتی بین آن‌ها به منظور بالا بردن کیفیت قوانین

(۶) ایجاد امکان پردازش موازی مورچه‌ها به جای پردازش ترتیبی برای کاهش پیچیدگی زمانی

(۷) بررسی امکان ادغام الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان با الگوریتم C4.5 به ویژه برای تعیین کلاس قوانین اولیه

(۸) استفاده از شبکه عصبی فازی[1] برای کلاس‌بندی به جای سیستم استنتاج فازی برای بررسی امکان افزایش دقت و صحت کلاس‌بندی

[1] ANFIS

مراجع

[1] Parks G.M., (1982), Location: Single and Multiple Facilities, In: "Handbook of industrial Engineering", G. Salvendy (ed.), Wieley, NewYork.

[2] Craig C.S., Ghosh A., and McLofferty S., (1984), "Models of the Retail Location Process: a review", Journal of Retailing, vol. 60, no. 1, pp. 5-36.

[3] Yang J. and Lee H., (1997), "An AHP Decision Model for Facility Location Selection", Facilities, Vol. 15, No. 9/10, pp. 241-254.

[۴] صغیرزاده م، (۱۳۷۵)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، "استراتژی توسعه الگوی مکان‌یابی صنایع تبدیلی زعفران"، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم وصنعت ایران.

[5] Moutinho, L., Curry, B., and Davies, F., (1993), "Comparative computer approach to multi-outlet retail site location decision", The Service Industrial Journal, vol. 13, no. 4, pp. 201-220.

[6] Hernandez, T. and Bennison, D., (2000), "The art and science of retail location decision", International Journal of Retail & Distribution Management, vol. 23, no.3, pp. 4-10.

[7] Grenier, J. M., (1994), "Research Issues in Public Librarianship", Westport, CT, Greenwood Press.

[8] Koontz, C. M., (2005), "Place: the forth 'P' of marketing mix strategy, why do we under value it?", Marketing Library Services, vol. 19, no. 3, pp. 4-8.

[9] Berman, B. and Evans, J. R., (2001), "Retail Management – a strategic approach", New Delhi, Prentice Hall of India Private Limited.

[۱۰] مهرابی کوشکی ع، (۱۳۸۰)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، "مکان‌یابی صنایع با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در نیروگاه برق"، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران.

[11] Almossawi, M., (2001), "Bank Selection Criteria Employed by College Students in Bahrain: an Empirical Analysis", International Journal of Bank Marketing, Vol. 19, no. 3, pp. 115-125.

[12] Partovi, F., (2006), "An analytic model for location facilities strategically", Omega, No. 34.

[13] Sweinyard, W.R. and Ghee, L.G., (1987), "Adoption Patterns of New Banking Technology in Southwest Asia", International Journal of Bank Marketing vol. 4, no. 5, pp. 36-48.

[14] El-Heddad A.B. and Almahamed, M., (1992), "ATM banking behavior in Kuwait: A consumer survey", the international Journal of Bank Marketing, vol.10, Issue.3.

[15] Adam, P., (1991), "Choosing a Choice ATM Site; ATM Buyer's Guide", Credit Union Management, Vol. 14, No. 3, ABI / INFORM Global, pp. 15-18.

[16] Block, V., (1994), "With Automated Teller Machine Already Installed in Most Bank Branches, What New Location Should Banks Target for ATM Deployment?", American Banker, Vol. 159, Issue. 88, pp. 14-16.

[17] Al-Hanbali, N., (2003), "Building a Geospatial database and GIS data-Model integration for Banking: ATM site location", Commission IV Joint Workshop: Data Integration and Digital Mapping Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II, September Stuttgart, Germany.

[18] Dimopoulou Miliotis, P. and Giannikos, I.M., (2002), "A Hierarchical Location Model for Locating Bank Branches in a Competitive Environment", International Transactions in Operational Research, vol. 9, no. 5.

[19] Zhao, L., Garner, B., and Parolin, B., (2004), "Branches Bank Closures In Sydney: A geographical Perspective and analysis", 12th Int.Conf. on Geoinformatics, University of Galve, Sweden.

[۲۰] ع. معماریانی (۱۳۸۲)، "طرح مطالعه توسعه و تنظیم شبکه شعب بانک ملت در تهران"، مرکز تحقیقات و برنامه‌ریزی بانک ملت ایران، تهران.

