مدیریت بازرگانی
Journal of Business Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۷، شمارهٔ ۴
زمستان ۱۳۹۴
ص. ۸۶۴- ۸۴۱

بخش‌بندی دوهدفهٔ مشتریان با استفاده از داده‌کاوی (مورد مطالعه: شرکت سیماچوب)

جواد بهنامیان[۱]، راضیه عسگری[۲]

چکیده: در بازارهای رقابتی امروزی، با گرایش شرکت ها به سمت مشتری‌مداری، مدیریت ارتباط با مشتری نیز پیچیده‌تر شده است. پرسش اصلی مطرح در این زمینه، چگونگی شناسایی مشتریان کلیدی و سودآور شرکت است. به‌این‌منظور، شرکت‌ها کوشیدند تا با بخش‌بندی مشتریان به گروه‌های مختلف براساس معیارهایی ویژه، ویژگی‌های رفتاری آنها را شناسایی و تحلیل کنند. با این کار زمینه‌ای مناسب برای تخصیص بهینهٔ منابع محدود، به‌کارگیری راهبردهای مناسب بازاریابی و درنهایت مدیریت سودآوری در کنار مدیریت ارتباط با مشتری فراهم شد. رسالت تحقیق حاضر بخش‌بندی مشتریان شرکت سیماچوب با هدف به‌حداکثررساندن ارزش عمر مشتری برای شرکت در کنار سودمندی مشتری است؛ بنابراین، بعد از شناسایی و آماده‌سازی داده‌های مسئله با روش داده‌کاوی، مسئله با دو الگوریتم ژنتیک NSGAII و NRGA حل و سپس نتایج آن تحلیل می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های فرابتکاری چندهدفه، بخش‌بندی مشتریان، داده‌کاوی.

۱. استادیار مهندسی صنایع دانشکدهٔ مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. کارشناس‌ارشد مهندسی صنایع دانشکدهٔ مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۹
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٤/۰۸/۰۳
نویسندهٔ مسئول مقاله: جواد بهنامیان
E-mail: Behnamian@basu.ac.ir

مقدمه

رقابت فشرده در کسب‌وکار موجب شده است تا سازمان‌های امروزی مشتری و نیازهایش را بشناسند. بی‌توجهی به این موضوع ممکن است سازمان را برای همیشه از عرصهٔ رقابت محو کند و خسارت‌های سنگینی را به آن تحمیل کند. تمام بنگاه‌های تولیدی و سازمان‌های خدماتی یک هدف نهایی مشترک دارند و این هدف کسب و افزایش درآمد و بقای سازمان است. درک و فهم تمایز میان مشتریان و نیازها و پاسخ‌های آنها به ساختار بازاریابی در مدیریت روابط مشتریان نقش حیاتی دارد.

بخش‌بندی، فرایندی است که براساس آن مشتریان به زیربخش‌های متمایز از مشتریان دارای نیازها و مشخصات یکسان تقسیم می‌شوند. از آنجاکه مشتریان هر بخش نیازها و خواسته‌های یکسانی دارند، به یک طرح بازاریابی و محصولی ویژه به‌شیوه‌ای مشابه پاسخ می‌دهند. بخش‌بندی مشتریان کمک می‌کند با تقسیم بازاری بزرگ به بخش‌های کوچک‌تر، منابع سازمان به‌طوربهینه صرف مشتریان اصلی شود. بخش‌بندی مشتریان به سازمان امکان می‌دهد تا فعالیت‌های کلیدی بازاریابی خود را بر گروه ویژه‌ای از مشتریان متمرکز کند. این گروه ویژه، بیشترین احتمال را برای خرید محصولات و خدمات سازمان دارد یا مناسب‌ترین گروه برای بهره‌برداری از محصولات و خدمات سازمان است (ودل و کاماکورا، ۲۰۰۰).

بخش‌بندی مشتریان موجب برقراری روابط متفاوت، با درجه‌های گوناگون میان سازمان‌ها و مشتریان می‌شود؛ بنابراین برای افزایش دامنهٔ مشتریان و گسترش بازار هدف باید از روش‌های مدیریت ارتباط با مشتری براساس یک پایگاه داده استفاده شود و همچنین باید اطلاعات دربارهٔ سلیقه‌ها، نیازها، خواسته‌ها، اولویت‌ها، وعده‌های خرید و میزان خرید هرکدام از مشتریان کسب شود تا برنامه‌ریزی برای جلب رضایت تک‌تک مشتریان صورت گیرد. برای دستیابی به این موارد می‌توان از روش‌های متعدد داده‌کاوی مانند خوشه‌بندی و دسته‌بندی داده‌های واقعی استفاده کرد. امروزه با گسترش سیستم‌های پایگاهی و حجم بالای داده‌های ذخیره‌شده در این سیستم‌ها، به ابزاری نیاز است تا داده‌های ذخیره‌شده را پردازش کند و اطلاعات حاصل از این پردازش را در اختیار کاربران قرار دهد. درنتیجه، به روش‌هایی نیاز است که به‌اصطلاح دانش را کشف کنند؛ یعنی با کمترین دخالت کاربر و به‌صورت خودکار الگوها و رابطه‌های منطقی را بیان کنند. درواقع، داده‌کاوی یک فرایند تجزیه و تحلیل نیمه‌خودکار از پایگاه دادهٔ بزرگ برای یافتن الگوهای معتبر، مفید، قابل‌فهم و جدید است.

