مدیریت بازرگانی
دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
دوره ۵، شماره ۲
تابستان ۱۳۹۲
صص ۴۶-۱۷

طراحی و توسعهٔ یک سیستم خبره فازی مبتنی بر قانون برای ارزیابی اعتباری مشتریان شرکت‌های تجاری (مورد مطالعه: شرکت توزیع و پخش البرز)

سید محمد برزده[۱]، محمد تقوی فرد[۲]

چکیده: امروزه ارزیابی اعتباری مشتریان به یکی از چالش‌های مهم تصمیم‌گیری مدیران تبدیل شده است، به‌خصوص که شمار کلاهبرداری‌ها افزایش یافته و مطالبات معوق شرکت‌های تجاری روبه‌فزونی است. تصمیم‌گیری در مورد مشتریان و اعتبار آنها از یک سو متکی بر قضاوت خبرگان بوده و از سوی دیگر، اطلاعات مشتریان اغلب به‌صورت غیرقطعی، مبهم و غیرقابل دسترس هستند. خبرگان با تکیه بر شواهد، مدارک، اطلاعات کیفی و تجربه‌های خود، اغلب با استفاده از واژه‌های کلامی اقدام به توصیف مشتریان کرده و در مورد آنها به قضاوت می‌پردازند. در این پژوهش با به‌کارگیری مزایای منطق فازی و سیستم‌های خبره، یک سیستم خبره فازی برای حل مسئله مطرح شده، ارائه شده است که با بهره‌گیری از روش استنتاج ممدانی و فازی‌سازی ورودی‌ها و فازی‌زدایی خروجی‌ها، درنهایت رتبهٔ اعتباری مشتری را تعیین می‌کند. در آخر، سیستم مورد نظر در شرکت پخش البرز طراحی و پیاده‌سازی شده است، به‌گونه‌ای که نتایج دقت ۹۱/۲۵درصدی سیستم در رتبه‌بندی اعتباری مشتریان را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: رتبه‌بندی اعتباری، سیستم خبره، تئوری فازی، روش ممدانی، واژه‌های کلامی.

۱. کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
۲. استادیار دانشکده حسابداری و مدیریت دانشگاه علامه طباطبائی تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۱٤
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۱۸
نویسنده مسئول مقاله: سید محمد برزده
E-mail: mohammadit@gmail.com

مقدمه

سازمان‌های کنونی در محیطی فعالیت می‌کنند که به‌واسطهٔ وجود متغیرهای بسیار زیاد با ویژگی عدم اطمینان محیطی و عدم وجود قابلیت پیش‌بینی شناخته می‌شوند؛ چراکه نیازهای مشتریان پیوسته در حال تغییر بوده و به سبب از بین رفتن مرزهای کسب‌وکار، دیگر مرزهای جغرافیایی تعیین‌کنندهٔ معادلات تجاری نیستند. از این رو، بی‌شک در این محیط سازمان‌هایی به موفقیت دست خواهند یافت که الگوها و راهبردهای مناسب با آن را طراحی و از آنها استفاده کنند (آقایی و دیگران، ۱۳۹۱).

از دیرباز توزیع کالا در شبکهٔ بنکداری یا عمده‌فروشی جریان داشته است. سابقهٔ فعالیت شرکت‌های پخش کالا در کشور ما قدمتی حدود پنجاه سال دارد (خبرنامه تخصصی پخش، ۱۳۹۰). «توزیع مویرگی»، رساندن محصولات تا آخرین فروشنده است. مویرگ‌ها، رگ‌های کوچکی هستند که وظیفهٔ رساندن خون به سلول‌ها را به عهده دارند و با این استعاره، توزیع مویرگی شکل گرفته است. در توزیع مویرگی شرکت‌ها تلاش می‌کنند تا محصولات خود را به نحو بهتر و سریع‌تر از رقبا به مغازه‌داران ـ که مشتریان آنها هستند ـ برسانند. بنابراین، روزبه‌روز بر قدرت مشتریان اضافه می‌شود (باسقی، ۱۳۹۰). از سویی دیگر، برای حداکثرسازی مجموعه ارزش عرضه‌کننده، توزیع‌کننده و سود خرده‌فروش، بایستی اعضای شبکه هماهنگ باشند. هماهنگی در شبکهٔ توزیع، به‌دنبال همراستایی فعالیت‌های اعضای شبکهٔ توزیع در دست‌یابی به نتایج، مطلوب و مدنظر است. هماهنگی در شبکهٔ توزیع، به‌میزانی که اعضای شبکه به خوبی سازماندهی و با همدیگر همگام و همنوا باشند، اطلاق می‌شود (باشکوه و دیگران، ۱۳۹۱).

با افزایش قدرت چانه‌زنی مشتریان و تمایل آنها به خرید اعتباری و افزایش شرکت‌های پخش، شرکت‌های مذکور برای حفظ قدرت رقابت‌پذیری، بایستی با بهبود هماهنگی در شبکهٔ توزیع به فروش اعتباری بپردازند. به‌گونه‌ای که فروش اعتباری امن بایستی با فرآیند اعتبارسنجی مناسب همراه باشد.

فرآیند اعتبارسنجی می‌بایست با دقت و با معیارهای مناسب و بر اساس نظر خبرگان انجام گیرد که با توجه به پراکندگی جغرافیایی و حجم انبوه و در حال افزایش مشتریان، تنها در بعضی از موارد مهم اعتبارسنجی را خبرگان انجام می‌دهند. بنابراین هم‌اکنون در اکثر موارد اعتبارسنجی براساس نظر بازاریاب مربوطه صورت می‌گیرد. استفاده از معیارهای غیر استاندارد و اغلب ذهنی در اعتبارسنجی مشتریان به‌وسیلهٔ بازاریاب‌ها، سبب افزایش مطالبات عقب‌افتاده و حتی غیر قابل وصول در شرکت‌های پخش شده که این امر موجب کاهش نقدینگی، ازدست‌رفتن سرمایه و افزایش ریسک فروش اعتباری شرکت می‌شود، اما به‌دلیل ماهیت توزیع مویرگی، رقابت شدید،

حفظ مشتریان و تأمین رضایت آنها، امکان حذف فروش اعتباری وجود نـدارد و از سـوی دیگـر، اعتبارسنجی مناسب به‌وسیلهٔ خبرگان این عرصه نیز بـا محـدودیت‌هـای فراوانـی همـراه اسـت. اعتبارسنجی مناسب مشتریان از اهمیت شایان توجهی برخوردار است، به‌گونـه‌ای کـه مـی‌تـوان اذعان داشت در دهه اخیر، نقش ریسک اعتباری از یک فرآینـد مکـانیزه منفعـل، بـه یـک ابـزار استراتژیک تغییر شکل یافته است (Abdou & et al., 2008). اکثر شرکت‌های پخـش اهمیـت این موضوع را پذیرفته و اقدام به ایجاد واحدی برای کنتـرل و مـدیریت ریسـک اعتبـاری خـود کرده‌اند.

با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته در مورد پیشینه پژوهش‌هـای داخلـی و خـارجی در مـورد رتبه‌بندی اعتباری[1] مشتریان، هیچ سیستم خبرهٔ[2] فازی مبتنی بر قانون کـه دارای پایگـاه دانـش متشکل از تجربه‌ها و دانش خبرگان برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان شرکت‌های تجاری باشـد، مشاهده نشده است. نکتهٔ حائز اهمیت اینکه اکثر پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینهٔ اعتبارسـنجی مشتریان نیز، روی مشتریان بانک‌ها تمرکز کرده‌اند و در مورد روش‌های اعتبارسـنجی مشـتریان شرکت‌های تجاری نیز، مطالعه‌ای مشاهده نشده است. همچنین در میان پژوهش‌های فوق نیـز، تمرکز بیشتر روی مشتریان حقوقی بوده است. بنابراین ضرورت پژوهش در زمینـهٔ اعتبارسـنجی مشتریان شرکت‌های تجاری مشهود است.

بنابراین از اهداف کلی این پژوهش، ارائه یک سیستم هوشمند با اتکا بر روش‌هـای علمـی و مبتنی بر دانش خبرگان برای بررسی کم‌هزینه و دقیق‌تر درخواست‌های خرید اعتباری مشـتریان حقیقی و ارتقای سطح بررسی‌های کارشناسی اعتبارات در کسب‌وکار مورد مطالعه و درنهایـت در تمامی شرکت‌های تجاری است.

پیشینه پژوهش

پیشینه تجربی

مؤسسه‌های مالی با ریسک‌های متفاوتی روبه‌رو هستند، اما خطرناک‌ترین آنها ریسـک اعتبـاری است (Ya-Qiong, 2007)، در واقع در ریسکی که یک دارایـی یـا یـک وام بازیافـت نشـود یـا ریسک مربوط به تأخیر در پرداخت اقساط وام (Heffernanm, 2003). توماس رتبه‌بندی اعتبـار مشتریان را بدین‌گونه تعریف می‌کند (Thomas, 2002): روشی است که سازمان‌هایی همچـون

1. Credit Scoring
2. Expert System

بانک‌های تجاری و شرکت‌های اعتباری را در تعیین اعطای اعتبار به مشتریان بر مبنای یکسری معیار از پیش تعریف‌شده یاری می‌کند (Chi & Hsu, 2012).

فرآیند تصمیمات ارزیابی ریسک اعتباری، پیچیده و بدون ساختار است (Li & Li, 2012). مدل رتبه‌بندی مشتریان از دهه ۱۹۴۰، برای شناسایی ریسک درخواست اشخاص برای اعتبار و پشتیبانی تصمیمات مبنی بر رد یا قبول درخواست‌ها به‌کارگرفته شده است (Bellotti, 2010).

رتبه‌بندی اعتباری هزینهٔ گزافی را طلب می‌کند، بنابراین تلاش‌های فراوانی برای شبیه‌سازی فرآیند رتبه‌بندی اعتباری که از سوی شرکت‌های مستقل صورت می‌پذیرد، از طریق روش‌های آماری و محاسبات نرم[1] انجام شده است (Hájek, 2011).

