مجله‌ی علمی و پژوهشی شریف
مرداد ۱۳۸۸، شماره‌ی چهل و نهم، ص. ۹۳-۱۰۰

طراحی مدل سنجش وفاداری مشتریان با استفاده از شبکه‌های خودسازمان‌ده

پیام حنفی‌زاده (استادیار)
میثم میرزازاده (کارشناس ارشد)
محمد حسین شرکت (کارشناس ارشد)
میثم آرامی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری ، دانشگاه علامه طباطبایی

موفقیت بلندمدت هر کسب و کار، به ایجاد ارزش و رضایت‌مندی برای مشتریانش وابسته است. این امر موجب خرید دوباره و رشد هم‌زمان بازار می‌شود. در این نوشتار با استفاده از مفاهیم شبکه‌های عصبی[1]، مدلی برای سنجش میزان وفاداری مشتریان[2] نسبت به محصولات/خدمات مختلف ارائه شده است. در این مدل پیشنهادی، از شبکه‌های عصبی خودسازمان‌ده برای این منظور، استفاده شده است. استفاده از شبکه‌های عصبی خودسازمان‌ده به‌جای شبکه‌های عصبی پیش‌خور[3] مزایای متعددی (ازجمله کاهش تعداد تحلیل پرسش‌نامه‌ها در آموزش شبکه) را به‌همراه خواهد داشت. در این پژوهش، دفتر طرح‌های تحقیقاتی شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان به‌عنوان مطالعه‌ی موردی، بررسی شده است و مدل پیشنهادی برای مشتریان این سازمان پیاده‌سازی شده است.

hanafizadeh@gmail.com
mmirzazadeh@gmail.com
mhsherkat@yahoo.com
meisamarami@yahoo.com

واژگان کلیدی: وفاداری مشتریان، شبکه‌های عصبی، شبکه‌های خودسازمان‌ده.

۱. مقدمه

موفقیت بلندمدت هر کسب و کار، به ایجاد ارزش و رضایت در مشتریان وابسته بوده که موجب خرید دوباره و رشد هم‌زمان می‌شود. در این رابطه منافع متعددی در ارتباط با حفظ مشتریان شناسایی شده است.[۱و۲] مشتریان وفادار نه‌تنها بیشتر خرید می‌کنند، بلکه قیمت بالاتری نیز می‌پردازند. از طرفی ارائه‌ی خدمات به این دسته از مشتریان نیز آسان‌تر است که در نهایت تمامی این موارد به کاهش هزینه‌های عملیاتی سازمان می‌انجامد، و با ارجاعات مثبت این دسته از مشتریان، تعداد مشتریان سازمان افزایش می‌یابد.

یافته‌های جدید مشخص می‌کند که رضایت مشتری و وفاداری وی با معیارهای کلیدی عملکرد مالی بنگاه مرتبط است، و نیز گسترش روابط بلندمدت با مشتریان به ایجاد درآمدهای بیشتر و نیز تثبیت موقعیت کسب و کار منتهی می‌شود.[۳و۴] افزایش فروش، کاهش هزینه‌ها و قابل پیش‌بینی‌تر شدن جریان سود ازجمله مزایای بارزی است که برخورداری از مشتریان وفادار عاید بنگاه‌های اقتصادی می‌کند.[۵و۶] امروزه وفاداری مشتریان به‌عنوان سرچشمه‌ی مزیت رقابتی و کلیدی برای بقا و رشد بنگاه‌های تجاری مطرح است.[۱،۲،۶و۷]

بنا بر ادبیات بازاریابی ممکن است مشخصه‌های محصولات و خدمات برای مشتریان مختلف اهمیت متفاوتی داشته باشد، یا کم و بیش بر رضایت، وفاداری و نگه‌داری مشتریان تأثیرگذار باشد. مثلاً، میتال و کاتریچیس[۸] ادعا می‌کنند که با مشتریان جدید و تازه جذب شده، و نیز با مشتریان وفادار باید به‌عنوان بخش‌های خاص و متفاوت رفتارکرد. آنها سه مطالعه‌ی موردی از صنایع حمل و نقل و اتومبیل، سرمایه‌گذاری سهام و کارت‌های اعتباری ارائه کردند تا نشان دهند میزان اهمیت مشخصه‌های محصولات و خدمات بین این دو دسته بسیار متفاوت است. اندرسون و میتال[۹] به این مطلب اشاره دارند که عدم توجه به تفاوت‌های خاص گروه‌های مختلف مشتریان ممکن است موجب متمرکز شدن عملکرد یک شرکت در جهتی غلط برای بخش خاصی از مشتریان شود.

با توجه به اهمیت وفاداری مشتریان برای سازمان‌ها، انگیزه‌های زیادی میان محققین به‌منظور شناخت متغیرهای مؤثر در وفاداری، مدل‌سازی روابط بین این متغیرها، پیش‌بینی رفتار مشتریان و در نهایت سنجش وفاداری مشتریان سازمان وجود دارد. در تحقیقات گذشته، به‌منظور مدل‌سازی متغیرهای مؤثر در وفاداری، از روش‌های مختلف آماری و نیز از شبکه‌های عصبی بهره گرفته شده است. هریک از روش‌های مذکور با توجه به شرایط حاکم بر مسائل، دارای نقاط ضعف و قوت مخصوص به‌خود هستند. در این پژوهش تلاش می‌شود شیوه‌ی جدیدی با استفاده از شبکه‌های خودسازمان‌ده[۴] ارائه شود به‌نحوی که قادر به رفع نقاط ضعف روش‌های پیشین در مواجهه با داده‌های زیاد، اثر نویز داده‌ها و وجود داده‌های نامرتب باشد.

این نوشتار در ۵ بخش تنظیم شده است. پس از مقدمه، در بخش دوم ادبیات مربوط به وفاداری مشتریان سازمان‌ها بررسی شده و شیوه‌های سنتی و مبتنی بر شبکه‌های عصبی به‌کار رفته برای مدل‌سازی وفاداری مرور شده است. در بخش سوم، مدل پیشنهادی سنجش وفاداری مشتریان با استفاده از شبکه‌های خودسازمان‌ده ارائه شده است و در بخش بعدی (بخش چهارم) نیز ضمن مطالعه‌ی موردی شهرک

تاریخ: دریافت ۱۳۸۵/۷/۲۲، داوری ۱۳۸۶/۲/۲، پذیرش ۱۳۸۶/۴/۵.