با توجه به اهمیت مشتری‌مداری در بقای سازمان، در این تحقیق مشتریان شرکت سیماچوب براساس اهداف تحقیق، خریدکردن یا خریدنکردن از شرکت سیماچوب، به گروه‌های مختلف

تقسیم شدند و مشخصه‌های هر گروه تحلیل شدند تا با توجه به مشخصه‌ها و رفتار خرید هر گروه از مشتریان، امکان پاسخگویی به نیازها فراهم شود. با این کار، زمینه‌ای مناسب برای تخصیص بهینهٔ منابع محدود، به کارگیری راهبردهای مناسب بازاریابی و درنهایت مدیریت سودآوری در کنار مدیریت ارتباط با مشتری فراهم می‌شود. گستردگی و پیچیدگی فرایندهای لازم برای تحقق عزم سازمان و بخش‌بندی چندشاخصهٔ مشتریان و بازار، ضرورت بهره‌مندی سازمان از سامانه‌ای نظام‌مند و هوشمند را غیرقابل‌اجتناب می‌کند. سیستم خبرهٔ ۵ یکی از شاخه‌های مهم هوش مصنوعی است که مانند فردی خبره با استفاده از پایگاه دانش و روش‌های استنتاج، مسائل را حل می‌کند. همچنین، از آنجاکه بخش‌بندی مشتریان مسئله‌ای چندمعیاره است، در این تحقیق مسئلهٔ بخش‌بندی مشتریان در شرکت سیماچوب در قالب واقعی‌تری به‌صورت دوهدفه حل می‌شود. در ادبیات، به این موضوع به‌دلیل پیچیدگی ذاتی حل آن کمتر توجه شده است. ماهیت چندمعیارهٔ بخش‌بندی مشتریان به‌معنای تعیین تعداد درست بخش‌هاست. دیدگاه مدیریتی و محدودیت منابع در تعیین مناسب‌ترین یا بهترین تعداد منتخب بخش‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند. در بخش‌بندی، معیار قدرت پیش‌بینی مهم‌تر از معیار همگنی بخش‌هاست. معمولاً زمانی‌که قدرت پیش‌بینی تعداد بخش‌ها افزایش می‌یابد، همگنی درونی بخش‌ها نیز افزایش می‌یابد، اما قدرت پیش‌بینی می‌تواند مستقل از قدرت درونی بخش‌ها افزایش یا کاهش یابد. یک روش بخش‌بندی خوب باید به تصمیم‌گیرندگان یک دیدگاه کلی دهد تا موجب توانایی تصمیم‌گیرندگان در یافتن بهترین راه‌حل برای محیط کسب‌وکار ویژه شود. به‌این‌منظور، در این تحقیق دو الگوریتم ژنتیک NSGAII و NRGA برای تصمیم‌گیری دربارهٔ بخش بندی با هدف به‌حداکثررساندن ارزش عمر مشتری برای شرکت در کنار سودمندی مشتری مبتنی‌بر روش داده‌کاوی طراحی می‌شود.

پژوهش با این ساختار ادامه می‌یابد: در بخش بعد، ادبیات تحقیق مرور می‌شود. سپس به تعریف مسئله و پیچیدگی مسئلهٔ مورد بررسی پرداخته می‌شود. درادامه، الگوریتم پیشنهادی و کاربرد آن در پژوهش معرفی و توضیح داده می‌شود. سپس مطالعهٔ موردی تحقیق و حل مسئله با الگوریتم پیشنهادی مطرح می‌شود و درپایان این پژوهش دستاوردهای تحقیق و مباحث پیشنهادی بیان می‌شوند.

پیشینهٔ پژوهش

مایرز (۱۹۹۶) نشان داد بخش بندی مشتریان نقش مهمی در دو سطح راهبردی و تاکتیکی ایفا می‌کند. او اظهار داشت در سطح راهبردی، بخش‌بندی مشتریان در هر کسب‌وکار در زمینهٔ پاسخ