امروزه روش‌های متفاوتی برای مدل‌سازی رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها وجود دارد که عموماً در امتداد مدل رتبه‌بندی z-score است که از سوی ادوارد آلتمن[2] یکی از پیشگامان در این زمینه ارائه شده است (Altman, 1968). روش‌های قدیمی آماری که برای ایجاد مدل‌های امتیازدهی به‌کارگرفته شده‌اند عبارتند از: پروبیت، لجیت، رگرسیون خطی، تحلیل متمایزکننده خطی، تحلیل متمایزکننده نهایی، توبیت، درخت‌های صفر و یک، روش های کمینه، رگرسیون لجستیک (Baesens & et al 2003; West, 2000).

دو روش رایج استفاده شده برای ارزیابی ریسک اعتباری، تحلیل متمایزکنندهٔ خطی و رگرسیون لوجیت است (Lee, Chen, 2008; West, 2000; Noh & et al, 2008; Baesens & et al, 2003; Desai & et al, 1996). مدل‌های پیچیده‌تری که از شاخهٔ هوش مصنوعی است نیز، در این حوزه به‌کارگرفته شده‌اند که از میان آنها می‌توان به سیستم‌های خبره پیشرفته، سیستم‌های فازی و الگوریتم ژنتیک اشاره کرد. مطالعات اخیر نشان داده است روش‌های هوش مصنوعی، مثل شبکه‌های عصبی مصنوعی (Kim and Ahn, 2012; Abdou & et al, 2008; Hájek, 2011; Hsieh, 2005)، محاسبات تکمیلی، الگوریتم ژنتیک و ماشین بردار پشتیبانی، برای تحلیل آماری و مدل‌های بهبودِ ارزیابی ریسک اعتباری مناسب هستند. روش‌های به‌کاربرده شده اخیر عبارتند از: مدل تفکیک‌کنندهٔ عصبی، مدل عصبی فازی، مدل جمعی عصبی (Yu & et al, 2009).

1. Soft-Computuing
2. Edvard Altman

جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده در زمینهٔ رتبه‌بندی اعتباری

پژوهشگر	روش رتبه‌بندی اعتباری	هدف پژوهش
Beaver,1966	استفاده از روش‌های آماری و نسبت‌های مالی	پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها
Altman,1968	تحلیل ممیز چند متغیره (Z-Score)	پیش‌بینی ورشکستگی
Abdou,et al, 2008	مدل شبکه‌های عصبی	تعیین رتبه اعتباری مشتریان
Lin & Chuang, 2009	مرحله اول، تقسیم مشتریان به دو دسته خوب و بد با یک مدل بر پایهٔ شبکه‌های عصبی و در مرحله دوم، ارزیابی مجدد با استفاده از روش CBR	ساخت یک مدل رتبه‌بندی اعتباری مجدد
اسکندری، ۱۳۸۵	مدل رگرسیون لوجیت و با استفاده از عواملی مانند ثبات شغلی، وثیقه و درآمد به بررسی احتمال عدم نکول تسهیلات هر مشتری پرداخته و اقدام به رتبه‌بندی مشتریان می‌کند.	رتبه‌بندی اعتباردهی به مشتریان حقیقی بانک ها برای بالا بردن بهداشت اعتباری سیستم بانکی
سبزواری و نوربخش، ۱۳۸۷	در پیش‌بینی مشتریان بد حساب، روش کارت نسبت به روش لاجیت دقیق تر عمل کرده است؛ و در پیش‌بینی مشتریان خوش حساب روش لوجیت نسبت به روش کارت عملکرد بهتری داشته است. اما در مجموع دقت هر دو مدل در پیش‌بینی کمابیش برابر ارزیابی شده است	مقایسه کارکرد مدل لاجیت و درخت‌های طبقه بندی رگرسیونی در بین مشتریان حقوقی بانک کار آفرین
ذکاوت و محمدیان، ۱۳۸۶	مدل‌های رگرسیونی لاجیت به‌صورت دو سطحی و سه سطحی	رتبه‌بندی داخلی مشتریان بانک‌ها
محمدی صداقت، ۱۳۸۸	مدل شبکه های عصبی و مدل لاجیت به‌طوری که مدل شبکه عصبی در برآورد مشتریان به‌طور کلی در سطح اطمینان ۹۵درصد بهتر از مدل لاجیت عمل کرده است.	رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقیقی بانک تجارت
فرد حریری، ۱۳۸۷	رگرسیون لاجیت	مدل‌سازی ریسک و رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی بانک رفاه
فرج خیابانی، ۱۳۸۸	روش لاجیت	امتیازدهی اعتباری مشتریان حقوقی بانک تجارت
دهقانی، ۱۳۸۸	مدل کارت و لاجیت به‌طوری که مدل لاجیت با دقت۷۰درصد و روش مدل کارت با دقت ۷۲ درصد، دارای دقت حداقل ۱۰درصد بیشتر از روش فعلی ارزیابی مدیران بانک بوده است.	رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقیقی در بانک کارآفرین
ودادی،۱۳۸۳	مدل های شبکه عصبی و مدل آنالیزی ممیزی، به‌طوری که مدل شبکه‌های عصبی نسبت به مدل آنالیز ممیزی از قدرت تفکیک بیشتری برخوردار بوده است.	بررسی رفتار اعتباری مشتریان تسهیلات مصرفی
قرصی، ۱۳۹۰	شبکه های عصبی GMDH و معادلات اقتصاد سنجی لاجیت و پروبیت، به‌طوری که نتیجه حاکی از عدم اختلاف بین مدل شبکه‌های عصبی با مدل‌های لاجیت و پروبیت است.	رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی بانک ملت
بی نظیر، ۱۳۸۸	روش آلتمن	امتیازدهی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌ها
ملکی، ۱۳۸۹	شبکه‌های عصبی جلو سویه چند لایه و روش یادگیری پس انتشار خطا	تعیین رتبه اعتباری مشتریان حقیقی بانک‌ها

پیشینه نظری

سیستم‌های خبره، برنامه‌های رایانه‌ای هستند که طراحی می‌شوند تا بعضی از مهارت‌های خبرگان را در دسترس دیگر افراد قرار دهند (Farshchi & Yaghoobi, 2011). در واقع یکی از شاخه‌های کاربردی هوش مصنوعی است که به تصمیم‌گیرنده در تصمیم‌گیری بهتر و مناسب کمک می‌کند (Mahmoud & et al, 2008). تفاوت اصلی بین سیستم‌های خبره و دیگر نرم‌افزارها در این است که آنها به جای پردازش داده و اطلاعات، دانش را پردازش می‌کنند (Darlington, 2000). تکنولوژی سیستم خبره ثابت کرده است که یک پشتیبان ضروری و لازم برای وام‌های تجاری است که این امر از طریق بهبود کارایی بانک، سازگاری و کیفیت تصمیمات مرتبط با وام و درنهایت مزیت رقابتی آنها مشخص می‌شود (Shao, 1998).

یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای است که اعضای آن ممکن است فقط تا اندازه‌ای متعلق به آن مجموعه باشند، برخلاف مجموعه‌های غیر فازی که یک عضو یا کاملاً داخل مجموعه است یا کاملاً خارج از آن قرار دارد (Zadeh, 1965). برای حل کردن مشکل عدم قطعیت در تفکر انسان، زاده در سال ۱۹۶۵ برای نخستین‌بار تئوری مجموعه فازی را معرفی کرد. در این تئوری، عضویت اعضای مجموعه به‌وسیله تابع $U(x)$ تعیین می‌شود؛ به‌طوری که در آن x یک عضو خاص و U تابع فازی است که درجه عضویت x در مجموعه را بین محدوده صفر و یک مشخص می‌کند و به‌صورت رابطه شماره ۱ نشان داده می‌شود (Piltan & et al, 2012):

$$\mu(x)\ (A = \{(x, \mu(x)) \mid x \in U\}) \qquad \text{رابطه ۱)}$$

بیشترین دانش جهان، غیر قطعی و نادقیق است. در برخورد با یک چنین موقعیتی، رویکرد فازی مبتنی بر مجموعه‌های فازی مناسب‌ترین راه به نظر می‌رسد (Chong & et al., 2011). در طول سال‌های اخیر مطالعات فراوانی روی کاربرد منطق فازی انجام گرفته است؛ به‌طوری که از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۱، بیش از ۷۰۰۰ مقاله پژوهشی، گزارش، رساله و کتاب دربارهٔ منطق فازی و کاربردهای آن در زمینه‌هایی چون مدیریت تولید، پیش‌بینی‌های مالی، تحقیقات بازاریابی، توسعهٔ محصول، مدیریت زنجیره تأمین، کیفیت و تحلیل هزینه و منفعت منتشر شده است (Lin & Hsu, 2011) که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. شناسایی استعدادهای ورزشی با به‌کاربردن یک سیستم خبره مبتنی بر وب با یک ماجول فازی (Papic & et al, 2009)، درهم آمیختن قضاوت انسانی، AHP، شبیه‌سازی و سیستم خبره فازی برای فرموله‌کردن استراتژی تحت شرایط عدم قطعیت (Li, S. & Li, J., 2009)، سیستم پشتیبان تصمیم فازی برای انتخاب سیستم پهلوگیری کشتی (Mentes & Helvacioglu, 2012)، پیش‌بینی پارامترهای

درمـان اولیـه فاضـلاب بـه‌وسـیله رویکـرد سیسـتم اسـتنتاج فـازی (Yel & Yalpir, 2011)، مدل‌سازی تولید روغن خرما با استفاده از سیستم خبره فـازی (Amelia & et al, 2009)، یـک سیستم خبره فازی برای مدیریت کسب‌وکـار (Arias-Aranda & et al, 2010)، توسـعهٔ مـدل برآورد احتمالی هزینهٔ پروژه با استفاده از تجزیه و تحلیل ریسک و سیستم خبره فازی (Idrus & et al., 2011).

برای انجام استنتاج نیاز به تعریف قوانین[1] است؛ به‌طوری که قوانین، متغیرهای ورودی را بـه متغیرهای خروجی متصل و به شکل "اگر ...آنگاه..." تعریف می‌شوند (Asmuni, 2008). با توجه به شکل کلی قوانین فازی، روش‌های تعریف قوانین فازی جایگزین متفـاوتی هسـتند کـه بـرای بازنمایی دانش در سیستم‌های فازی به‌کار برده می‌شوند (Mamadni & Assilian, 1975). در این پژوهش از شکل استاندارد قوانین فازی روش ممدانی استفاده شده است.