علمی تحقیقاتی اصفهان با استفاده از مدل پیشنهادی در این پژوهش، مزایای استفاده از این شبکه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. بخش پایانی به نتیجه‌گیری نهایی از مقاله اختصاص دارد.

۲. مروری بر ادبیات موضوع

به‌منظور توسعه‌ی چارچوب وفاداری و سودآوری مشتریان تحقیقات فراوانی انجام گرفته است.[۱۵-۱۱] طبق تحقیقات انجام‌شده توسط لی و همکاران[۱۰]، درک مشتری از ویژگی‌های محصول و خدمات به درک وی از میزان ارزش محصول خواهد انجامید. در این تحقیق، عواملی همچون پشتیبانی فنی محصول، میزان خدمات ارائه‌شده به مشتری، میزان در دسترس بودن محصول و نحوه‌ی تحویل آن، کیفیت محصول و در نهایت هزینه‌ی محصول برای مشتری به‌عنوان عوامل اثرگذار در ارزیابی توسط مشتری، شناسایی شده‌اند. همچنین مشخص شد که ارزش درک شده توسط مشتری از محصول به‌همراه دو متغیر دیگر ـ میزان سهولت انجام فرایند خرید و نحوه‌ی ارتباطات تجاری بنگاه ـ بر میزان رضایت مشتری و افزایش وفاداری وی تأثیر مستقیم دارند.

بنا به پارامترهای تشخیص داده شده در تحقیقات لی و همکاران می‌توان نتیجه گرفت که آن نوع از وفاداری مشتری که منجر به خرید دوباره و توصیه‌کردن این خرید به دیگران می‌شود، متأثر از تصویر درک‌شده از بنگاه تجاری در محیط بازار، مشخصه‌های مشتری (طبقه‌ی اجتماعی، میزان تحصیلات، طبقه‌ی درآمدی و...) و سطح کنونی رضایت اوست. از سوی دیگر وفاداری منجر به مجموعه‌یی از رفتارها می‌شود که بر حجم خرید مشتری، سطح حساسیت نسبت به قیمت محصول و نیز حفظ مشتری تأثیرگذار خواهد بود.

۱.۲. روش‌های سنتی

روش‌های سنتی که از آنها برای مدل‌کردن وفاداری و سودآوری استفاده می‌شود عبارت‌اند از: شیوه‌های رگرسیون چندگانه با اثر متقابل[۵]، رگرسیون جزء اصلی[۶]، مدل‌سازی معادله‌ی ساختاری[۷] و حداقل مربعات جزئی[۸].

گوستافسون و جانسون[۱۴] شیوه‌های رگرسیون چندگانه، حداقل مربعات جزئی و رگرسیون جزء اصلی را برای سه صنعت خدماتی مختلف مورد مقایسه قرار داده‌اند.

از نقاط قوت روش‌های سنتی می‌توان به سادگی اجرا، سهولت در تخمین، توجیه و تفسیر پارامترها و قابلیت آزمون فرضیه‌ها اشاره کرد. در مقابل این مزایا، عدم توانایی در مدل‌کردن ارتباطات غیرخطی بین نهاده‌ها و اهداف، عدم توانایی در مدل‌کردن مؤثر تعامل بین متغیرها، نیاز به دانستن نوع توزیع فرض‌ها (مانند نرمال بودن یا نبودن)، و نیز عدم توانایی در مدل‌سازی مؤثر مقادیر زیاد از داده‌های نامرتب[۹] که فاقد ساختار و طبقه‌بندی مشخص‌اند، ازجمله نقاط ضعف مدل‌های سنتی است.[۱۰]

اندرسون و میتال[۱۶] بحث مفصلی درباره‌ی طبیعت غیرخطی و نامتقارن بودن متغیرهای رضایت‌مندی، وفاداری و سود ارائه کرده‌اند. طبق ادبیات بازاریابی بسیاری از مشخصه‌های بازاریابی همچون رضایت مشتری، نرخ حفظ مشتری و سود، از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. به‌علاوه، رشد سریع داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط بنگاه‌ها نه‌تنها به یک ساختار داده‌یی پیچیده و نامرتب می‌انجامد، بلکه نتیجه‌ی آن مقادیر زیاد داده است که درنتیجه، استنباط آماری سنتی و آزمون فرض را با دشواری مواجه می‌سازد و بهره‌مندی از دانش نهفته در این حجم دادگان به‌طور مستقیم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

۲.۲. کاربرد شبکه‌های عصبی در مدل‌سازی وفاداری مشتریان

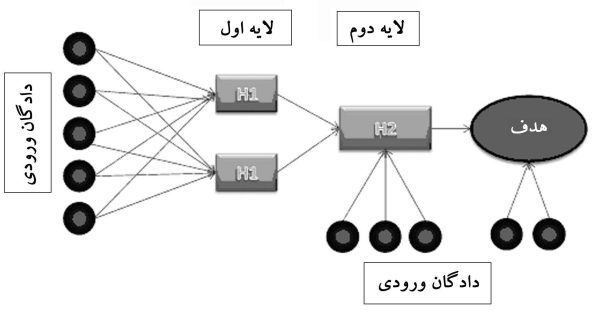
یکی از جنبه‌های کلیدی در مدل‌های زنجیره وفاداری ـ سودآوری آن است که رضایت، وفاداری و سودآوری به‌طور ذاتی متغیرهایی انتزاعی‌اند. به‌عبارت دیگر این عوامل تحت تأثیر رخداد سایر متغیرها ایجاد می‌شوند. شیوه‌های آماری به کار گرفته شده در مدل‌سازی وفاداری مشتریان نیازمند توجه به این واقعیت است که این‌گونه مدل‌ها وابسته به روابط علت و معلولی بوده که در بسیاری از موارد شامل مجموعه‌یی از متغیرهای پنهان و ناشناخته‌اند.