به پرسش‌های اساسی آنها کمک می‌کند و موجب می‌شود تا دریابیم برای خدمات و محصولات در بخش مشتریان هدف، چگونه از رقبا متمایز شویم. در سطح تاکتیکی نیز، بخش‌بندی مشتریان به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در چهار مقوله (قیمت، محصول، مکان و ارتقا) کمک می‌کند. ودل و کاماکورا (۲۰۰۰) در تحقیق خود نشان دادند برای ارزیابی خوب‌بودن یا بدبودن یک بخش‌بندی، شش معیار قابلیت تشخیص‌پذیری، پاسخ‌دهی، قابلیت دسترسی، ذاتیت، ثبات، قابلیت عملکرد باید ارزیابی شوند. بیگادیک در سال ۱۹۸۱، به بحث از دیدگاه مدیریت راهبردی نگاه کرد و سه معیار آخری کوتلر را با معیارهای قابلیت دفاع، قابلیت دوام و رقابت پذیری جایگزین کرد. جامع‌ترین مطالعه در این موضوع را دیب در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۹ انجام داد که معیارها را از دو بعد مختلف عملیاتی کرد و با ادغام آنها به فرایند بخش‌بندی پرداخت. بعد اول معیارگرایی بود که شامل دو معیار اصلی صلاحیت‌بخش و جذابیت‌بخش می‌شد و بعد دوم منبع‌گرایی بود که نشان می‌داد منابع مختلف فکری این بحث چگونه درنظر گرفته شده است. وبند (۱۹۹۲) دریافت بخش بندی از طریق هدف یک شرکت اجرا شده است که ممکن است تولید راهبرد آن شبیه شناسایی بازارهای جدید یا تصمیم گیری مرتبط با محصول باشد. کیم و استریت (۲۰۰۴) رویکرد جدیدی را برای هدف گذاری مشتریان در بازاریابی پایگاه داده ارائه کردند. یک الگوریتم ژنتیک برای جست‌وجو در میان ترکیبات ممکن ویژگی‌ها استفاده می‌شود. همچنین، در پژوهش بوکینکس (۲۰۰۷) یک مدل رگرسیون خطی چندگانه برای جلوگیری از تطبیق بیش‌ازحد به‌عنوان یک رویهٔ انتخاب ویژگی به‌کار گرفته شد و در این پژوهش وفاداری رفتار مشتری با استفاده از پایگاه داده تراکنش‌ها پیشگویی شد. ضعف‌های دو روش، استدلال مبتنی‌بر مورد و رگرسیون خطی چندگانه لحاظ‌نکردن روابط غیرخطی بین هر ویژگی و متغیر هدف است.

تا قبل از سال ۱۹۵۰، این قضیه محدود به تکنیک‌های ریاضی و قابلیت محاسبات بوده است، اما در سال‌های اخیر محققان از الگوریتم‌های دیگری نیز استفاده کرده‌اند. براسکو و کردیت در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳، الگوریتم شبیه‌سازی‌شدهٔ تبرید را برای حل بخش چندمعیارهٔ مسئله در بخش‌بندی مشتریان ارائه کردند. الگوریتم ارائه‌شده، راه‌حل بهینه‌ای را برای عددی‌کردن هدف به‌عنوان نتیجهٔ بهینه از ترکیب پارامترهای وزنی می‌یابد. به‌هرحال، این روش هم‌زمان هر دو هدف را ارزیابی می‌کند و با اجتناب از راه‌حل بهینهٔ داخلی شبیه‌سازی می‌شود. مطالعات دیزاربو و گریساف (۱۹۹۸) درمورد ماهیت چندمعیاره و چندمحدودیتهٔ بخش بندی مشتریان بحث می‌کند. آنها در پژوهش خود به وجود مجموعه‌ای از راه‌حل‌های بهینهٔ پارتوی قابل‌قبول اشاره کرده‌اند.

احمدی، آذر و صمصامی (۱۳۸۹) با استفاده از رویکردی مبتنی‌بر شبکه‌های عصبی، بازار دارو را در ایران بخش‌بندی کردند. بخش‌بندی مشتریان مختلف گوشی تلفن همراه برحسب مزایای مورد انتظار در بازارهای ناهمگن توسط مرتضوی، آسمان‌دره، نجفی سیاهرودی و علوی (۱۳۹۰) انجام گرفت. مروتی شریف‌آبادی (۱۳۹۳) شبکه‌های عصبی مصنوعی رقابتی و روش‌های آماری سنتی را در خوشه بندی مشتریان بانک مقایسه کرد. درپایان، نتایج با استفاده از روش تحلیل تمایزات و شاخص‌های MAPE و RMSE با یکدیگر مقایسه شده است. اسفیدانی، محمودی، کیماسی، محمدی و پارسافرد (۱۳۹۳) بازار بانکداری خرد را برمبنای مزایای مورد انتظار مشتریان با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای و فرمول کوکران بخش‌بندی کرده‌اند. البدوی، نوروزی، سپهری و امین ناصری (۱۳۹۳) با ترکیب مدل‌سازی پارتو با روش معمول فراوانی و ارزش مالی، بخش‌بندی مشتریان را در روابط غیرقراردادی بررسی کردند. در اینجا، از روش پارتو برای تخمین سه مؤلفهٔ مقدار انتظاری احتمال فعالیت آتی، تعداد تراکنش‌های آتی و متوسط ارزش پولی استفاده شده است. برادران و بیگلری (۱۳۹۳) بخش‌بندی مشتریان و تحلیل رفتار آنها را در صنایع تولید و پخش کالاهای پرگردش به‌منظور هدفمندشدن فعالیت‌های بازاریابی و ارتباط مؤثر آنها با مشتریان انجام دادند. آنها از رویکردهای داده‌کاوی برای کشف گروه‌های مشابه در مدل فراوانی و ارزش مالی استفاده کردند. حسین‌زاده شهری، کرمی و مهربانی (۱۳۹۳) از روش تحلیل عاملی اکتشافی و تحلیل خوشه‌ای برای شناسایی سبک‌های تغذیهٔ مشتریان رستوران‌های زنجیره‌ای بوف در شهر استفاده کردند.