به سیستم‌های خبـره‌ای کـه روی چـارچوب‌هـای اسـتنباط منطـق فـازی تکیـه مـی‌کننـد، سیستم‌های خبره فازی می‌گویند (Baraldi & et al. 2009). به‌طور ساده، سیستم خبـره فـازی سیستم خبره‌ای است که مجموعه‌ای از توابع عضویت و قوانین فازی را بـه جـای منطـق بـولین به‌کار می‌گیرد تا داده‌ها را استدلال کند (Nosratabadi & et al., 2011).

به‌طور کلی یک سیستم خبره فازی از پنج قطعه تشـکیل شـده اسـت (Haji and Assadi, 2009):

- فازی‌ساز[2]: اعداد ورودی را به درجه‌ای از مقادیر کلامی مرتبط می‌کند.
- دیکشنری[3]: توابع عضویت مجموعه‌های فازی را که در قوانین بـه‌کـاربرده مـی‌شـوند، تعریف می‌کند.
- پایگاه دانش[4]: قوانین اگر- آنگاه فازی به‌همراه دیکشنری پایگاه دانش سیستم فازی را تشکیل می‌دهند.
- تصمیم گیرنده: عملیات استنتاج را روی قوانین اجرا می‌کند.
- فازی‌زدا[5]: نتایج استنتاج فازی را به اعداد واقعی تبدیل می‌کند.

به طور کلی چهار نوع فازی‌ساز به‌کار برده می‌شود که عبارتند از: فازی‌ساز مثلثی[6]، فازی‌ساز

1. Rule
2.Fuzzifier
3. Dictionary
4. Rule Base
5. Defuzzifier
6. Triangular fuzzifiers

ذوزنقه‌ای[1]، فازی‌ساز منفرد[2] و فازی‌ساز گاوسی[3]. در این پژوهش از فازی‌ساز مثلثی استفاده شده است (Djam and Kimbi, 2011).

روش‌های مختلفی برای فازی‌زدایی وجود دارد که عبارتند از مرکز ثقل[4] و روش میانگین حداکثر[5]، نیمساز ناحیه[6]، کوچک‌ترین حداکثر[7] و بزرگ‌ترین حداکثر[8]. رایج‌ترین روش فازی‌زدایی، فازی‌زدایی، روش مرکز ثقل نامیده می‌شود و برپایهٔ اجرای مرکز ثقل یک شکل مسطح است. این روش به‌صورت ریاضی در رابطه شماره ۲ ارائه شده است (Asmuni, 2008). در این پژوهش روش مرکز ثقل مورد استفاده قرار گرفته است؛ زیرا روش معتبری بوده و بارها مورد استفاده قرار گرفته است و همچنین رویکردی هماهنگ و متعادل را فراهم می‌کند (Ross, 2005).

$$z^* = \frac{\int_a^b \mu(z).zdz}{\int_a^b \mu(z).dz}$$ رابطه ۲)

روش استنتاج ممدانی

در کل این الگوریتم، ممدانی یا حداقل ـ حداکثر[9] نامیده می‌شود که کوتاه‌شدهٔ آن در زیر آمده است. قوانین روش استنتاج ممدانی براساس رابطه شماره ۱۱ است. فرض کنید مقدار ورودی فازی A' باشد $\tilde{x} = A'$ آنگاه:

۱. محاسبهٔ درجه تحقق قانون مورد نظر از رابطه شماره ۳:

$$B_i = max_x[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_{A_i}(x)]$$ رابطه ۳)

۲. محاسبه خروجی مجموعه فازی B'_i برای هر قانون با استفاده از t-norm (رابطه ۴):

$$B'_i : \mu_{B'_i}(y) = B_i \wedge \mu_{B_i}(y), y \in Y, 1 \leq i \leq k$$ رابطه ۴)

1. Trapezoidal fuzzifier
2. Singleton fuzzifier
3. Gaussian fuzzifier
4. Centroid
5. mean of maximum (MOM)
6. bisector of area (BOA),
7. smallest of maximum (SOM)
8. largest of maximum (LOM)
9. max-min

۳. ادغام خروجی مجموعه‌های فازی B'_i (رابطه ۵):

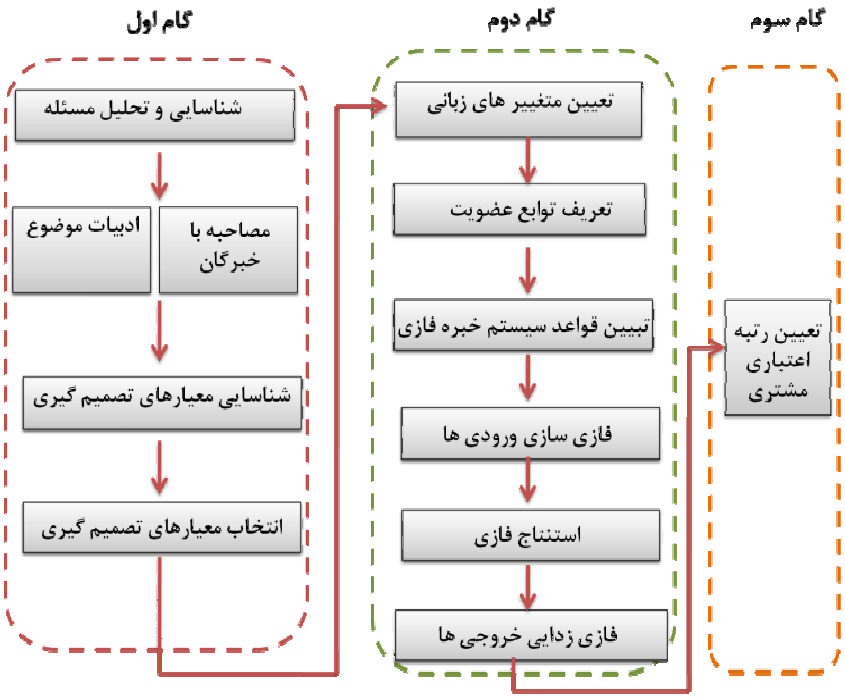
رابطه ۵) $$B'_i : \mu_{B'_i}(y) = max_{1\le i\le k}\ \mu_{B'_i}(y)\ , y \in Y$$

توجه: اگر ورودی‌های A'_i نیز مجموعه‌های فازی باشند، آنگاه درجه تحقق با رابطه شماره ۶ محاسبه می‌شود (Babuska, 1998):

رابطه ۶)
$$B'_i = max_{x_1\in X_1}[\mu_{A'_1}(x_1) \wedge \mu_{A_{i1}}(x_1)] \wedge max_{x_2\in X_2}[\mu_{A'_2}(x_2) \wedge \mu_{A_{i2}}(x_2)] \wedge \dots \wedge max_{x_p\in X_p}[\mu_{A'_p}(x_p) \wedge \mu_{A_{ip}}(x_p)]$$

روش‌شناسی پژوهش

مدل مورد نظر در شکل شماره ۱ ارائه شده است که در ادامه، تمامی مراحل به تفصیل شرح داده خواهد شد.



شکل ۱. نمای کلی گام‌های پژوهش

گام اول: تعیین معیارهای مناسب

برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان در سازمان‌ها براساس زمینهٔ فعالیتشان، دو نوع معیار در نظر گرفته می‌شود. یک) معیارهای کمّی که با استفاده از داده‌های قطعی و در دسترس سازمان تعیین می‌شود و دو) معیارهای کیفی که از آرای خبرگان و با بهره‌گیری از متغیرهای کلامی تعیین می‌شوند.

در این پژوهش تمامی اعداد به‌صورت فازی و از نوع مثلثی خواهند بود؛ زیرا برپایهٔ درک و انتقال مستقیم بوده و نمایش محاسباتی مؤثری دارند (Karsak, 2004).

سپس برای تعیین میزان اولویت از روش چانگ[1] استفاده خواهد شد. در روابط زیر، G فهرست معیارها از شماره ۱ تا n است و M معرف مقدار ارجحیت معیارها نسبت به یکدیگر هستند. $M_{gi}^{j}\ (j = 1,2, \dots, m)$ و تمام مقادیر که در مدل استفاده شده است، فازی هستند.

$$G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$$

$$M_{gi}^{1}, M_{gi}^{2}, \dots, M_{gi}^{m}\ \ i = 1,2, \dots, n$$

گام‌های راه حل چانگ برای محاسبهٔ وزن فازی، به‌ترتیبی است که در ادامه خواهد آمد.

در گام اول، ابتدا با استفاده از عملگر فازی جمع، مجموع هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی (یعنی برای هر معیار) را براساس رابطه شماره ۷ به‌دست می‌آوریم.

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} I_j, \sum_{j=1}^{m} M_j, \sum_{j=1}^{m} U_j\right) \qquad \text{رابطه ۷)}$$

گام دوم، مجموع اعداد فازی حاصل از گام اول را با یکدیگر جمع می‌کنیم.

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} I_j, \sum_{j=1}^{m} M_j, \sum_{j=1}^{m} U_j\right) \qquad \text{رابطه ۸)}$$

گام سوم، مقدار معکوس بردار به‌دست‌آمده در گام دوم را محاسبه می‌کنیم.

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^{m} I_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} M_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} U_j}\right) \qquad \text{رابطه ۹)}$$

1. Chang

گام چهارم، مقدار فازی حاصل از جمع سطرهای گام اول را در مقدار بـه‌دسـت‌آمـده در گـام سوم ضرب می‌کنیم.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1}$$ رابطه ۱۰)

به این ترتیب بردار وزن فازی هر یک از معیارها به‌دست خواهد آمد (Chang,1992).

گام دوم: تعیین ساختار سیستم خبره فازی

به‌منظور فازی‌سازی ورودی‌ها، برای معیارهـای کیفـی مقـادیر زبـانی و بـرای معیارهـای کمّـی، محدوده‌های مشخصی در نظر گرفته شده و توابع عضویت آنها تعریـف مـی‌شـود. سـپس بـرای تشکیل پایگاه دانش، مهندسی دانش انجام گرفته و با برگزاری مصاحبه‌های عمیق و جلسه‌هـای طوفان فکری متعدد، دانش و تجربه‌های خبرگان گردآوری شده و قـوانین سیسـتم خبـره ایجـاد می‌شود. قدم بعدی تعیین نوع روش استنتاج سیستم خبره فازی است. مرکز استنتاج یک سیسـتم خبره، از مجموعه‌های قواعد اگرـ آنگاه تشکیل می‌شود (Siler and James 2005). یـک روش بهینهٔ استدلال این است که نخست تک‌تک قوانین استنتاج شده و سپس نتایج ادغام شـوند کـه FITA[1] نام دارد. در میان تمـامی روش‌هـای اسـتدلال FITA، روش اسـتنتاج ممـدانی[2] بسـیار پرکاربرد و رایج است که در این پژوهش نیز از آن استفاده شده است.