با توجه به ایرادات این‌گونه مدل‌ها، روش‌های مدل‌سازی دیگری برای رفع این اشکالات توسعه یافته است. مثلاً مدل‌هایی براساس روش حداقل مربعات جزئی ترکیبی برای در نظر گرفتن تفاوت بخش‌های کسب و کار پیشنهاد شده است.[۱۷و۱۸] همچنین یک متدولوژی سلسله مراتبی برای پرداختن به ناهمگنی در این‌گونه مدل‌ها پیشنهاد کرده‌اند.[۱۹] لی و همکاران نیز از شبکه‌ی عصبی پیش‌خور ساخته شده به‌منظور مدل‌سازی چارچوب وفاداری مشتریان استفاده کرده‌اند.[۱۰] در تحقیق آنها برای مدل‌سازی ساختار سودآوری مشتریان، ابتدا متغیرهای مؤثر در وفاداری مشتریان و روابط علت و معلولی بین آنها شناسایی شده و رفتارهای مشتری پس از ایجاد وفاداری شامل حجم خرید، میزان حساسیت به قیمت و نیز حفظ مشتری که منجر به سودآوری برای سازمان می‌شود، مورد بررسی قرارگرفته است. در این تحقیق به‌منظور تخمین متغیر سودآوری مشتریان، یک شبکه‌ی عصبی ساخت‌یافته‌ی پیش‌خور با دو لایه‌ی پنهان به کار گرفته شده است. شکل ۱ نمایی از توپولوژی شبکه‌ی مورد استفاده در این تحقیق را نمایش می‌دهد. در این تحقیق با محاسبه‌ی میانگین مجذور مربعات خطا برای مقادیر به‌دست آمده از داده‌های یکسان برای شبکه‌های عصبی پیش‌خور سنتی، شبکه‌های عصبی پیش‌خور ساخت‌یافته‌ی تک‌نورونی و شبکه‌های عصبی پیش‌خور ساخت‌یافته‌ی چندنورونی در یک فروشگاه اینترنتی، مشخص شد که شبکه‌های عصبی پیش‌خور ساخت‌یافته با چندین نرون می‌توانند با کم‌ترین خطا میزان وفاداری و سودآوری را تخمین بزنند.

اما ذکر این نکته ضروری است که در تمامی این مدل‌های توسعه‌یافته نیز عوامل تأثیرگذار ناشناخته و مقوله‌ی داده‌های بزرگ و نامرتب همچنان حل‌نشده باقی مانده است.

۳.۲. مروری بر شبکه‌های عصبی خودسازمان‌ده

شبکه‌های خودسازمان‌ده از انواع شبکه‌های عصبی با قابلیت یادگیری بدون ناظر[۱۰] هستند که در تحلیل فضاهای پیچیده، توانایی زیادی دارند.[۲۰] این مدل از شبکه‌های عصبی اولین‌بار در سال ۱۹۸۱ و توسط کوهنن[۱۱]، با الگو برداری از عصب‌های



شکل ۱. توپولوژی شبکه عصبی پیش خور جهت تخمین وفاداری و سودآوری مشتریان.[۱۰]

شبکه‌ی چشم معرفی شد[۲۱] و نیز در سال ۱۹۸۴ برای نخستین‌بار به‌منظور تشخیص صدا و تبدیل آن به متن، به‌طور عملی مورد استفاده قرار گرفت.[۲۲] شبکه‌های خودسازمان‌ده کاربرد گسترده‌یی در داده‌کاوی[۲۳]، نمایش فضاهای پیچیده[۲۴]، خوشه‌بندی فضاهای با ابعاد بالا و به‌طور خاص در پردازش تصویر، کنترل فرایند، مدیریت پروژه، آنالیزهای مالی و تشخیص‌های صنعتی و پزشکی دارد. لیست جامعی از کاربردهای مهندسی نقشه‌های خودسازمان‌ده ارائه شده است.[۲۵]

در این نوشتار به‌منظور رفع ایرادات اشاره‌شده و همچنین دسته‌بندی مشتریان به گروه‌های مختلف وفاداری و تشخیص تغییرات میزان وفاداری مشتریان در طول دوره‌های زمانی از شبکه‌های خودسازمان‌ده استفاده شده و ابزار مدل‌سازی آن نیز، جعبه ابزار شبکه‌های خودسازمان‌ده در نرم‌افزار مطلب[۱۲] بوده است.

اساس فلسفه‌ی شبکه‌های خودسازمان‌ده، نگاشت فضاهای با ابعاد (مشخصه‌های) بالا به فضایی دو یا سه‌بعدی است، به‌گونه‌یی که حداقل اطلاعات از بین رفته و اطلاعات نهفته در ارتباط میان داده‌ها نیز قابل کشف و نمایش باشد. این روش توانایی نمایش همبستگی میان داده‌ها، اطلاعات و اثرات متقابل و هم‌زمان آنها بر یکدیگر را دارد.

توانایی‌های شبکه‌های خودسازمان‌ده، از نگاشت ارتباطات غیرخطی میان اطلاعات با استفاده از یک واسط هندسی بر روی یک شبکه‌ی دو یا سه‌بعدی از نورون‌ها حاصل می‌شود. یک شبکه‌ی دوبعدی از نورون‌ها اصطلاحاً یک نقشه از نورون‌ها نامیده می‌شود. هر نقشه، متشکل از مجموعه‌یی از نورون‌هاست که به‌طور قاعده‌مندی کنار هم چیده شده‌اند و ساختار شبکه به‌گونه‌یی ایجاد شده است که نورون‌های شبیه‌تر کنار یکدیگر قرار گیرند. شکل ۲ نمایی از توپولوژی شبکه‌های خودسازمان‌ده را نمایش می‌دهد.[۲۱]

هر نورون متناظر به یک بردار اطلاعات با تعداد ابعادی برابر با تعداد ابعاد فضای اطلاعاتی مورد تحلیل است. به بیانی دیگر، هر نورون نماینده‌ی یک قسمت از فضای اطلاعات است.

الف) آموزش شبکه‌های خودسازمان‌ده

آموزش شبکه‌های خودسازمان‌ده برمبنای الگوریتم یادگیری رقابتی و بدون سرپرستی[۱۳] (بدون استفاده از بردار مطلوب) است. در ابتدا بردار وزنی متناظر با هر نورون به‌طور تصادفی تولید می‌شود و ساختار اولیه‌ی شبکه شکل می‌گیرد و سپس در طول فرایند آموزش شبکه، بردار وزنی متناظر با هر نورون به‌گونه‌یی تنظیم می‌شود که بتواند قسمتی از اطلاعات فضای مورد تحلیل را پوشش دهد. بدین‌ترتیب، در قسمت‌هایی از فضا که چگالی داده‌ها بیشتر است، تعداد نورون‌های بیشتری قرار خواهند گرفت و توپولوژی شبکه مطابق با توزیع مشترک مشخصه‌های فضا شکل می‌گیرد. الگوریتم آموزش شبکه‌های خودسازمان‌ده دارای ۴ مرحله است:[۲۰]