ایراد عمدهٔ تحقیقات بخش‌بندی مشتریان موجود این است که فقط از یک هدف برای نمایش مشکلات چندهدفه استفاده کرده‌اند، درحالی‌که ماهیت اکثر مسائل واقعی چندهدفه است؛ بنابراین، در این تحقیق برای اولین‌بار مدلی چندهدفه بر پایهٔ داده‌کاوی- فراابتکاری توسعه یافته است. به‌این‌منظور، در این تحقیق دو الگوریتم ژنتیک NSGAII و NRGA برای تصمیم‌گیری دربارهٔ بخش‌بندی با دو هدف به‌حداکثررساندن ارزش عمر مشتری در کنار سودمندی مشتری مبتنی‌بر روش داده‌کاوی و براساس ویژگی‌های مسئله به‌دقت طراحی شد. همچنین به‌دلیل اهمیت واقعی موضوع، روش حل توسعه‌داده‌شده روی یک مورد واقعی پیاده‌سازی شد.

روش‌شناسی پژوهش

در روش پیشنهادی، ابتدا داده‌های مورد نیاز با استفاده از روش داده‌کاوی جمع‌آوری و پالایش شد. در مراحل بعد، با استفاده از متغیرهای مدل فراوانی و ارزش مالی (RFM) و چند متغیر دیگر مسئله مدل‌سازی شد. سپس با کمک الگوریتم تکاملی بهینهٔ پارتو، الگوریتم ژنتیک و با استفاده

از استانداردسازی فاصلهٔ اقلیدسی تئوری K-means، حل مسئله صورت گرفت. برای حل مدل با الگوریتم‌های فراابتکاری، کامل‌ترین روش الگوریتم NSGAII است که نتایج بهتری را نیز نشان می‌دهد. برای اثبات درستی این ادعا، درادامه مسئلهٔ مورد نظر با الگـوریتم ژنتیـک NRGA نیـز حل می‌شود و نتایج هر دو الگوریتم با هم مقایسه می‌شود.

مجموعهٔ راه‌حل بهینهٔ پارتو دیدگاهی کلی از گزینه‌های ممکن برای مسئلهٔ بخش‌بندی ارائـه می‌دهد؛ بنابراین، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با استفاده از روش‌های فراابتکـاری و انبـار داده‌هـا و ابزار تحلیل و گزارش‌دهی، با توجه به مشخصات هر راه‌حل تصـمیم‌هـای نهـایی بهتـری اتخـاذ کنند. جبههٔ پارتو طیف وسیعی از تعداد خوشه‌هاست که در مسائل خوشه‌بنـدی بـرای نشـان‌دادن تعدادی خوشه از مجموعه‌دادهٔ مشتریان استفاده می‌شود. این روش فرایندی تکرارشونده را بـرای تعریف مسئله، جست‌وجو برای فضای راه‌حل و تحلیل نتایج نشان می‌دهد. شاید نتایج هر تکـرار برای تغییر محدودیت‌ها، اولویت‌ها یا حتی تعریف دوبارهٔ مسئلهٔ بخش‌بندی ـ برای خدمت بهتر به فرایند مورد بررسی ـ استفاده شود.

ادامهٔ پژوهش سه بخش اساسی دارد: بیـان مسـئله و پیچیـدگی آن، الگـوریتم‌هـای ژنتیـک چندهدفه و تحلیل مجموعه راه‌حل‌های پارتو در قالب یافته‌های پژوهش.

بیان مسئله و پیچیدگی آن

هدف این مسئله، حداکثرکردن هم‌زمان دو هدف ارزش عمر مشتری و سـود مشـتری اسـت. در اینجا، منظور از ارزش عمر مشتری، ارزش طول عمر هر مشتری است که برابر با پیش‌بینی سـود خالص از آن مشتری در تعاملات آینده با اوست. هر دو تابع هدف مسـئله از نـوع بیشـینه‌سـازی است، اما اهداف مسئله هم‌راستا نیستند و با اعمال تغییر در یکی، تابع هدف دیگر تغییر نمی‌کنـد. در این تحقیق، برای انـدازه‌گیـری ارزش عمـر مشـتری (سـودمندی مشـتری بـرای شـرکت) از متغیرهای RFM یعنی تعداد خرید، میزان خرید به ریـال و تـازگی خریـد اسـتفاده شـد و بـرای اندازه‌گیـری منـافع مشـتری (سـودمندی شـرکت و خـدمات و محصـولاتش بـرای مشـتری) از متغیرهای تعداد خدمات پس از فروش، میزان خدمات پـس از فـروش و تعـداد درخواسـت هـای پاسخ‌داده‌شده توسط شرکت استفاده شد. دراینجا، برای دستیابی به اهداف مذکور باید هر دو تـابع هدف حداکثر شوند. در دیدگاهی ساده، ارزش عمر مشتری و منـافع مشـتری بـا مـاتریس ارزش نشان داده می‌شود:

شکل ۱. ماتریس ارزش

براساس الگوی ارزش عمر مشتری و الگوی سود مشتری، مبارزه ها براساس بخش بازاریابی، برای حفظ کاربران با سود بالا یا تبدیل کاربران با سود کم به بخش‌های با سود بالا، صورت می‌گیرد.