مدل فازی سیستم خبره فازی این پژوهش از نوع «چند ورودی ـ یک خروجـی» (MISO)[3] است که می‌تواند به‌صورت مجموعه قوانینی به‌شکل رابطه شماره ۱۱ تبدیل شوند:

$$R_i = IF\ X_1\ is\ A_{i1}\ AND\ X_2\ is\ A_{i2}\ AND\ \dots\ X_j\ is\ A_{ij}$$
$$THEN\ y\ is\ B_i\ ,\ i = 1, \dots, n$$ رابطه ۱۱)

به‌طوری که در این رابطه؛

R_i یعنی iامین قانون، n تعداد قوانین، $X_j\ (j = 1, \dots, r)$ تعداد متغیرهای ورودی و y تنهـا متغیر خروجی سیستم، A_{ij} ورودی مجموعه‌هـای فـازی اسـت کـه در فضـای مجموعـه مرجـع

1. First-Infer-Then-Aggregate (FITA)
2. Mamdani Inference
3. Multiple Input - Single Output

$U = U_1, \ldots, U_r$ تعریف شده‌اند و B_i خروجی مجموعه‌های فازی که در مجموعه مرجع V تعریف شده‌اند.

بنابراین هر قانون یک ارتباط فازی محلی بین $U \times V$ است که یک قسمتی از فضای ورودی چند بعدی U را به یک بخش خاصی از فضای خروجی V نگاشت می‌کند. همان‌طور که در رابطه شماره ۱۱ مشخص است، ارتباط بین تمامی ورودی‌های این پژوهش به‌شکل AND است. ادغام[1] قوانین رابطه شماره ۱۱، پایگاه قوانین سیستم را تشکیل می‌دهد که به‌شکل رابطه شماره ۱۲ ارائه شده است (Najjaran & et al, 2006).

$$R = \bigcup_{i=1}^{n} R_i = R_1 \; ALSO \; R_2 \; ALSO \; \ldots \; ALSO \; R_n \qquad \text{(رابطه ۱۲)}$$

در این پژوهش برای اتصال‌های AND و ALSO به‌ترتیب عملگرهای t-norm و t-conorm انتخاب شده است؛ به‌طوری که از بین خانواده عملگرهای مذکور، از عملگرهای دکتر زاده بهره گرفته شده است.

ارزش خروجی‌های به‌دست آمده به‌شکل فازی هستند که برای ساده‌تر کردن تجزیه و تحلیل آنها، اعداد فازی با روش مرکز ثقل فازی‌زدایی شده و به اعداد معمولی تبدیل می‌شوند.

گام سوم: تعیین مقدار معیارها برای ارزیابی مشتری

نخستین مرحلهٔ پردازش سیستم خبره فازی، فازی‌سازی[2] ورودی‌های سیستم است (Matthews, 2003). برای آماده‌سازی ورودی‌ها و سپس فازی‌سازی متغیرهای ورودی، باید مراحل زیر انجام گیرد:

۱. معیارهای کمّی قابل محاسبه بوده و به‌صورت داده‌های قطعی از گزارش‌ها و داده‌های در دسترس سازمان به‌دست می‌آیند. اما معیارهای کیفی با متغیرهای کلامی از سوی خبرگان مقداردهی می‌شوند.

۲. برای به‌دست آوردن مقدار واحد برای هر معیار کیفی، باید متغیرهای کلامی را به اعداد فازی مثلثی تبدیل کرد تا قابل محاسبه و تجزیه و تحلیل باشند. بنابراین بایستی برای معیارهای کیفی ماتریس تصمیم تشکیل داد تا بتوان برای هر معیار کیفی یک مقدار واحد به‌دست آورد. قالب ماتریس تصمیم به‌صورت جدول شماره ۱ است.

1. Aggregation
2. Fuzzification

جدول ۱. ماتریس تصمیم‌گیری

خبرگان	معیار ۱	معیار ۲	...	معیار j ام
خبره ۱	R_{11}	R_{21}	...	R_{j1}
...	...	...	...	...
خبره i ام	R_{1i}	R_{2i}	...	R_{ji}

۳. میانگین نظرات خبرگان را با استفاده از رابطه شماره ۱۳ محاسبه کرده و مقدار نهایی را برای هر معیار کیفی در ماتریس تصمیم‌گیری قرار می‌دهیم که قالب آن بر اساس جدول شماره ۲ است.

رابطه ۱۳)
$$AVG_J = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{1i}}{n}$$

جدول ۲. ماتریس تصمیم‌گیری با مقدار میانگین نظرات خبرگان

خبرگان	معیار ۱	معیار ۲	...	معیار j ام
میانگین نظرات خبرگان	AVG_1	AVG_2	...	AVG_j

یافته‌های پژوهش

مدل ارائه شده در شرکت پخش البرز (سهامی خاص) به‌کار بسته شده است. به‌طوری که محدوده پژوهش حاضر معاونت دارویی و گروه مشتریان حقیقی آن معاونت هستند؛ بنابراین گروهی چهار نفره از صاحب‌نظران در این عرصه از سوی شرکت شناسایی شدند تا نماینده‌های خبره در مراحل تعیین معیارها و وزن‌های هریک، تعیین قوانین و نتایج هر یک ایفای نقش کرده و در نشست‌های مصاحبه و طوفان فکری اعلام نظر کنند.

شناسایی و تعیین معیارها

برای شناسایی معیارها، ابتدا ادبیات موضوع و منابع داخلی و خارجی مرتبط با اعتبارسنجی مشتریان مورد بررسی قرار گرفت. معیارهای ارائه‌شده در ادبیات موضوع مربوط به مشتریان بانک‌ها بودند، بنابراین پس از جمع‌آوری معیارها از منابع مختلف، ۵۸ معیار شناسایی شد؛ سپس با توجه به ماهیت شرکت‌های پخش به تعداد ۳۶ معیار کاهش یافت. همچنین با توجه به محدودیت دسترسی به اطلاعات دقیق مشتری و محدوده پژوهش در جلسه طوفان فکری

دیگری، معیارها با توجه به محدودیت‌های مذکور در هفت گروه کلی دسته‌بندی شدند. برای رفع ابهام و یکسان بودن برداشت از هر گروه معیار، در نشست مذکور تعریف دقیقی برای آنها مشخص شد (برای آگاهی از فهرست معیارهای شناسایی به جدول ۱۲ رجوع شود).

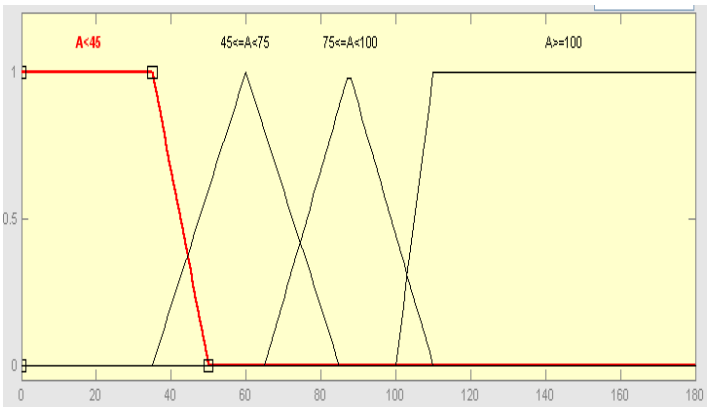
تعریف متغیرهای زبانی و مجموعه‌های فازی

در این مرحله با برگزاری نشست‌های طوفان فکری، براساس نظر خبرگان برای هر متغیر، بازه فازی، مجموعه فازی و تابع عضویت آن تعیین شد.

۱. **زمان بازپرداخت تسهیلات:** منظور از آن متوسط دورهٔ وصول مشتری در شرکت است؛ به‌طوری که هر دورهٔ وصول از زمان صدور برگ خرید (فاکتور) تا زمان تسویه آن است. بنابراین در این معیار میانگین دوره‌های وصول برگ خرید مشتری مد نظر است.

جدول۳. مشخصه‌های فازی زمان بازپرداخت تسهیلات

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	معادل لاتین	بازه فازی
زمان بازپرداخت تسهیلات (روز) Time of Repayment (TOR)	$A < ۴۵$	–	۰ –۵۰
	$۴۵ \le A < ۷۵$	–	۴۰–۸۵
	$۷۵ \le A < ۱۰۰$	–	۶۵–۱۱۰
	$A \ge ۱۰۰$	–	۱۰۰–۱۸۰

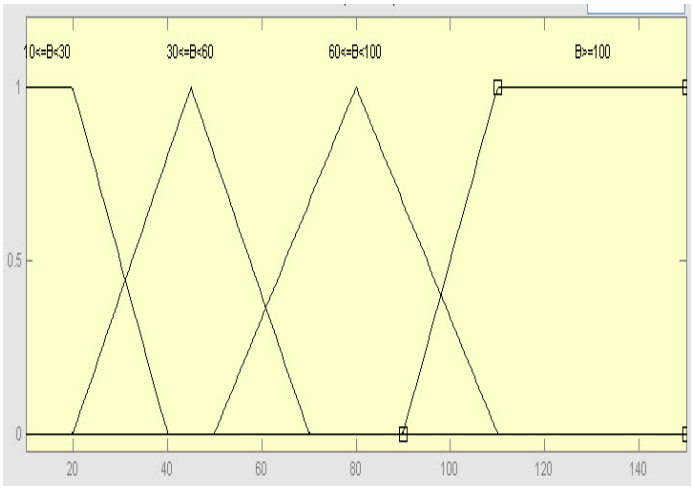


شکل ۲. نمودار تابع عضویت زمان بازپرداخت تسهیلات

۲. **میانگین خرید:** عبارتست از مجموع خرید مشتری طی یک بازه زمانی مشخص، تقسیم بر تعداد دفعات خرید. در سازمان مورد مطالعه بازه زمانی سه‌ماهه تعیین شده است.