[۲۱] حسنعلی فرجی سبکبار (۱۳۸۴)، "مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، مطالعه موردی بخش طرقبه مشهد، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱.

[22] Miron, J. R., "Causal model building and analysis using GIS", 38th European Congress of the Regional Science Association, Austria, 1998.

[23] Lee, Y. J. and Fukui, H., (2003), "Identifying the relationship between area characteristics by social class and bank branches distribution using GIS: A case study of Tokyo 23 Wards", Map Asia 2003 Conference, Kula Lumbur Malaysia, October 13-15.

[24] Panigrahi, P. K., Sagar, P. V. and Raajesh P. R., (2003), "GIS – Tool for Simplifying the Collection Management System in Banks and Financial Service Organizations", Map Asia Conference 2003.

[۲۵] برجیسیان ع، (۱۳۸۵)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، "مکان‌یابی شعب بانک‌های خصوصی در سطح مناطق بیست‌ودوگانه تهران"، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی.

[۲۶] فوکردی ر، (۱۳۸۴)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، "طراحی الگویی برای تعیین نظام استقرار تسهیلات ارائه‌دهنده خدمات در مناطق شهری (مطالعه موردی: جایابی ماشین‌های خودپرداز بانک کشاورزی در منطقه ۱۰ شهرداری تهران)"، دانشکده حسابداری و مدیریت، دانشگاه علامه طباطبائی.

[۲۷] موسوی ن، (۱۳۸۰)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، "اولویت‌بندی و انتخاب مکان مناسب برای شعب بانک کشاورزی با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، دانشکده مدیریت، دانشگاه شیراز.

[۲۸] حسنعلی فرجی سبکبار، غدیر عشورنژاد، سعید رحیمی و احمد فرهادی‌پور، "ارزیابی ظرفیت دستگاه‌های خودپرداز در شعب بانک‌ها و موسسات 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، سال چهارم، شماره چهاردهم، ۱۳۹۱.

[۲۹] رضائی سنگسرکی ف، (۱۳۹۱)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، "انتخاب محل شعب بانک از طریق تلفیق روش تجزیه تحلیل سلسله مراتبی و شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه شعب بانک اقتصاد نوین در شهر تهران)"، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی.

[30] Hale, T.S. and Moberg, C.R., (2003), "Location science research", Annals of Operations Research, vol. 123, no. (1–4), pp. 21–35.

[31] Boufounou, P.V., (1995), "Evaluating bank branch location and performance: A case study", European Journal of Operational Research, vol. 87, no. 2, pp. 389–402.

[32] Cornuejols, G., Fisher, M.L., and Nemhauser, G.L., (1977), "Location of bank accounts to optimize float: An analytical study of exact and approximate algorithms", Management Science, vol. 23, pp. 789–810.

[33] Hopmans, A.C.M., (1986), "A spatial interaction model for branch bank accounts", European Journal of Operational Research, vol. 27, no. 2, pp. 242–250.

[34] Kolesar, P., (1984), "Stalking the endangered CAT: A queueing analysis of congestion at automatic teller machines", Interfaces, vol. 14, no. 6, pp. 16–26.

[35] Berman, O., Larson, R., and Fouska, N., (1992), "Optimal location of discretionary service facilities", Transportation Science, vol. 26, no. 3, pp. 201–211.

[36] Berman, O., (1995), "The maximizing market-size discretionary service facility problem with congestion", Socio-Economic Planning Sciences, vol. 29, no 1, pp. 39–46.

[37] A.T.Kearney, "ATM Banking + Game Theory = Profits", technical report, 2010.

[38] Xia, L., Yin, W., Dong, J., Wu, T., Xie, M., and Zhao, Y., (2010), "A Hybrid Nested Partitions Algorithm for Banking Facility Location Problems", IEEE transactions on Automation science and engineering, vol. 7, no. 3, pp. 654-658.

[39] Aldajani, M. A. and Alfares, H. K., (2009), "Location of banking automatic teller machines based on convolution", Computers and Industrial Engineering, vol. 57, no. 4, pp. 1194–1201.

[40] Alhaffa, A., Al-Jadaan, O., Abdulal, W., and Jabas, A., (2011), "Rank Based Genetic Algorithm for Solving the Banking ATM's Location Problem Using Convolution", IEEE Symposium on Computer and Informatics, pp 6-11.