اندازه‌گیری سود مشتری به مراتب آسان‌تر از اندازه‌گیری وفاداری مشتری است، زیرا سود را می‌توان به‌طورمستقیم با استفاده از خدمات اندازه‌گیری کرد و این یک مزیت برای مدل ارائه شده است. اغلب، وفاداری بالای مشتری نتیجهٔ مشتری با سود بالا در زمان طولانی است. سود مشتری پویاتر از وفاداری مشتری است، زیرا می‌تواند هر نوع تعامل میان مشتری و شرکت را تغییر دهد. گروهی از محققان دریافتند که سود به‌دلیل داشتن ماهیت پویا، اغلب مقرون‌به‌صرفه‌تر از دیگر پایه‌های بخش‌بندی است. درنتیجه، سود مشتری نماینده‌ای خوب از وفاداری مشتری است. شایان ذکر است معیارهای استفاده‌شده در تحقیق برای سنجش توابع هدف مسئله، از طریق مصاحبه با خبرگان شرکت (مورد مطالعهٔ مسئله) و با پژوهش در زمینهٔ داده‌های شرکت انتخاب شده است که درواقع مهم‌ترین معیارها در راستای افزایش ارزش و سود مشتری هستند.

فرایند سخت و مبهم خوشه‌بندی یکی از مشکلات بخش‌بندی است. این ابهام در دو جنبه نهفته است: ۱. اندازه‌گیری همگنی یا شباهت؛ ۲. فرایند خوشه‌بندی. کلینبرگ در سال ۲۰۰۲ اظهار کرد که اولاً بخش‌بندی مشتریان یک مسئلهٔ NP-Complete است و ثانیاً هیچ تابع رضایت‌بخش مقیاس‌ناپذیر و قوی‌ای از خوشه‌بندی وجود ندارد. همچنین، حل مسائل پیچیده در زمان چندجمله‌ای به‌خصوص در اندازه‌های بزرگ غیرممکن است و درنتیجه استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مسئلهٔ مورد بررسی در این تحقیق پیشنهاد می‌شود.

الگوریتم ژنتیک NSGAII

در الگوریتم، ابتدا جمعیت فرزندان (Q_t) با استفاده از جمعیت والدین (P_t) ساخته می‌شود. سپس هر دو جمعیت با همدیگر ترکیب می‌شود و جمعیت R_t را با اندازهٔ ۲N ایجاد می‌کنند. سپس تمام جمعیت R_t به سطح‌های مختلف غیرمغلوب دسته‌بندی می‌شود. پس از ایجاد صف‌های متفاوت نامغلوب به‌ترتیب اولویت (اولویت صف‌ها نسبت به هم) جمعیت بعدی (P_{t+1}) یکی‌یکی از این صف‌ها پر می‌شود. پرکردن P_{t+1} با بهترین صف نامغلوب شروع می‌شود و سپس به‌ترتیب با دومین صف نامغلوب و همین‌طور سومین و تا پایان- تا زمانی‌که P_{t+1} پر شود- ادامه می‌یابد. از آنجاکه R_t برابر ۲N است، تمام اعضای آن نمی‌توانند در P_{t+1} قرار گیرند و درنتیجه جواب‌های باقیمانده حذف می‌شود. درمورد جواب‌هایی که در صف آخر با استفاده از عملگر نخبه‌گرایی از بین می‌روند باید مهارت بیشتری به‌کار برد و جواب‌هایی را حفظ کرد که در ناحیهٔ ازدحام کمتری قرار دارند. درواقع، جواب‌هایی که در ناحیهٔ ازدحامی کوچک‌تری هستند برای پرکردن P_{t+1} در اولویت قرار دارند.

روش فاصلهٔ ازدحام

برای به‌دست‌آوردن تخمینی از چگالی جواب‌های موجود در کنار جوابی ویژه مانند جواب i در جمعیت، یک میانگین فاصله از دو جواب واقع در طرفین جواب i محاسبه می‌شود. برای هریک از سطوح غیرمغلوب به‌طورجداگانه گام‌های زیر طی می‌شود:

الگوریتم ۱. روش فاصلهٔ ازدحام

گام ۱. L برابر تعداد اعضای سطح غیرمغلوب مورد نظر قرار می‌گیرد.

گام ۲. برای هر تابع هدف m (m =۱, ۲, ۳, …., M) مجموعه f_m به‌ترتیب صعودی و برحسب ارزش آنها مرتب می‌شود و آن را I^m می‌نامند.

گام ۳. برای هریک از بردارهای مرتب‌شده I^m به‌ازای I =۱ و j = L، قرار دهید $d_i \times m_j = \infty$ و به‌ازای مابقی اعضا:

رابطهٔ ۱)
$$d_{I_j^m} = \frac{f_m^{(I_{j+1}^m)} - f_m^{(I_{j-1}^m)}}{f_m^{max} - f_m^{min}}$$

اندیس I_j نشان‌دهندهٔ j امین لیست مرتب‌شده در گام ۲ است. سپس برای هر جواب مقادیر به‌دست‌آمده به‌ازای هر تابع هدف با هم جمع می‌شود و به‌این‌ترتیب فاصلهٔ ازدحام برای هر جواب به‌دست می آید. برای جواب هایی که در سطح نامغلوب قرار دارند، هرچه این فاصله بیشتر باشد مطلوب‌تر است.