جدول٤. مشخصه‌های فازی برای میانگین خرید

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	معادل لاتین	بازه فازی
میانگین خرید (میلیون ریال) AVG Of Buying (AVGB)	$۱۰ \leq B < ۳۰$	–	۱۰ -۴۰
	$۳۰ \leq B < ۶۰$	–	۲۰ -۷۰
	$۶۰ \leq B < ۱۰۰$	–	۵۰ -۱۱۰
	$B \geq ۱۰۰$	–	۹۰ -۱۵۰

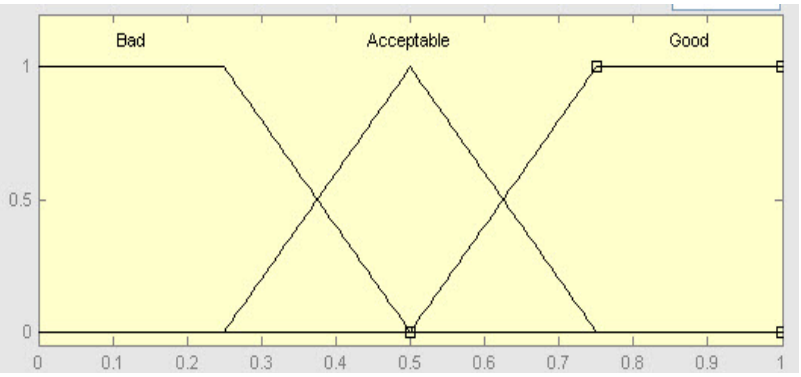


شکل ۳. نمودار تابع عضویت میانگین خرید

۳. **کیفیت خرید:** شامل معیارهایی است که مشتری را از لحاظ وضعیت تنوع سبد خرید و میزان مرجوعی، مورد بررسی قرار می‌دهد. منظور از تنوع سبد خرید، انواع کالاهایی است که از شرکت خریداری می‌شود و با توجه به ارزش کالا و انحصاری بودن آن سبد خرید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. منظور از میزان مرجوعی، وضعیت کالاهایی است که بازمی‌گردد و با توجه به علّت برگشت و تعداد آن، ارزشیابی می‌شود.

جدول ۵. مشخصه‌های فازی کیفیت خرید

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	معادل لاتین	بازه فازی
کیفیت خرید Quality of Buying (QOB)	بد	Bad	۰ – ۰/۵
	قابل قبول	Acceptable	۰/۲۵–۰/۷۵
	خوب	Good	۰/۵ –۱

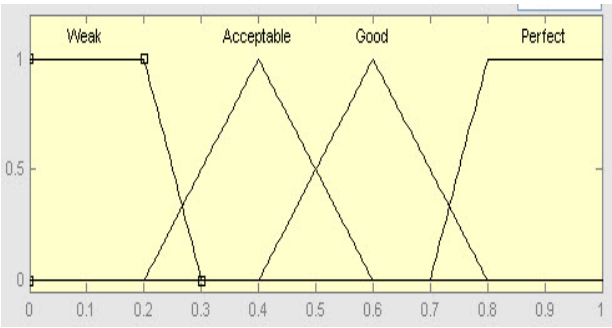


شکل ٤. نمودار تابع عضویت کیفیت خرید

۴. **وضعیت تضمین:** منظور نوع سند یا وثیقه‌ای است که مشتری برای گرفتن اعتبار ارائه می‌دهد که با توجه به ارزش آن، ارزیابی انجام می‌گیرد. این سند می‌تواند شامل رهن اموال غیر منقول، کارت‌های اعتباری و ضمانت بانکی باشد؛ این ضمانت‌نامه‌های بانکی و کارت‌های اعتباری مدت اعتبار دارند، بنابراین اعتبار داده شده تا مدت مورد نظر معتبر است.

جدول ٦. مشخصه‌های فازی وضعیت تضمین

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	معادل لاتین	بازه فازی
وضعیت تضمین Type of Guarantee(TOG)	ضعیف	Weak	۰ –۰/۳
	قابل قبول	Acceptable	۰/۲ –۰/۶
	خوب	Good	۰/۴ –۰/۸
	عالی	Perfect	۰/۷ –۱

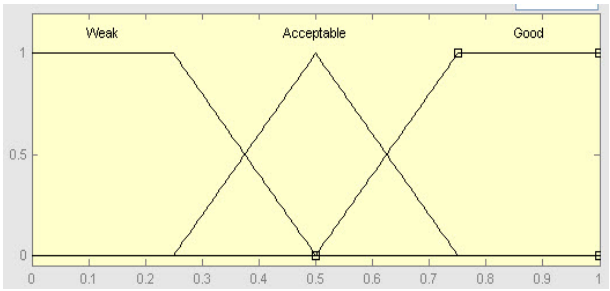


شکل ۵. نمودار تابع عضویت وضعیت تضمین

۵. **وضعیت دارایی:** در این گروه معیارهایی چون متراژ مغازه، وضعیت انبار اجناس، وضعیت مالکیت محل کسب‌وکار، درآمد مشتری و میزان پرداخت اجاره مد نظر قرار می‌گیرد. هرچه میزان تملک مشتری بیشتر باشد، ارزش بیشتری دارد؛ به‌طوری که نهایت آن ملکی بودن مغازه و کمترین حد آن اجاره‌ای بودن است. همچنین در این گروه دارایی‌های دیگر مشتری نیز می‌تواند مد نظر قرار بگیرد؛ داشتن خودرو، مسکن شخصی و دیگر مستغلات مشتری در ارزیابی این معیار اهمیت دارد.

جدول ۷ . مشخصه‌های فازی وضعیت دارایی

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	معادل لاتین	بازه فازی
وضعیت دارایی State of Properties(SOP)	ضعیف	Weak	۰ – ۰/۵
	قابل قبول	Acceptable	۰/۲۵–۰/۷۵
	خوب	Good	۰/۵ –۱

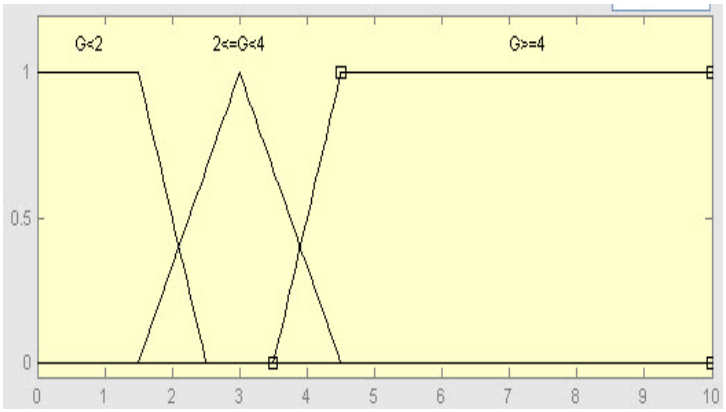


شکل ٦. نمودار تابع عضویت وضعیت دارایی

۶. **دفعات خرید:** عبارت است از دفعات خرید در یک دورهٔ مشخص. در سازمان مورد مطالعه بازه زمانی سه‌ماهه تعیین شده است.

جدول ۸. مشخصه‌های فازی دفعات خرید

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	معادل لاتین	بازه فازی
دفعات خرید (دوره سه ماهه) Time of Buying (TOB)	$G < ۲$	–	۰ -۲/۵
	$۲ \leq G < ۴$	–	۱/۵ -۴/۵
	$G \geq ۴$	–	۳/۵ -۱۰



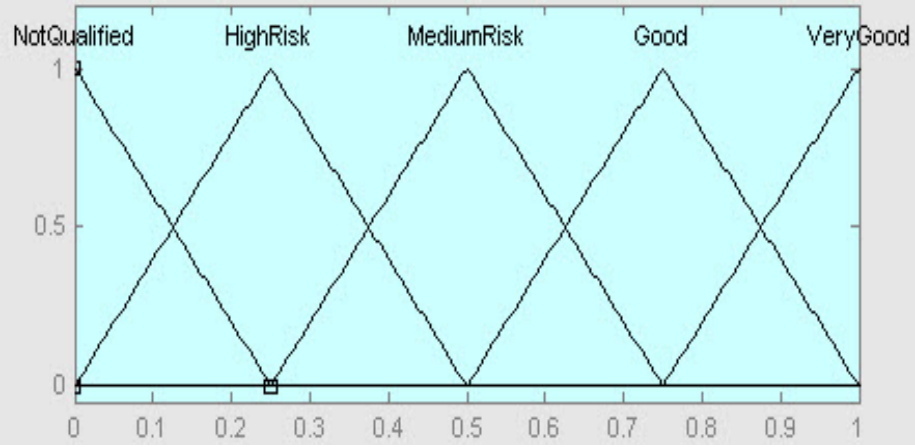
شکل ۷. نمودار تابع عضویت دفعات خرید

۷. **سابقه اعتباری:** معیارهایی را شامل می‌شود که رفتار مشتری را در مدت زمان ارتباط آن با شرکت مورد بررسی قرار می‌دهد؛ به‌طوری که هرچه مدت زمان ارتباط بیشتر باشد، در ارزیابی این معیار تأثیر مثبت‌تری خواهد داشت. همچنین نحوهٔ تعامل مشتری در خصوص پرداخت بدهی‌هایش در زمان مقرر را مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. حسن شهرت شامل میزان اعتبار و خوش‌نامی مشتری در بین کسبه محل، اهالی و دیگر شرکت‌ها نیز در ارزیابی تأثیر دارد. تابع عضویت و مشخصات فازی آن مشابه با شکل شماره ۴ و جدول شماره ۵ است.

۸. **رتبه اعتباری مشتری:** تنها خروجی سیستم بوده که به‌صورت فازی در نظر گرفته شده و در آخر فازی‌زدایی شده و رتبه اعتباری مشتری به‌صورت یک عدد به‌دست می‌آید.