۱. انتخاب پارامترهای نقشه، مانند ابعاد و بردار وزنی ابتدایی متناظر با هر نورون؛

۲. ارائه‌ی داده‌های مورد تحلیل به شبکه و یافتن بهترین نورونِ نظیر برای هر بردار داده‌ی ورودی (رکورد). رکوردها می‌توانند هم‌زمان به شبکه ارائه شوند، یا به‌ترتیب هر بار یک رکورد به شبکه ارائه و عملیات آموزش شبکه انجام شود. هر رکورد مانند X، متشکل از مقادیر کمی n مشخصه است که به‌صورت رابطه‌ی ۱ نمایش داده می‌شوند:

$$X = [X_1, X_2, ...X_n] \in \Re^n \qquad (۱)$$

در صورتی‌که بردار وزنی نورون tام به‌صورت رابطه‌ی ۲ تعریف شود:

$$m_t = [m_{t1}, m_{t2}, ...m_{tn}] \in \Re^n \qquad (۲)$$

آنگاه متناظر با هر رکورد ورودی، بهترین نورونِ نظیر[۱۴] یا اصطلاحاً «نورون برنده» با توجه به رابطه‌ی ۳ مشخص می‌شود.

$$c = \arg\min_t\{d(X, m_t)\} \qquad (۳)$$

که در آن c نشان‌دهنده‌ی نورون برنده، و $d(X, m_t)$ فاصله‌ی اقلیدسی میان رکورد و بردار وزنی نورون tام است که از رابطه‌ی ۴ محاسبه می‌شود.

$$d(X, Y) = ||X - Y|| \qquad (۴)$$

۳. به‌هنگام کردن بردار وزنی متناظر با هر نورون با استفاده از رابطه‌ی ۵ صورت می‌گیرد:

$$m_i(t+1) = m_i(t) + \alpha(t)h_{ci}(t)[X(t) - m_i(t)] \qquad (۵)$$

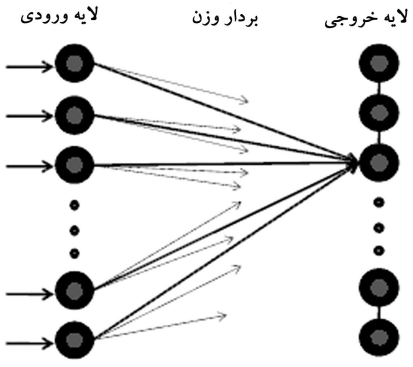
که در آن $0 < \alpha < 1$ نرخ یادگیری، و $h_{ci}(t)$ نمایانگر میزان همسایگی نورون iام و cام (نورون برنده) هستند. میزان همسایگی نورون برنده و نورون iام از رابطه‌ی ۶ به‌دست می‌آید:

$$h_{ct} = e^{-\frac{||r_c - r_i||^2}{2\sigma^2(t)}} \qquad (۶)$$

که در آن، σ کنترل‌کننده‌ی دامنه‌ی تابع است و به‌تدریج در طول فرایند آموزش کاهش داده می‌شود. همچنین r_i و r_c به‌ترتیب موقعیت نورون‌های iام و cام (برنده) در نقشه‌ی خودسازمان‌ده هستند.[۲۰]

۴. بررسی شرط خاتمه‌ی الگوریتم. چنانچه شرط برقرار نباشد، الگوریتم از قدم دوم ادامه می‌یابد.

از آنجا که الگوریتم آموزش شبکه‌های خودسازمان‌ده مبتنی بر فاصله‌ی اقلیدسی است، باید داده‌های هر بعد فضای مورد بررسی را مستقلاً نرمال (استاندارد) کرد. پس از پایان مرحله‌ی آموزش شبکه‌های خودسازمان‌ده، نقشه‌یی از نورون‌ها به‌دست می‌آید که در حقیقت چکیده‌یی از فضای مورد تحلیل شبکه است. با ارائه‌ی هر بردار اطلاع جدیدی از فضای مورد تحلیل شبکه، فاصله‌ی اقلیدسی بردار وزنی متناظر با هریک از نورون‌ها تا بردار ورودی، به‌دست می‌آید که براساس آن، مقدار تحریک هریک از نورون‌ها محاسبه و نورونی که بیش‌ترین مقدار تحریک را داشته باشد به‌عنوان نورون برنده انتخاب می‌شود.



شکل ۲. توپولوژی شبکه‌ی عصبی خودسازمان‌ده.[۲۰]

ب) نمایش فضای مورد تحلیل با استفاده از شبکه‌های خودسازمان‌ده

پس از آموزش شبکه‌ی خودسازمان‌ده، به تعداد نورون‌های انتخاب شده برای شبکه، بردارهای وزنی n بعدی به‌دست می‌آیند که هریک نمایانگر بخشی از فضای مورد تحلیل‌اند. درصورت انتخاب تعداد مناسب نورون، ابعاد شبکه و نهایتاً آموزش مناسب شبکه، نمایش بردارهای وزنی متناظر با نورون‌های هر نقشه را می‌توان به‌خوبی نمایانگر فضای مورد تحلیل دانست. بدین‌منظور مرتبط با مقدار هر مشخصه در بردار وزنی یک بردار RGB [۱۵] و در نتیجه یک رنگ در نظر گرفته می‌شود، به‌گونه‌یی که کلیه‌ی مقادیر با استفاده از طیف رنگی، از آبی تیره (برای کم‌ترین مقادیر) تا قرمز تیره (برای بیشترین مقادیر) قابل نمایش باشند. بدین ترتیب به‌ازاء هر مشخصه، رنگ هر نورون تعیین می‌شود و نقشه‌ی مرتبط با آن مشخصه به‌دست می‌آید. با به‌دست آمدن نقشه‌های مشخصات، بررسی ارتباط متقابل میان آنها (آزمون همبستگی) ممکن می‌شود. به‌عنوان مثال، هم‌رنگ بودن قسمت‌های متناظر دو نقشه، نشان‌دهنده‌ی هم‌بستگی مشخصه‌های نظیر در آن نقشه است. میزان همبستگی میان دو متغیر در قسمت‌های مختلف فضا نیز از شدت تفاوت یا تشابه رنگ میان نقشه‌ها قابل بررسی است. ضمن آن‌که معیارهای کمی نیز برای آن قابل محاسبه است. البته ممکن است شدت و حتی نوع هم‌بستگی بین دو مشخصه در نقاط مختلف فضا متفاوت و متأثر از مقدار سایر مشخصه‌ها نیز باشد که همگی با استفاده از نقشه‌های خودسازمان‌ده، به‌خوبی قابل درک و نمایش‌اند.[۲۰]