عملگر انتخاب مسابقه‌ای ازدحام

جمعیت فرزندان Q_{t+1} از P_{t+1} با استفاده از یک عملگر انتخاب مسابقه‌ای ازدحام و عملگرهای ترکیب و جهش ایجاد می‌شود. در الگوریتم انتخاب مسابقه‌ای ازدحام، ابتدا دو جواب به‌صورت تصادفی از P_{t+1} انتخاب می‌شود و سپس از میان آنها، جوابی که در سطح نامغلوب بهتری قرار دارد انتخاب می‌شود. اگر هر دو در یک سطح نامغلوب قرار داشته باشند، باید از لحاظ فاصلهٔ ازدحام مقایسه شوند و آن جوابی برنده می‌شود که فاصلهٔ ازدحامی محاسبه‌شدهٔ آن بیشتر باشد (فاصلهٔ ازدحامی بیشتر به‌معنی ازدحام کمتر درمورد آن جواب است). جمعیت فرزندان به‌وجودآمده دوباره با جمعیت والدین ترکیب می‌شود و تمام شیوهٔ گفته‌شده از نو تکرار می‌شود تا زمانی‌که شرط توقف برقرار شود. درادامه، به نحوهٔ نمایش جواب‌ها و عملگرهای ژنتیکی به‌کاررفته در الگوریتم چندهدفهٔ NSGA-II پرداخته می‌شود. در اینجا فرض شده است جمعیت اولیه به‌طورتصادفی تولید می‌شود.

عملگر تقاطع

در این عملگر، ابتدا والدین به‌طورتصادفی انتخاب می‌شوند. در عملگر تقاطع یکنواخت ابتدا یک ماتریس تصادفی صفر و یک در ابعاد ۱ × S (تعداد والدین= S) به نام ماتریس پوشش عملگر تقاطع (ماسک) تولید می‌شود و سپس ژن‌های کروموزوم‌های والد متناظر با ژن‌های یک در این ماتریس جابه‌جا می‌شوند تا کروموزوم فرزند متولد شود. کروموزوم ماسک تعیین می‌کند که کدام ژن از والد اول و کدام ژن از والد دوم به فرزند منتقل شود.

عملگر جهش عمومی

در این عملگر، به‌ازای هر ژن در کروموزوم والد عددی تصادفی بین صفر و یک تولید می‌شود و با نرخ جهش ۰/۵ مقادیر ژن‌های کروموزوم والد مورد جهش قرار می‌گیرند؛ برای مثال، درصورتی‌که عدد تصادفی تولیدشده برابر ۰/۴ باشد، چون کوچک‌تر از ۰/۵ است، ژن مربوطه در کروموزوم والد به‌طورتصادفی مورد جهش قرار می‌گیرد، اما درصورتی‌که عدد تصادفی تولیدشده بزرگ‌تر از نرخ جهش باشد، ژن مربوطه در کروموزوم والد مورد جهش قرار نمی‌گیرد.

عملگر انتخاب

عملگر انتخاب براساس تورنامنت است، به‌طوری‌که برای هر کروموزوم از جمعیت مقدار برازش محاسبه می‌شود و سپس بین جمعیت، اعضا دوبه‌دو با هم مقایسه می‌شوند و بهترین عضو هر گروه انتخاب می‌شود و به نسل بعدی کپی می‌شود.

توقف

معیار توقف درنظرگرفته‌شده در الگوریتم NSGA-II برحسب تعداد نسل تکامل‌یافته (۱۰۰ نسل) است. انتخاب ۱۰۰ نسل برای معیار توقف براساس تجربه صورت گرفت، زیرا هرچه تعداد نسل‌ها افزایش یابد، الگوریتم نتایج بهتری دارد، اما افزایش بیش از ۱۰۰ نسل از نظر زمان به‌صرفه نیست.

روش ایده‌آل جابه‌جاشده

در مسائل برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی چندهدفه، به تعدادی از جواب‌های کارا دست می‌یابیم. گاهی تعداد این جواب‌ها ممکن است به‌اندازه‌ای زیاد باشد که انتخاب جواب نهایی برای تصمیم‌گیرنده آسان نباشد. هوانگ (۱۹۷۸) روش ایده‌آل جابه‌جاشده را در راستای کاهش این مجموعه جواب ارائه کرد. به‌علت وجود جواب‌های کارایی که توسط الگوریتم NSGA-II به‌دست می‌آید، جواب‌های کارای به‌دست‌آمده به‌اندازه‌ای زیادند که تصمیم‌گیرنده قادر نیست از بین آنها یکی را برگزیند، درنتیجه برای کاهش این مجموعه جواب‌ها و همگرایی به سمت یک جواب کارای مناسب، از روش ایده‌آل جابه‌جاشده استفاده می‌شود. درواقع، روش ایده‌آل جابه‌جاشده جواب‌های کارا را به‌گونه‌ای فیلتر می‌کند که بهترین جواب از بین آنها انتخاب شود. درادامه، روش ایده‌آل جابه‌جاشده توضیح داده می‌شود.

الگوریتم ۲. روش ایده‌آل جابه‌جاشده

گام ۱. مجموعه‌ای از جواب‌های کارا را به هر روش دلخواه به‌دست می‌آوریم.

گام ۲. مجموعهٔ جواب‌های ایده‌آل را از حل مسائل برنامه‌ریزی خطی ـ که هربار با یک تابع هدف حل می‌شود ـ به‌دست می‌آوریم. درصورتی‌که جواب ایده‌آل موجه باشد توقف می‌کنیم وگرنه به گام بعدی می‌رویم.