جدول ۹. مشخصه‌های فازی متغیر خروجی رتبه اعتباری

متغیر خروجی	مقادیر کلامی	معادل لاتین	بازه فازی
رتبه اعتباری مشتری Credit Score	عدم تأیید اعتبار	Not Qualified	۰ –۰/۲۵
	تأیید اعتبار با ریسک بالا	High Risk	۰ – ۰/۵
	تأیید اعتبار با ریسک پایین	Medium Risk	۰/۲۵–۰/۷۵
	تأیید اعتبار	Good	۰/۵ –۱
	تأیید اعتبار با ارجحیت بالا	Very Good	۰/۷۵–۱



شکل ۸. نمودار تابع عضویت رتبه اعتباری

تعیین اولویت معیارها

برای تعیین اولویت و اهمیت هر معیار می‌بایست وزن آنها محاسبه شود. برای این امر، نشست طوفان فکری تشکیل شد و خبرگان ماتریس مقایسهٔ زوجی را براساس اجماع نظرات تکمیل کردند. سپس هر مقدار را با استفاده از جدول شماره ۱۰، از عبارات کلامی به اعداد فازی مثلثی تبدیل کرده و جدول شماره ۱۱ تشکیل شد تا قابل تجزیه و تحلیل باشد.

جدول ۱۰. مقادیر زبانی برای تعیین میزان اولویت معیارها نسبت به یکدیگر

اعداد فازی	مقادیر زبانی	معادل فارسی
(۵/۲, ۳, ۷/۲)	Very Strong(row to column)(VSrc)	خیلی زیاد
(۳/۲, ۲, ۵/۲)	Fairly Strong(row to column)(FSrc)	زیاد
(۲/۳, ۱, ۳/۲)	Weak(row to column)(Wrc)	نسبتاً زیاد
(۱, ۱, ۱)	Equal(E)	برابر
(۲/۳, ۱, ۳/۲)	Weak(column to row)(Wcr)	نسبتاً کم
(۲/۵, ۱/۲, ۲/۳)	Fairly Strong(column to row)(FScr)	کم
(۲/۷, ۱/۳, ۲/۵)	Very Strong(column to row)(VScr)	خیلی کم

جدول ۱۱. ماتریس مقایسه زوجی معیارها با اعداد فازی

	زمان بازپرداخت تسهیلات	میانگین خرید	کیفیت خرید	وضعیت تضمین	وضعیت دارایی	دفعات خرید	سابقه اعتباری
زمان بازپرداخت تسهیلات	(۱, ۱, ۱)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۳/۲, ۲, ۵/۲)	(۲/۵,۱/۲,۲/۳)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)
میانگین خرید	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۱, ۱, ۱)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)
کیفیت خرید	(۲/۵,۱/۲,۲/۳)	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)	(۱, ۱, ۱)	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۲/۵,۱/۲,۲/۳)	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)
وضعیت تضمین	(۳/۲, ۲, ۵/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)	(۱, ۱, ۱)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)	(۳/۲, ۲, ۵/۲)	(۳/۲, ۲, ۵/۲)
وضعیت دارایی	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)	(۱, ۱, ۱)	(۲/۵,۱/۲,۲/۳)	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)
دفعات خرید	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۳/۲, ۲, ۵/۲)	(۲/۵,۱/۲,۲/۳)	(۳/۲, ۲, ۵/۲)	(۱, ۱, ۱)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)
سابقه اعتباری	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)	(۲/۵,۱/۲,۲/۳)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)	(۱, ۱, ۱)

در ادامه برای به‌دست آوردن اولویت و اهمیت هر یک از معیارها از روش چانگ ـ که در روش‌شناسی پژوهش بدان اشاره شد ـ استفاده شده است. در جدول شماره ۱۲ میزان اولویت و اهمیت هر یک از معیارها به‌ترتیب آمده است.

جدول ۱۲. اولویت معیارها

ردیف	نام معیار	امتیاز	نوع
۱	وضعیت تضمین	۰/۶۸	کیفی
۲	میانگین خرید	۰/۵۳	کمی
۳	سابقه اعتباری	۰/۵۲	کیفی
۴	زمان بازپرداخت تسهیلات	۰/۴۷	کمی
۵	دفعات خرید	۰/۴۱	کمی
۶	کیفیت خرید	۰/۲۰	کیفی
۷	وضعیت دارایی	۰/۱۹	کیفی

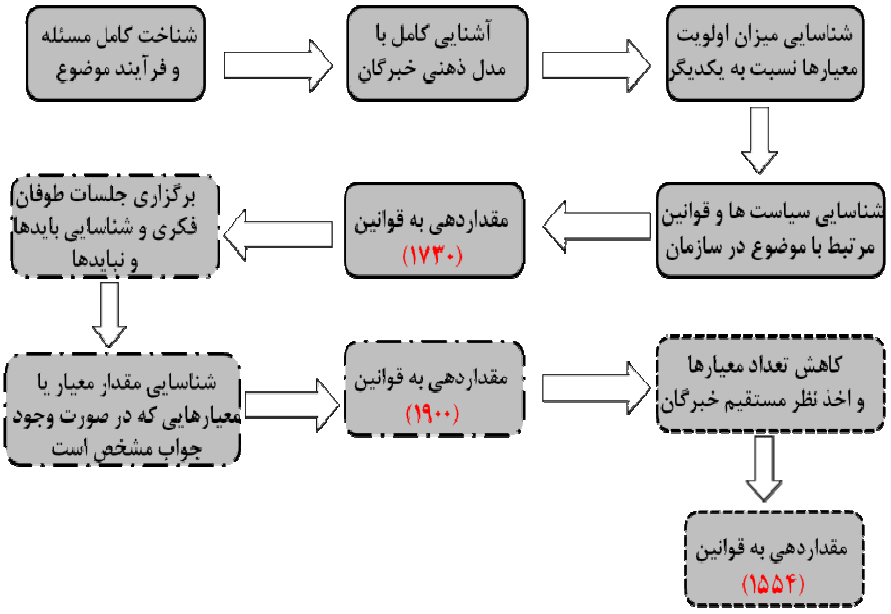
ایجاد پایگاه دانش مبتنی بر قوانین فازی

قوانین سیستم خبره فازی حاضر، براساس نظر خبرگان و با در نظر گرفتن میزان اولویت و اهمیت معیارها (جدول ۱۲) مشخص شده‌اند. نمونه‌ای از قواعد در جدول ۱۳ ارائه شده است.

جدول ۱۳. گزیده‌ای از قوانین سیستم خبره فازی پیاده سازی شده

ردیف	وضعیت تضمین	سابقه اعتباری	میانگین خرید	زمان بازپرداخت تسهیلات	دفعات خرید	کیفیت خرید	وضعیت دارایی	رتبه اعتباری مشتری
۱.	ضعیف	بد	$۱۰ \le B < ۳۰$	$A < ۴۵$	$G < ۲$	قابل قبول	ضعیف	عدم تأیید اعتبار
۲.	ضعیف	بد	$۶۰ \le B < ۱۰۰$	$A < ۴۵$	$G \ge ۴$	قابل قبول	ضعیف	تأیید اعتبار با ریسک پایین
۳.	ضعیف	قابل قبول	$B \ge ۱۰۰$	$A < ۴۵$	$۲ \le G < ۴$	بد	خوب	تأیید اعتبار با ریسک پایین
۴.	ضعیف	خوب	$B \ge ۱۰۰$	$A \ge ۱۰۰$	$۲ \le G < ۴$	بد	قابل قبول	تأیید اعتبار با ریسک بالا
۵.	قابل قبول	بد	$۶۰ \le B < ۱۰۰$	$۴۵ \le A < ۷۵$	$G < ۲$	خوب	قابل قبول	تأیید اعتبار با ریسک پایین
۶.	قابل قبول	خوب	$۶۰ \le B < ۱۰۰$	$A < ۴۵$	$۲ \le G < ۴$	خوب	ضعیف	تأیید اعتبار
۷.	خوب	قابل قبول	$۶۰ \le B < ۱۰۰$	$۴۵ \le A < ۷۵$	$G < ۲$	خوب	خوب	تأیید اعتبار
۸.	خوب	قابل قبول	$۶۰ \le B < ۱۰۰$	$۴۵ \le A < ۷۵$	$G \ge ۴$	خوب	خوب	تأیید اعتبار با ارجحیت بالا
۹.	عالی	بد	$۶۰ \le B < ۱۰۰$	$A < ۴۵$	$G < ۲$	خوب	ضعیف	تأیید اعتبار با ارجحیت بالا
۱۰.	عالی	قابل قبول	$۱۰ \le B < ۳۰$	$۷۵ \le A < ۱۰۰$	$G \ge ۴$	بد	ضعیف	تأیید اعتبار با ارجحیت بالا

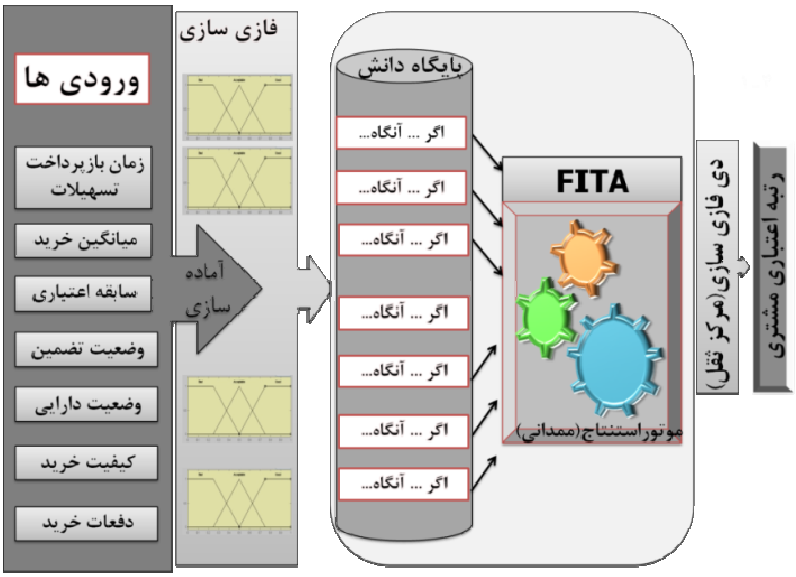
با توجه به تعداد متغیر ورودی و تعداد توابع عضویت هر یک از آنها، درمجموع ۵۱۸۴ قانون ممکن استخراج شد. با توجه به تعداد بسیار زیاد قوانین برای تعیین نتایج، روش نوینی به‌کار گرفته شد که نمای گرافیکی آن به‌طور خلاصه در شکل شماره ۹ ارائه شده است؛ به‌طوری که در مرحله اول ۱۷۳۰ و در مرحله دوم ۱۹۰۰ قانون بدون اخذ نظر مستقیم خبرگان تعیین جواب شدند.