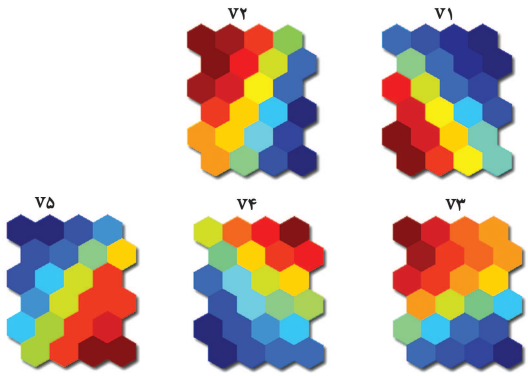
شکل ۳ نشان‌دهنده‌ی نمونه‌یی از کاربرد شبکه‌های خودسازمان‌ده در تحلیل الگوهای پیچیده و نمایش هم‌زمان اثرات متغیرهای مختلف بر یکدیگر است. همان‌گونه که از این شکل پیداست، فضای مورد تحلیل دارای ۵ بعد است. برخی از نتایج حاصل از مقایسه‌ی نقشه‌ها با یکدیگر عبارت‌اند از:

۱. متغیرهای V_2، V_5 و نیز V_1، V_4 در تمام دامنه‌ی تغییرات دارای هم‌بستگی معکوس‌اند؛ یعنی هرجا V_2 دارای رنگ قرمز است (مقادیر بالا به‌خود گرفته)، V_5 دارای رنگ آبی است (مقادیر پایین به‌خود گرفته است) و بالعکس. گرچه شدت هم‌بستگی V_2 و V_5 در تمام نقاط فضا تقریباً ثابت است، اما این مطلب در مورد متغیرهای V_1 و V_4 صادق نیست.

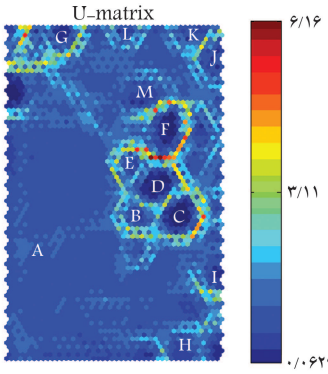
۲. متغیرهای V_3 و V_5 دارای هم‌بستگی معکوس‌اند اما شدت هم‌بستگی در نقاط مختلف فضا متغیر و کم‌تر از شدت هم‌بستگی V_2 و V_5 است.

۳. متغیرهای V_2 و V_3 مستقیماً هم‌بسته‌اند ولی شدت هم‌بستگی آن‌ها به‌مقدار سایر متغیرها وابسته است.

۴. هم‌بستگی متغیرهای V_1 و V_4 با V_5 کاملاً غیرخطی است و شدت آن در نقاط



شکل ۳. کاربرد شبکه‌های SOM در تحلیل هم‌زمان روابط غیرخطی میان متغیرها.



شکل ۴. نمایشی از یک U-Matrix، برخی از خوشه‌ها با حروف لاتین بزرگ نام‌گذاری شده‌اند.

مختلف فضا متفاوت است. نکته‌ی قابل توجه آن که مقادیر بیشینه و کمینه‌ی V_5 در مقادیر متوسط V_1 و V_4 شانس رخداد دارند.

ج) U-Matrix

ازجمله خروجی‌های دیگر شبکه‌های خودسازمان‌ده، ماتریس دسته‌بندی و متناظر با آن نقشه‌ی دسته‌بندی است. درایه‌های این ماتریس، فاصله‌ی جبری نورون‌های همسایه را از یکدیگر نشان می‌دهند. در صورتی‌که مشخصات دو قسمت از فضای مورد تحلیل به یکدیگر شبیه باشند، آنگاه فاصله‌ی جبری بردارهای وزنی نورون‌های مرتبط با آنها زیاد نیست و به‌عبارت دیگر هر دو نورون متعلق به خوشه‌ی واحدی از فضای مورد تحلیل‌اند. در طرف مقابل، هرچه فاصله‌ی جبری میان نورون‌های همسایه بیشتر باشد، نشان‌دهنده‌ی تفاوت بیشتر میان فضای متناظر با آنهاست و لذا می‌توان آنها را در دو خوشه‌ی جداگانه قرار داد.[۲۰] شکل ۴ یک U-Matrix با تعدادی خوشه و زیرخوشه از یک فضای ۶۲ بعدی را به نمایش می‌گذارد.

۳. مدل پیشنهادی

مراحل اندازه‌گیری وفاداری مشتریان در مدل پیشنهادی برای هر محصول، به شرح زیر است:

۱. تعیین هدف مطالعه؛

۲. دسته‌بندی اولیه‌ی مشتریان براساس هدف تعیین‌شده؛

۳. شناسایی مشخصات تأثیرگذار مشتریان در میزان وفاداری ایشان و تعریف محدوده‌ی تغییرات آن؛

۴. شناسایی مشخصات تأثیرگذار محصول در میزان وفاداری مشتریان به آن محصول، و تعریف محدوده‌ی تغییرات آن؛

۵. شناسایی مشخصات تأثیرگذار سازمان در میزان وفاداری مشتریان به آن محصول، و تعریف محدوده‌ی تغییرات آن؛

۶. طراحی پرسش‌نامه از مشخصات استخراج شده در بند سوم، چهارم و پنجم؛

۷. جمع‌آوری تعدادی نمونه از پاسخ‌های مشتریان و تخمین میزان وفاداری آن‌ها از طریق پرسش‌نامه؛

۸. تولید الگوهای تصادفی کافی برای آموزش شبکه‌ی خودسازمان‌ده مناسب به‌منظور طبقه‌بندی مشتریان در هر دسته؛

۹. آموزش شبکه‌ی مرتبط با هر دسته از مشتریان؛

۱۰. برچسب‌زنی خوشه‌ها برای نقشه‌های به‌دست آمده، با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده در بند ۷؛

۱۱. بررسی نتایج و رجوع به بند ۱، درصورت لزوم؛

۱۲. نهایی‌کردن نقشه‌های خودسازمان‌ده؛

۱۳. جمع‌آوری اطلاعات در بازه‌های زمانی معین از مشتریان؛

۱۴. بررسی روند تغییرات وفاداری مشتریان با استفاده از نقشه‌های خودسازمان‌ده.

برای تشریح مدل فوق، وفاداری مشتریان به خدمات «واسطه‌گری پروژه‌های تحقیقاتی» شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان مورد بررسی قرار گرفته است.