گام ۳. مجموعهٔ جواب‌های توافقی (C^i) را که با استفاده از زیر مجموعه‌ای از جواب‌های کارای نزدیک به جواب ایده‌آل ناموجه به‌دست آمده است، با توجه به بعضی از معیارها به‌دست می‌آوریم.

گام ۴. درصورتی‌که (C^i) از نظر تصمیم‌گیرنده به‌اندازهٔ کافی به جواب ایده‌آل نزدیک باشد، توقف می‌کنیم و در غیراین‌صورت یک جواب ایده‌آل جدید تعریف می‌کنیم و به گام ۳ برمی‌گردیم. اگر $Z_{\mathrm{p}}(X^*)$ و p = ۱, ….., k یک جواب ایده‌آل و غیرموجه باشد، تصمیم‌گیرنده درصدد یافتن جوابی موجه و نزدیک به جواب ایده‌آل است. میزان نزدیکی یک جواب X^t کارا با توجه به هدف p با $d_{\mathrm{p}}(X^t)$ نشان داده می‌شود و به‌صورت زیر تعریف می‌شود که در آن $\mathrm{Z}_{pl} = \min Z_{\mathrm{p}}(X^t)$ است.

$$d_{\mathrm{p}}(X^t) = \frac{Z_p^{(X^p)} - \mathrm{Z}_{pl}}{Z_p^* - \mathrm{Z}_{pl}}$$ رابطهٔ ۲)

درمجموع، می‌توان گفت یکی از محاسن الگوریتم NSGA-II این است که هم‌زمان در جهت بهبود جواب‌های نامغلوب و در جهت ایجاد جواب‌های متنوع پیش می‌رود.

روش نمایش جواب

در الگوریتم‌های تکاملی، هر موقعیت به‌صورت فردی یک راه‌حل نامیده می‌شود. مجموعه موقعیت‌های راه‌حل جمعیت نامیده می‌شود. یکی از مهم‌ترین تصمیم‌ها در این بخش، نمایندگی ژن‌هاست. یک ژن به‌طور مستقیم می‌تواند به هر مشتری در یک بخش اختصاص یابد. اختصاص کروموزوم‌ها به مشتریان کاملاً تصادفی است و هر مشتری در کروموزوم یک ژن دارد.

الگوریتم ژنتیک NRGA

نوع دیگری از الگوریتم‌های فراابتکاری (الگوریتم ژنتیک) که ممکن است به حل مسائل چندهدفه با الگوی بهینهٔ پارتو بپردازد، الگوریتم NRGA است که در تمام مراحل فرایند شبیه الگوریتم NSGAII است و فقط یک تفاوت اساسی این دو الگوریتم را از هم متمایز می‌کند که آن هم تفاوت الگوریتم NRGA با الگوریتم NSGAII در انتخاب کروموزوم‌هاست. همان‌طورکه پیش‌تر نیز گفته شد، انتخاب کروموزوم‌ها در الگوریتم NSGAII براساس تورنامنت است، به‌طوری‌که برای هر کروموزوم از جمعیت مقدار برازش محاسبه می‌شود و سپس بین جمعیت، اعضا دوبه‌دو با هم مقایسه می‌شوند و بهترین عضو هر گروه انتخاب می‌شود و به نسل بعدی کپی می‌شود، اما انتخاب کروموزوم‌ها در الگوریتم NRGA براساس چرخ رولت است. در این روش، ابتدا برای هر کروموزوم از جمعیت مقدار شایستگی آن محاسبه می‌شود. مجموع شایستگی‌ها حساب می‌شود، سپس یک عدد به‌طورتصادفی بین صفر و مجموع شایستگی‌ها انتخاب می‌شود. درضمن، کروموزوم‌های بهتر شانس انتخاب بیشتری دارند و شانس انتخاب هر کروموزوم متناسب با میزان برازندگی آن کروموزوم است. با این شیوه، احتمال انتخاب با میزان شایستگی نسبت مستقیم دارد.

یافته‌های پژوهش

در این بخش، به حل مسئلهٔ دوهدفه با استفاده از الگوریتم تکاملی بهینهٔ پارتو و به کمک تکنیک ژنتیک NSGAII پرداخته می‌شود. همچنین، برای تعیین مراکز خوشه و تعیین فاصلهٔ هر مشتری تا مرکز خوشه از فرمول فاصلهٔ اقلیدسی K-means استفاده می‌شود؛ بنابراین، برای