شکل ۹. نمایی گرافیکی روش نوین برای مقداردهی به قوانین

تعیین ساختار سیستم خبره فازی

سیستم خبره فازی از یک‌سری اجزای مشخصی تشکیل شده است که تا اینجا بخش‌های مختلف آن تعریف شده‌اند. برای اجرای سیستم مورد نظر، از نرم افزار متلب بهره گرفته شده است. در نمودار شکل شماره ۱۰، نمایی از مدل مفهومی پژوهش ارائه شده است.



شکل ۱۰. نمایی از مدل مفهومی پژوهش

سنجش مدل پیشنهادی

برای آزمون مدل از روش آزمون تمام قوانین استفاده شده است (بافنده زنده، ۱۳۸۸). در این روش، ورودی‌های موتور استنتاج یک‌به‌یک به سیستم خبره مربوطه وارد شد. موتور استنتاج به‌ازای ورودی‌های هر قانون، خروجی متناظر با آن قانون را تولید کرد. خروجی به‌دست آمده از قانون با خروجی مورد انتظار مقایسه شد.

ارزیابی سیستم خبره فازی

پس از اجرای سیستم خبره فازی براساس نمونه‌گیری قضاوتی، مرکز توزیع غرب به‌عنوان پایلوت انتخاب شد. گفتنی است براساس دیدگاه سازمان مورد مطالعه در شرایط زمانی مورد نظر، چنانچه نتیجهٔ به‌دست‌آمده از خروجی سیستم بزرگ‌تر یا مساوی با ۰/۵ باشد، اعتبار مشتری مورد نظر تأیید می‌شود، بنابراین نتایج به‌دست‌آمده بر این اساس مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین برای تعیین میزان درستی نتیجه پیش‌بینی‌شده سیستم با میزان تخصیص داده شده واقعی، حساب اعتباری مشتریان مورد نظر در شش ماه بعد که مشتری عملکرد خود را نشان داده است، بار دیگر مورد بازنگری قرار گرفت. به‌طوری که براساس قانون سازمان، مشتریانی که چک برگشتی

داشته باشند یا میانگین بازپرداخت بدهی آنها بیشتر از ۷۰ روز باشد، مشتریان بدحساب نامیده می‌شوند. براساس موارد بیان‌شده، نتیجه بررسی در جدول شماره ۱۴ ارائه شده است.

جدول ١٤. مقایسهٔ نتایج واقعی با نتایج به‌دست‌آمده از سیستم

بازه زمانی انتخاب مشتریان	۱۳۹۰/۱۱/۰۱ تا ۱۳۹۱/۰۲/۳۱	
تعداد کل مشتریان انتخاب‌شده	۱۰۲ نفر	۱۰۰
تعداد مشتریان "تأیید اعتبار" طبق داده واقعی	۹۳ نفر	۹۱/۱ درصد
تعداد مشتریان "عدم تأیید اعتبار" طبق داده واقعی	۹ نفر	۸/۹ درصد
تعداد مشتریان "تأیید اعتبار" طبق نتیجه به‌دست‌آمده از سیستم	۸۰ نفر	۷۸/۴ درصد
تعداد مشتریان "عدم تأیید اعتبار" طبق نتیجه به‌دست‌آمده از سیستم	۲۲ نفر	۲۱/۶ درصد
تعداد مشتریان خوش حساب پس از تخصیص اعتبار تا تاریخ ۱۳۹۱/۰۵/۳۱	۷۴ نفر	۷۹/۵ درصد
تعداد مشتریان بد حساب پس از تخصیص اعتبار تا تاریخ ۱۳۹۱/۰۵/۳۱	۱۹ نفر	۲۰/۵ درصد
تعداد مشتریان خوش حساب تا تاریخ ۱۳۹۱/۰۵/۳۱ که سیستم آنها را درست پیش‌بینی کرده است.	۷۳ نفر	۹۱/۲۵ درصد
تعداد مشتریان بدحسابی که سیستم "تأیید اعتبار" آنها را پیش‌بینی کرده است.	۶ نفر	۷/۵ درصد
تعداد مشتریان خوش حسابی که سیستم "عدم تأیید اعتبار" آنها را پیش‌بینی کرده است.	۱ نفر	۱/۲۵ درصد

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از موضوعات بسیار مهم برای شرکت‌های تجاری در مدیریت ریسک، رتبه‌بندی اعتباری مشتریان خود است. در مطالعات گذشته، تنها روش‌های آماری مورد بررسی قرار گرفته و از آنها بهره برده شده است و رتبه اعتباری مشتری تنها با در اختیار داشتن معیارهایی با مقدار دقیق مشخص می‌شد، به‌طوری که روش‌های مورد نظر کمتر مورد استفاده عملی و ملاک تصمیم‌گیری قرار گرفتند؛ اما در این پژوهش برای به‌کارگیری معیارهایی با مقدار نادقیق و تصمیم‌گیری در شرایطی که اطلاعات در دسترس نبوده یا دقیق نیستند؛ از روش فازی بهره گرفته شده است که نزدیکی بیشتری به واقعیت و مدل ذهنی انسان دارد. بنابراین این پژوهش با به‌کارگیری تئوری فازی[1]، امکان به‌کارگیری معیارهای بیشتری را در اختیار قرار داده است. دوم اینکه با ایجاد یک پایگاه دانش مبتنی بر مدل ذهنی و تجربه‌های خبرگان، سیستمی دانش‌محور

1. Fuzzy Theory

و واقع‌بینانه‌تری را بنیان نهاده تا شرکت‌های تجاری بتوانند فرآیند اعتباری سنجی مشتریان را به‌صورت نظام‌مند و با تکیه بر دانش خبرگان خود و به بدون محدودیت دسترسی به خبرگان انجام‌داده و مدیریت ریسک بهینه‌تر و یکپارچه‌تری را در پیش گیرند. مدل ارئه شده برای طراحی سیستم خبره فازی این امکان را بوجود می‌آورد تا تمامی شرکت‌های تجاری بتوانند مطابق با شرایط و نیاز، سیستم خود را طراحی و پیاده سازی نمایند. از نقاط قوت دیگر این پژوهش ارائه مدل ابتکاری، جهت استخراج قوانین و مهندسی دانش است.

طبق نتیجه به‌دست آمده از پیاده سازی سیستم در شرکت مورد مطالعه، ۸۰ نفر از مشتریانی که تأیید اعتبار پیش بینی شده بودند ۶ نفر آن‌ها بد حساب بوده و یک مشتری خوش حساب نیز بدحساب پیش بینی شده است. بنابراین سیستم با دقت ۹۱/۲۵درصد رتبه اعتباری مشتریان را پیش بینی نموده است که با توجه به نظر خبرگان سازمان مورد نظر، سیستم از دقت بسیار قابل قبولی برخوردار می‌باشد.

با توجه به اینکه شرکت های پخش دارای طیف مشتریان متعدد با ویژگی‌های متفاوتی می‌باشند بنابراین پیشنهاد می‌گردد مراحل پروژه برای تمامی گروه ها به صورت مستقل صورت گرفته و سپس با ایجاد یک بستر مشترک نرم افزاری تمامی مشتریان شرکت به صورت یکپارچه فرآیند اعتبارسنجی را طی نمایند. همچنین با توجه به پراکندگی جغرافیایی مراکز توزیع پیشنهاد می‌گردد سیستم طراحی شده به صورت نرم افزار تحت وب پیاده سازی گردیده که این امر باعث ایجاد یک بستر هماهنگ و یکپارچه اجرایی می‌گردد و دفتر مرکزی می‌تواند به صورت آنی نسبت به روند فرآیند اعتبارسنجی اطلاع پیدا نموده و به موقع سیاست‌های کنترلی و استراتژیکی خود را اعمال نماید. همچنین این تحقیق فرایند اعتبارسنجی اولیه مشتریان را تحت بررسی قرارداد به‌طوری که می‌توان تعیین میزان اعتبار تخصیص یافته به مشتریان را نیز به صورت یک سیستم خبره فازی پیاده سازی نموده به‌طوری که طبق رفتار مشتریان در طول زمان میزان اعتبار تخصیص یافته را کاهش یا افزایش داد بدین صورت فرآیند اعتباردهی به مشتریان نیز تحت نظارت و مطابق خواست دفتر مرکزی صورت می‌گیرد. و همچنین می‌توان از Gray Theory به عنوان جایگزینی برای روش فازی بهره برد و یا اینکه سیستم طراحی شده با روش ANFIS نیز پیاده سازی گردد که ضمن استفاده از متد ممدانی از مزایای شبکه های عصبی نیز بهره می‌برد و نتایج به‌دست آمده مورد مقایسه قرار گیرد.

در یک محیط واقعی تصمیم گیری گروهی، تصمیم گیران از دانش، مهارت و تجربه‌های متفاوتی برخوردارند و بهتر است که وزن و اهمیت نسبی تصمیم گیران در نظر گرفته شود

بنابراین استفاده از تکنیک های تصمیم گیری گروهی فازی در تعیین نتایج قوانین ، تعیین مقادیر معیارها کیفیت و دقت انتخاب را افزایش خواهد داد.

منابع

آقایی، م.، آقایی، ا.، آقایی، ر. (۱۳۹۱). شاخص‌های اساسی مؤثر بر وفاداری مشتریان در صنعت بهداشتی و سلولزی ایران با استفاده از رویکرد دلفی فازی و دیمتل فازی. *مدیریت بازرگانی*، ۴ (۳): ۲۰-۱.

اسکندری قادری، س. (۱۳۸۵). *رتبه‌بندی اعتباردهی به مشتریان حقیقی بانک‌ها برای بالا بردن بهداشت اعتباری سیستم بانکی*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهرا.

باسقی، س. (۱۳۹۰). *فروشگاه، راهکارها و نکته‌ها*، چاپ دوم، تهران: انتشارات بازاریابی.

باشکوه اجیرلو، م.، خداداد حسینی، س. ح.، کردنائیج، ا.، آذر، ع. (۱۳۹۱)، بررسی عوامل موثر بر هماهنگی کانال‌های توزیع چندگانه از منظر عرضه‌کنندگان. *مدیریت بازرگانی*، ۴ (۱۱): ۱۸-۱.