۴. مطالعه‌ی موردی: دفتر طرح‌های تحقیقاتی شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان

شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان اولین شهرک علمی تحقیقاتی ایران است که در سال ۱۳۷۲ به‌منظور تقویت شرکت‌های دانش‌محور تأسیس شده است. در این مجموعه شرکت‌های متعدد با داشتن یک ایده‌ی محوری اقدام به فعالیت کرده و در زمینه‌های تحت پوشش ایده‌ی محوری خود تحت حمایت شهرک علمی و تحقیقاتی قرار می‌گیرند. ازجمله‌ی خدمات شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان، واسطه‌گری پروژه‌های تحقیقاتی میان کارفرمایان و شرکت‌های داخل شهرک است. این امر توسط دفتر طرح‌های تحقیقاتی شهرک صورت می‌پذیرد.

دفتر طرح‌های تحقیقاتی در ارتباط با مراکز صنعتی و تحقیقاتی، و همچنین شرکت‌های زیرمجموعه‌ی شهرک، با جذب این‌گونه طرح‌ها زمینه‌ی انجام این تحقیقات را توسط شرکت‌های زیرمجموعه فراهم می‌آورد. مشتریان دفتر طرح‌های تحقیقاتی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) کارفرمایان بیرونی که نیازهای تحقیقاتی خود را به شهرک ارجاع می‌دهند؛

ب) شرکت‌های تحقیقاتی داخل شهرک که مجری طرح‌های تحقیقاتی شهرک هستند.

در این میان، ضمن تحقق درآمد برای شهرک علمی و تحقیقاتی، برخی اهداف دیگر شهرک نیز برآورده می‌شوند؛ ازجمله:

۱. تقویت شرکت‌های مستقر در شهرک در زمینه‌های اقتصادی و تحقیقاتی؛

۲. توسعه‌ی امر تحقیقات در کشور؛

۳. حرکت به‌سمت اقتصاد دانش‌محور؛

۴. کسب اعتبار بیشتر برای شهرک علمی و تحقیقاتی؛

۵. رشد اقتصادی منطقه.

طبق مدل پیشنهادی در بخش ۵، ابتدا مشتریان به دو دسته: کارفرمایان و مجریان طرح‌های تحقیقاتی تقسیم می‌شوند. اندازه‌گیری وفاداری مجریان به «واسطه‌گری طرح‌های تحقیقاتی» به‌عنوان هدف تعیین شده است. مشخصات اثرگذاری مشتری، محصول و سازمان در میزان وفاداری براساس جداول ۱، ۲ و ۳ تعریف شده است. این مطالعه برای دفتر طرح‌های تحقیقاتی و با اهداف زیر انجام شده است:

۱. مطالعه‌ی وفاداری شرکت‌های داخل شهرک به حمایت از شهرک در راستای انجام وظیفه‌ی واسطه‌گری تحقیقاتی؛

جدول ۱. مشخصات اثرگذار مشتری در میزان وفاداری او.

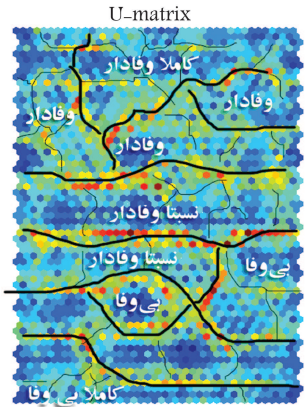
مشخصات مشتری	دامنه تغییر
نسبت دریافتی ماهانه قرارداد به گردش مالی سالیانه	کم، متوسط، زیاد
توانایی فنی	متوسط، خوب، عالی
توانایی مدیریتی	ضعیف، متوسط، خوب
سوابق و تجارب قبلی	کم، متوسط، زیاد
همکاری‌های قبلی با دفتر طرح‌ها	بدون سابقه، بد، خوب

جدول ۲. مشخصات اثرگذار محصول در میزان وفاداری مشتری.

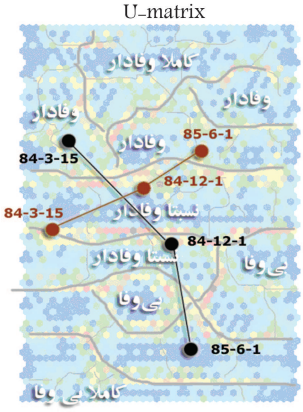
مشخصات خدمات واسطه‌گری تحقیقات	دامنه تغییر
پشتیبانی فنی طرح	ضعیف، متوسط، خوب
درصد بالاسری	بین ۸ تا ۱۲ درصد
پشتیبانی اجرایی طرح	ضعیف، متوسط، خوب
نحوه پرداخت‌های مالی	با تاخیر، بدون تاخیر، هموارسازی جریان نقدی
پایبندی به تعهدات	بی تعهد، کم تعهد، متعهد

جدول ۳. مشخصات اثرگذار سازمان در میزان وفاداری مشتری.

مشخصات دفتر طرح‌ها	دامنه تغییر
نحوه برخورد کارکنان با مجریان	بد، عادی، خوش برخورد
اطلاع رسانی	ضعیف، متوسط، خوب



شکل ۵. نقشه‌ی خوشه‌بندی فضای اطلاعات مشتری ـ محصول برای مجریان طرح‌های تحقیقاتی دفتر طرح‌های تحقیقاتی.



شکل ۶. نمایش روند تغییرات وفاداری دو شرکت مجری در شهرک علمی و تحقیقاتی.

۲. انتخاب سیاست‌های لازم به‌منظور افزایش وفاداری شرکت‌ها به اهداف دفتر طرح‌های تحقیقاتی.

برای هریک از اطلاعات فوق مشخصات اشاره شده در جداول ۱، ۲ و ۳، ۲۰ هزار داده‌ی تصادفی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، در دامنه‌ی تعریف‌شده، تولید و با استفاده از آن‌ها شبکه‌ی خودسازمان‌ده آموزش داده شده است. برای برچسب‌زنی نقشه‌ها، با ۱۵ شرکت و مؤسسه که از تجربه‌ی استقرار ۲ یا بیش‌تر از ۲ سال در شهرک علمی و تحقیقاتی برخوردارند و سابقه‌ی انعقاد قرارداد تحقیقاتی با دفتر طرح‌های تحقیقاتی را داشته‌اند، مصاحبه‌ی حضوری به عمل آمده و مقدار وفاداری آن‌ها براساس پاسخ به‌این پرسش که «میزان تمایل به همکاری با دفتر طرح‌های تحقیقاتی و انعقاد قرارداد تحقیقاتی براساس تجربیات گذشته به چه میزان است؟»، تخمین زده شده است. با استفاده از نتایج این مصاحبه، خوشه‌ها، مطابق شکل ۵ برچسب خورده‌اند.