[41] Qadrei, A. and Habib, S., (2009), "Allocation of heterogeneous banks' automated teller machines," in INTENSIVE '09: Proceedings of the First International Conference on Intensive Applications and Services. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, pp. 16–21.

[42] Li, Y., Sun, H., Zhang, C., and Li, G., (2009), "Sites selection of ATMs based on Particle Swarm Optimization", International Conference on Information Technology and Computer Science, pp.526-530.

[43] Dorigo, M. and Blum, C., (2005). "Ant colony optimization theory: A survey", Theoretical Computer Science, vol. 344, pp. 243–278.

[44] Parpinelli, R. S., Lopes, H. S., and Freitas, A. A., (2002), An ant colony algorithm for classification rule discovery, pp. 191–208, In: "Data mining: A heuristic approach", Abbass, H. A., Sarker, R. A., Idea Group Publishing, London.

[45] Parpinelli, R. S., Lopes, H. S., and Freitas, A. A., (2002), "Data mining with an ant colony optimization algorithm", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, no. 4, pp. 321–332.

[46] Liu, B., Abbass, H.A., and Mckay, B., (2002), "Density-based heuristic for rule discovery with Ant-Miner", The 6th Australia–Japan joint workshop on intelligent and evolutionary system, pp. 180–184, Canberra, Australia.

[47] Wang, Z., and Feng, B., (2005), Classification rule mining with an improved ant colony algorithm, pp. 357–367, In: "AI 2004: Advances in artificial intelligence, lecture notes in computer science", Webb, G. I. and Yu, X., Springer, Berlin.

[48] Liu, X., Li, X., and Yeh, A., (2007), "Discovery of transition rules for geographical cellular automata by using ant colony optimization", Science in China (Series D), vol. 50, no. 10, pp. 1578–1588.

[49] Liu, B., Abbass, H. A., and Mckay, B., (2004), "Classification rule discovery with ant colony optimization", IEEE Computational Intelligence Bulletin, vol. 3, no. 1, pp. 31–35.

[50] Quinlan, J. R., (1993), "C4.5: Programs for machine learning", US: Morgan Kaufmann Publisher, San Mateo.

Abstract

Site selection is considered as an important factor which affects the growth and development of the firms. So, spatial decision making knowledge try to find precise and comprehensive methods that can determine optimum locations for firms' activities. Using Automated Teller Machines (ATMs) is the most sensible aspect of changes in banking industries based on new technology. The rapid growth in the use of ATMs may be caused by the great growing in popularity of them among the customers. Despite of high charges in ATMs purchase, setup and maintenance, banks and financial institutes eagerly try to extend the usage of these machines considering the popularity. Two major reasons that can decrease ATMs success are lack of knowledge and management weakness in layout and site selection of ATMs. Therefore, with respect to effective criteria in ATMs site selection, zoning apt regions can lead bank managers and decision makers to select appropriate sites for ATMs.

Effective criteria and conditions that influence on decision making of ATMs location must be defined before the procedure determination and tools deployment. So, in the first step of this research, all effective criteria are extracted using research and field survey. To refine and acquire major criteria, expert knowledge helps the research by filling questionnaires. Then, spatial layer of selected criteria are prepared using ArcGIS software package.

The approach of this thesis against facility site selection specifically ATM location is based on rule-based classification. Considering the uncertainty and ambiguous in decision making process, the rules are based on fuzzy theory. The execution of this procedure needs an efficient algorithm to discover qualified rules from training set and then applying the rules in a fuzzy inference system. Therefore, this research uses Ant Colony Optimization as a well-known way for rule discovery. In the next step, a fuzzy inference system is designed and implemented to classify the data. The result of proposed method is compared with C4.5 algorithm as a popular method in classification rule discovery. The comparisons are performed based on classification accuracy and optimum site selection. To verify the proposed method, both real and artificial data are used. This thesis is an applied research and the noteworthy matter of that is about using advanced artificial intelligence algorithm for ATM site selection in proposed approach which is done for the first time in Iran. The long-term objective of this thesis contains implementation of an intelligence decision support system for ATMs/bank branches site selection.

Keywords:

Decision making, site selection, automated teller machine (ATM), classification rule discover, Ant colony optimization, fuzzy inference system

University of Shahrood

Faculty of Computer Engineering and Information Technology

Site selection for ATMs using optimization algorithms and Geographic Information System (GIS)

Javad Pourdeilami

Supervisor:

Dr. Ali A. Pouyan

February 2014