بافند زنده، ع. ر. (۱۳۸۸). تدوین یک سیستم خبره‌ی فازی جهت طراحی ساختار سازمانی. *فراسوی مدیریت*، ۳ (۹): ۱۲۸-۱۰۳.

بی‌نظیر، ع. ا. (۱۳۸۸). امتیاز دهی *اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌ها بر اساس روش آلتمن*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه عالی بانکداری ایران.

خبرنامه تخصصی صنعت پخش کالا و خدمات، (شهریور ۱۳۹۰)، شماره ۱، صاحب امتیاز: کلینیک صنعت پخش(مبتکران).

دهقانی، م. ع. (۱۳۸۸). *ارائه مدلی برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقیقی در بانک کارآفرین*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه عالی بانکداری ایران.

ذکاوت، ی.م. و محمدیان، م. (۱۳۸۶). رتبه‌بندی داخلی مشتریان بانک‌ها با استفاده از مدل‌های رگرسیونی لاجیت. *پژوهش‌نامهٔ* اقتصادی، (۶ ویژه‌نامه بانک): ۸۹-۶۱.

سبزواری، ح. و نوربخش، ا. (۱۳۸۵). *مقایسه مدل لاجیت و درخت‌های طبقه بندی رگرسیونی در بین مشتریان حقوقی بانک کارآفرین*. مجموعه مقالات هفدهمین همایش بانکداری اسلامی.

فرج خیابانی، ن. (۱۳۸۸). *امتیازدهی اعتباری مشتریان حقوقی بانک تجارت*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه عالی بانکداری ایران.

فردحریری، ع.ر. (۱۳۸۷). *مدل‌سازی ریسک و رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی بانک رفاه*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

قرصی، ز. (۱۳۹۰). *رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی بانک ملت با استفاده از شبکه‌های عصبی GMDH و معادلات اقتصاد سنجی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

محمدی صداقت، س. (۱۳۸۸). *رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقیقی حوزه کسب و کار با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی و مدل لاجیت (مطالعه موردی شعب منطقه چهار بانک تجارت)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه عالی بانکداری ایران.

ملکی، م. (۱۳۸۹). *تعیین رتبه اعتباری مشتریان حقیقی بانک‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی.

ودادی، ا. (۱۳۸۳). *بررسی رفتار اعتباری مشتریان تسهیلات مصرفی با استفاده از شبکه‌های عصبی امتیازبندی اعتباری*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

Abdou, H., Pointon, J. & Masry, E.I. (2008). A. Neural nets versus conventional techniques in credit scoring in Egyptian banking. *Expert Systems with Applications*, 35: 1275-1292.

Altman, E.I. (1968). Financial ratios discriminate analysis and the prediction of corporate bankruptcy, *The Journal of Finance*. 23: 589-609.

Amelia, L., Wahab, D.A., Hassan, A. (2009). Modeling of palm oil production using fuzzy expert system, *Expert Systems with Applications,* 36: 8735–8749.

Arias-Aranda, D., Castro, J.L., Navarro, M., Sánchez, J.M., Zurita, J.M., (2010). A fuzzy expert system for business management, *Expert Systems with Applications* 37: 7570–7580.

Asmuni, Hishammuddin Bin. (2008). *Fuzzy Methodologies for Automated University Timetabling Solution Construction and Evaluation*, thesis of Doctor of Philosophy, University of Nottingham.

Babuska, Robert., (1998), *Fuzzy Modeling for Control, International Series in Intelligent Technologies, Control Engineering Laboratory, Kluwer Academic Publishers*, Boston.

Baesens, B., Van Gestel, T., Viaene, S., Stepanova, M., Suykens, J. and Vanthienen, J. (2003), *Benchmarking state-of-the-art classification algorithms for credit scoring, Journal of the Operational Research Society*, 54, (6), 627-635.

Baraldia, P., Librizzia, M., Zioa, E., Podofillinib, L., Dangb, V.N. (2009), *Two techniques of sensitivity and uncertainty analysis of fuzzy expert systems, Expert Systems with Applications*, Volume 36, Issue 10, Pages 12461–12471.

Beaver, W. H. (1966), *financial ratios as predictions of failure, Journal of Accounting Research, Empirical Research in Accounting: Selection Studies*, (Supplement), 4,71-111.

Bellotti, Tony., (2010), *A simulation study of Basel II expected loss distributions for a portfolio of credit cards, Journal of Financial Services Marketing*, 14, 268–277. doi:10.1057/fsm.2009.25.

Chang, D.-Y. (1992), *Extent Analysis and Synthetic Decision Optimization Technology and Applications, World Scientific*, Singapore, 1, 352.

Chi, Bo-Wen., Hsu, Chiun-Chieh., (2012), *A hybrid approach to integrate genetic algorithm into dual scoring model in enhancing the performance of credit scoring model, Expert Systems with Applications* 39, 2650–2661.

Chuang, C-L. & Lin, R-H. (2009), *constructing a reassigning credit scoring model. Expert Systems with Applications*, 36, 1685–1694.

Darlington (2000). *The essence of expert system. England: Prentice-Hall*.

Desai, V. S., Crook, J. N., & Overstreet, G. A. (1996), *A comparison of neural networks and linear scoring models in the credit union environment, European Journal of Operational Research*, 95(1), 24–37.

Djam, X.Y. and Kimbi, Y. H. (2011). A Decision Support System for Tuberculosis Diagnosis. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 12 (2): 410-425.

Farshchi, S.M.R, Yaghoobi, M. (2011). A Novel Fuzzy Expert System Using Image Processing for Sale Car Shape with Online Membership Function. *The Journal of Mathematics and Computer Science,* 2 (2): 222-232.

Hájek, P. (2011). Municipal credit rating modelling by neural networks. *Decision Support Systems,* 51 (1): 108-118.

Haji, A., Assadi, M. (2009). Fuzzy expert systems and challenge of new product pricing. *Computers & Industrial engineering,* 56 (2): 616-630.

Heffernan, Sh. A. (2003), *Modern banking in theory and practice* (5th ed.), John Wiley.

Hsieh, N.C. (2005). Hybrid mining approach in the design of credit scoring models. *Expert Systems with Applications,* 28 (4): 655-665.

Idrus, A., Nuruddin, M. F., Rohman, M. A. (2011). Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system. *Expert Systems with Applications,* 38 (3): 1501-1508.

Karsak, E. E. (2004). Fuzzy multiple objective programming framework to prioritize design requirements in quality function deployment. *Computers & Industrial Engineering,* 47 (2-3): 149-163.

Kim, K.J., Ahn, H. (2012), A corporate credit rating model using multi-class support vector machines with an ordinal pairwise partitioning approach. *Computers & Operations Research*, 39 (8): 1800-1811.

Lee, T. S. & Chen, I. F. (2005). A two-stage hybrid credit scoring model using artificial neural networks and multivariate adaptive regression splines. *Expert Systems with Applications*, 28 (4): 743–752.

Li, S., Li, J. Z. (2010). Agents International: Integration of multiple agents, simulation, knowledge bases and fuzzy logic for international marketing decision making. *Expert Systems with Applications*, 37 (3): 2580–2587.

Li, S., Li, J. Z., (2009). Hybridising human judgment, AHP, simulation and a fuzzy expert system for strategy formulation under uncertainty. *Expert Systems with Applications,* 36 (3): 5557–5564.

Lin, L.Z., Hsu, T.H. (2011). *A modular fuzzy inference system approach in integrating qualitative and quantitative analysis of store image.* Qual Quant DOI 10.1007/s11135-011-9561-7.

Mahmoud, M., Algadi, N., Ali, Ahmed. (2008). *Expert System for Banking Credit Decision,* International Conference on Computer Science and Information Technology, Pages 813-819.

Mamdani, E.H. and Assilian, S. (1975). An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7 (1): 1–13.

Matthews, C. (2003). A formal specification of a fuzzy expert system. *Journal of Information and Software Technology*, 45: 419-429.

Mentes, A., Helvacioglu, I.H. (2012), Fuzzy decision support system for spread mooring system selection. *Expert Systems with Applications,* 39 (3): 3283–3297.

Noh, H., Roh, T.H., Han, I. (2005), Prognostic personal credit risk model considering censored information*, Expert system with application*, 28(4):753-762.

Nosratabadi, H.E., Pourdarab, S., Abbasian, M. (2011). Evaluation of Science and Technology Parks by using Fuzzy Expert System*, The Journal of Mathematics and Computer Science,* 2 (4): 594-606.

Papic, V., Nenad, R., Pleština, V. (2009). Identification of sport talents using a web-oriented expert system with a fuzzy module. *Expert Systems with Applications,* 36 (5): 8830–8838.

Piltan, M., Mehmanchi, E., Ghaderi, S.F. (2012). Proposing a decision-making model using analytical hierarchy process and fuzzy expert system for prioritizing industries in installation of combined heat and power systems. *Expert Systems with Applications,* 39: 1124–1133.

Ross, T.J. (2005). *Fuzzy Logic with Engineering Application*, John Wiley & Sons., Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, P019 8SQ, United Kingdom.

Shao, Y.P. (1998). Perceived Impact and Diffusion of Expert Systems in Banking: An Exploratory Investigation, *International Journal of Information Management*, 18 (2): 139-156.

Siler W, James J.B (2005). *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning,* John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Syn, C., Mokhtar, M., Feng, C. J., Manurung, Y.H.P. (2011). Approach to prediction of laser cutting quality by employing fuzzy expert system, *Expert Systems with Applications* 38 (6): 7558-7568.

Thomas, L.C. (2002). A survey of credit and behavioral scoring: Forecasting financial risk of lending to consumers. *International Journal of Forecasting,* 16:149–172.

West, D. (2000). Neural network credit scoring models, *Computers & Operations Research*, 27 (11-12): 1131–1152.

Ya-qiong, P. (2007). A Study on Evaluation of Consumer Credit's Risks of Commercial Banks. *IEEE International Conference on Wireless Communications*, 4531– 4534.

Yel, E. Yalpir, S. (2011). Prediction of primary treatment effluent parameters by Fuzzy Inference System (FIS) approach. *Procedia Computer Science* 3: 659-665.

Yu, L., Wang, S., Lai, K. (2009). An intelligent-agent-based fuzzy group decision making model for financial multi criteria decision support: The case of credit scoring. *European Journal of Operational Research*, 195 (3): 942-959.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3): 338–353.