همچنین اطلاعات دو شرکت در سه تاریخ متفاوت جمع‌آوری و روند تغییر وفاداری آن‌ها نسبت به شهرک، در شکل ۶ نمایش داده شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود، یکی از شرکت‌های نمونه از ماه سوم سال ۸۴ تا انتهای سال از منطقه‌ی وفادار به منطقه‌ی نسبتاً وفادار، و سپس در سال ۸۵ به منطقه‌ی نسبتاً بی‌وفا تغییر مکان داده است (خط مشکی). این تغییر وضعیت، لزوم تغییر نگرش شهرک علمی تحقیقاتی را در ارتباط با این مشتری مشخص می‌سازد. اما شرکت دیگر از سال ۸۴ به ۸۵ از ناحیه نسبتاً وفادار به ناحیه‌ی وفادار منتقل شده است (خط قرمز). شکل ۷ نمایی از هم‌بستگی متغیرهای مؤثر در وفاداری مشتریان را که در این تحقیق مورد مطالعه قرارگرفته‌اند، نمایش می‌دهد. شناخت این تغییر وضعیت وفاداری به شهرک تحقیقاتی کمک می‌کند تا راهبردهای مؤثرتری را در جهت مدیریت مشتریان خود تدوین کند.

۱.۴. مزیت‌های مدل پیشنهادی

تحقیقاتی که تاکنون با استفاده از شبکه‌های عصبی وفاداری مشتریان را اندازه‌گیری کرده‌اند، از شبکه‌های عصبی پیش‌خور بهره جسته‌اند. ازجمله مزایای استفاده از شبکه‌های پیش‌خور، برگرداندن یک عددِ کمی به‌عنوان میزان وفاداری مشتری یا دسته‌بندی مشتریان در دسته‌های از پیش تعریف شده است. اما این شبکه‌ها معایب عمده‌یی نیز دارند:

۱. برای آموزش مناسب این شبکه‌ها، تعداد قابل توجهی داده‌ی آموزش مورد نیاز است؛

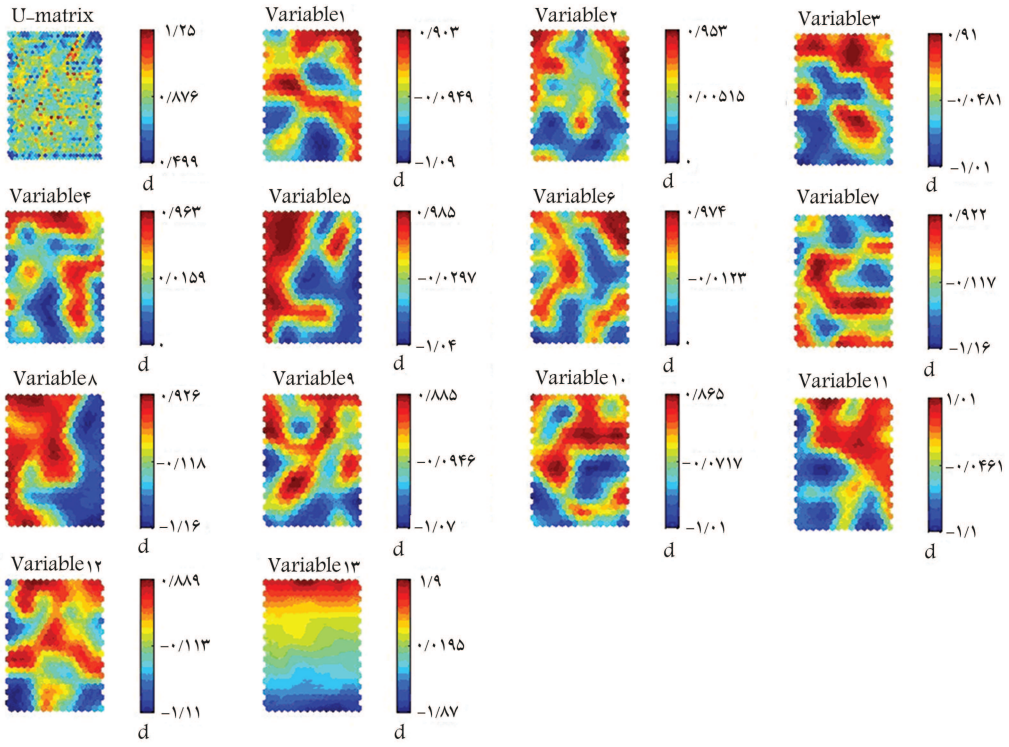
۲. این شبکه‌ها مانند یک جعبه سیاه عمل می‌کنند و نحوه‌ی نگاشت فضای ورودی به خروجی در آن‌ها کاملاً مجهول است. این امر تا حدود زیادی اعتماد به شبکه را درمورد داده‌های جدید ورودی به آن کاهش می‌دهد؛

۳. این شبکه‌ها هیچ اطلاع اضافی درمورد نحوه‌ی تأثیر مشخصات محصول و مشتری بر میزان وفاداری وی ارائه نمی‌دهند.

در این نوشتار، با استفاده از شبکه‌های خودسازمان‌ده به جای شبکه‌های عصبی پیش‌خور، شدت معایب فوق کاهش داده شده است. ازجمله‌ی مزایای مدل پیشنهادی می‌توان اشاره کرد به:

۱. داده‌های آموزش به‌صورت تصادفی تولید می‌شوند و فقط اخذ تعداد اندکی پرسش‌نامه از مشتریان درمورد هر محصول/خدمات، برای برچسب‌زدن خوشه‌ها مورد نیاز است؛

۲. نقشه‌های خودسازمان‌ده بیان‌گر قوانین حاکم بر وفاداری یا عدم وفاداری مشتریان نسبت به محصول مورد بررسی‌اند، و لذا دیگر یک جعبه‌ی سیاه به حساب نمی‌آیند.



شکل ۷. نقشه‌ی هم‌بستگی متغیرهای مؤثر در وفاداری مشتریان شهرک علمی و تحقیقاتی.

بنابراین به‌طور خلاصه دستاورد مهم این پژوهش را می‌توان در کاربرد شبکه‌های خودسازمان‌ده در مسئله‌ی اندازه‌گیری وفاداری مشتریان، و مزایای استفاده از این شبکه در مقایسه با شبکه‌های پیش‌خور جمع‌بندی کرد.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش مدلی برای سنجش میزان وفاداری مشتریان به محصولات مختلف ارائه شده است. در مدل پیشنهادی، از شبکه‌های عصبی خودسازمان‌ده برای اندازه‌گیری میزان وفاداری مشتریان به محصول مورد بررسی استفاده شده است.

استفاده از شبکه‌های عصبی خودسازمان‌ده به جای شبکه‌های عصبی پیش‌خور که در تحقیقات قبلی به کار رفته است، مزایای متعددی ـ ازجمله کاهش تعداد تحلیل پرسش‌نامه‌ها برای آموزش شبکه ـ را به همراه دارد. از طرف دیگر شیوه‌ی استنتاج در این شبکه‌ها، برای کاربر قابل لمس است و دیگر مانند شبکه‌های عصبی پیش‌خور یک جعبه‌سیاه نیستند. این امر قدرت اعتماد به شبکه و نتایج آن را افزایش می‌دهد. مدل پیشنهادی در دفتر طرح‌های تحقیقاتی در شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان مورد آزمایش قرار گرفته شده است و نتایج حاصله حاکی از آن است که از دو شرکت مجری بررسی شده طی سال‌های ۸۴ تا ۸۵، یکی به‌سمت وفاداری نسبت به شهرک پیشرفته، اما در این مدت از میزان وفاداری شرکت دیگر کاسته شده است.

پانوشت

1. neural networks
2. customer loyalty
3. feed forward neural networks
4. self-organizing maps (SOM)
5. multiple regression with interaction
6. principle component regression
7. structural equation modeling
8. partial least square
9. messy data
10. unsupervised
11. Kohonen
12. MATLAB
13. unsupervised
14. best matching unit
15. RGB (red-green-blue) از فرمت‌های استاندارد تعریف رنگ‌ها است که هر رنگی را با توجه به میزان شدت رنگ‌های اصلی و از ترکیب آن‌ها قابل حصول می‌سازد.

منابع

1. Reichheld, F. *The Loyalty Effect: The Hidden Source Behind Growth, Profits, and Lasting Value,* Boston: Harvard Business School Press (1996).
2. Reichheld, F. "Loyalty-based management", *Harvard Business Review,* **71**, pp. 64-73 (1993).
3. Garbarino, E., and Mark S. J. "The different roles of satisfaction, trust, and commitment in customer relationships," *Journal of Marketing,* **63**(2), pp. 70-87 (1999).
4. Grossman, Randi P. "Developing and managing effective consumer relationships", *Journal of Product and Brand Management,* **7**(1), pp. 27-40 (1998).
5. Bejou, D., and Palmer, A. "Service failure and loyalty: an exploratory empirical study of airline customers," *Journal of Services Marketing,* **12**(1), pp. 7-22 (1998).
6. Terrill, C., and Middlebrooks, A.; American Marketing Association. Market leadership strategies for service companies: creating growth, profits, and customer loyalty. Lincolnwood, Il.: NTC/Contemporary Publishing. Implications, May 6-7, Ann Arbor, MI (2000).
7. Bharadwaj, S.G.; Vanradarajan, P.R., and Fahy, J. "Sustainable competitive advantage in service industries: conceptual model and research propositions," *Journal of Marketing,* **57**, pp. 83-99, (1993).
8. Mittal, V., and Katrichis, J. "Distinctions between New and Loyal Customers," *Marketing Research,* **12**(Spring), pp. 27-32 (2000).
9. Anderson, E.W., and Mittal, V. "Strengthening the satisfaction-profit chain", *Journal of Service Research,* **3**(2), pp. 107-120 (2000).
10. Lee, C.; Rey, T.; Mentele, J., and Garver, M. "Structured Neural Network Techniques for Modeling Loyalty and Profitability " Paper 082-30 Center for Applied Research & Technology Michigan University Research Cooperation (CMURC), 2-12 (2000).
11. Dick, A.S., and Basu, K. "Customer loyalty: toward an integrated conceptual framework," *Journal of the Academy of Marketing Science,* **22**(2), pp. 99-113, (1994).
12. Oliver, R.L. Satisfaction: A Behavioral Perspective on the Consumer. New York: McGraw-Hill (1997).
13. Oliver, R.L. "Whence consumer loyalty," *Journal of Marketing,* **63**(Special Issue), pp. 33-44 (1999).
14. Gustafsson, A., and Johnson, M.D. "Determining attribute importance in a service satisfaction model", *Journal of Service Research,* **7**(2), pp. 124-141, (2004).
15. Johnson, M., and Gustafsson, A. Improving Customer Satisfaction, Loyalty and Profit: An Integrated Measurement and Management System. San Francisco: Jossey-Bass (2000).
16. Anderson, E.W., and Mittal, V. "Strengthening the satisfaction-profit chain", Journal of Service Research, **3**(2), pp. 107-120 (2000).
17. Kumar, P. A Reference-Dependent Model of Business Customers' Repurchase Intent, working paper, William Marsh Rice University, Houston, TX (1998).
18. Hahn, C.; Johnson, M.D.; Herrmann, A., and Huber, F. "Capturing customer heterogeneity using a finite mixture PLS approach", *Schmalenbach Business Review,* **54**, pp. 243-269, (2002).

19. Ansari, A.; Jedidi, K., and Jagpal, H.S. "A hierarchical bayesian methodology for treating heterogeneity in structural equation models", *Marketing Science,* **19**, pp. 328-347 (2000).

20. Kohonen, T. Self-Organizing Maps, Springer series in Information Sciences, 30, Springer, Berlin, Heidelberg New york, 3th ed. (2001).

21. Kohonen, T. Automatic formation of topological maps of patterns in a self-organizing system, In Oja, E. and Simula, O. (Eds), *Proceedings of 2SCIA, Scand.* Conference on Image Analysis, Helsinki, Finland, pp. 214-220 (1981).

22. Kohonen, T.; Mäkisara, K., and Saramäki, T. Phonotopic maps-insightful representation of phonological features for speech recognition, *In Proceedings of 7ICPR*, International Conference on Pattern Recognition, Los Alamitos, CA. IEEE Computer Soc. Press, pp. 182-185 (1984).

23. Vesanto, J. *Data mining techniques based on the Self-Organizing Map,* Helsinki university of Technology (1997).

24. Vesanto, J. "SOM-based data visualization methods", *Intelligent Data Analysis Journal,* **3**, pp. 111-126 (1999).

25. Kohonen, T.; Oja, E.; Simula, O.; Visa, A., and Kangas, J. "Engineering applications of the self-organizing map", *Proceedings of the IEEE,* **84**(10), pp.1358-84 (1996).