راحتی کار، K-means را بعد سوم مسئله یا به‌عبارتی هدف سوم درنظر می‌گیریم و مسئله را حل می‌کنیم. همچنین، فرایند پیاده‌سازی در محیط نرم‌افزار متلب و کدهای مربوطه نیز به زبان برنامه‌نویسی متلب نوشته شده است. الگوریتم تکاملی بهینهٔ پارتو ۱۰۰ مرتبه برای هر پایهٔ بخش‌بندی با یک تعداد خوشه در رده‌های دو تا هشت اجرا می‌شود. بهترین اجرا از ۱۰۰ اجرا به‌عنوان نتیجهٔ نهایی برای راه‌حل بخش‌بندی استفاده می‌شود. علاوه‌براین، الگوریتم ۱۰۰ مرتبه روی همهٔ منافع مشتریان و ویژگی‌های ارزش عمر مشتری اجرا می‌شود و از این ارزش خوشه دو نتیجه برای هر مشتری انتخاب می‌شود: بالاترین ارزش عمر مشتری و بالاترین سود برای مشتری. برخلاف روش‌های بخش‌بندی چندمعیارهٔ موجود که در آنها نیاز کاربران به تصمیم‌های رو به جلو روی اوزان معیار یا تبدیل توابع تبدیلی چندمعیاره به تک‌معیاره است، الگوریتم تکاملی به‌طورمستقیم برای چند معیار بهینه‌سازی می‌شود و دیدی کلی از فضای حل برای طیف وسیعی از تعداد بخش‌ها ارائه می‌دهد.

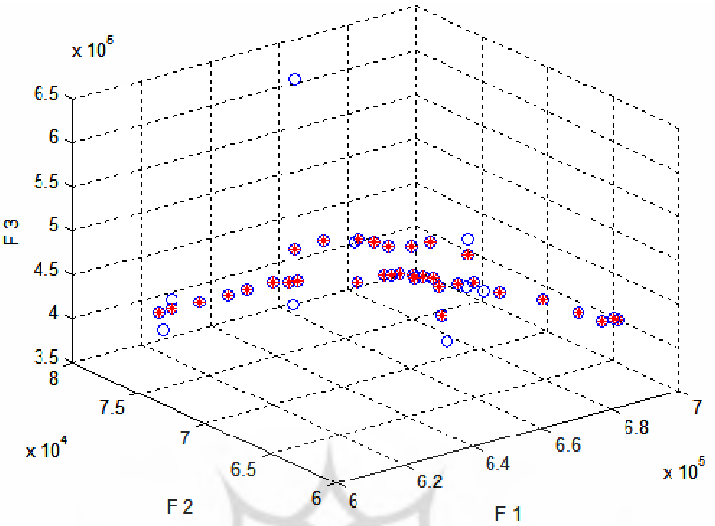
دادهٔ تحقیق

مجموعه دادهٔ در اختیار این تحقیق که جامعهٔ آماری آن را تشکیل می‌دهد، از طریق مشاهدهٔ ۲۰۰ مشتری شرکت سیماچوب در سال ۱۳۹۱ به‌دست آمد. داده‌های هر مشاهده در یک رکورد بانک اطلاعاتی مشتریان شرکت سیماچوب در سیستم‌های اطلاعاتی این شرکت ثبت بوده و از آن طریق اخذ شده است. در این تحقیق، به‌دلیل تعدد مشتریان، به‌طورتصادفی به ۸۰ مورد از آنها در اعتبارسنجی پایگاه داده توجه شده است.

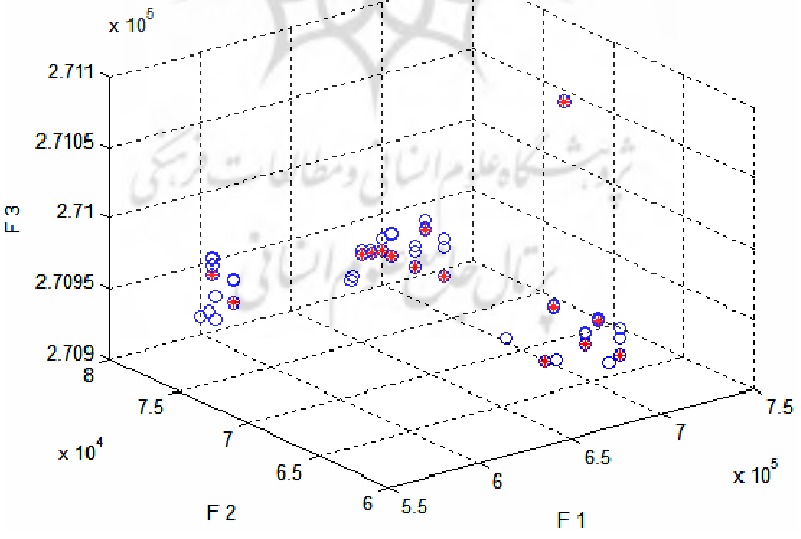
شرکت سیماچوب متعلق به سازمان صداوسیمای جمهوری اسلامی ایران، تولیدکنندهٔ انواع مبلمان اداری است. از جمله اهداف بسیار مهم این شرکت در راستای سودآوری، کسب سهم بیشتر از بازار مبلمان اداری و طراحی دکوراسیون در کشور است که این امر مستلزم شناسایی بازار و مشتریان این صنعت و حرکت به سمت رضایت مشتریان در این زمینه است؛ بنابراین، می‌خواهیم با استفاده از روش داده‌کاوی و بخش‌بندی ذکرشده، مشتریان این شرکت را بشناسیم، آنها را بخش‌بندی کنیم و از این طریق منابع لازم برای مشتریان را بهتر پیش‌بینی کنیم. درادامه، می‌توانیم مشتریان وفادار را شناسایی و حفظ کنیم تا با ارائهٔ الگوی مناسب به تولید محصولات و خدمات شرکت کمک کنیم.

نتایج خوشه‌بندی

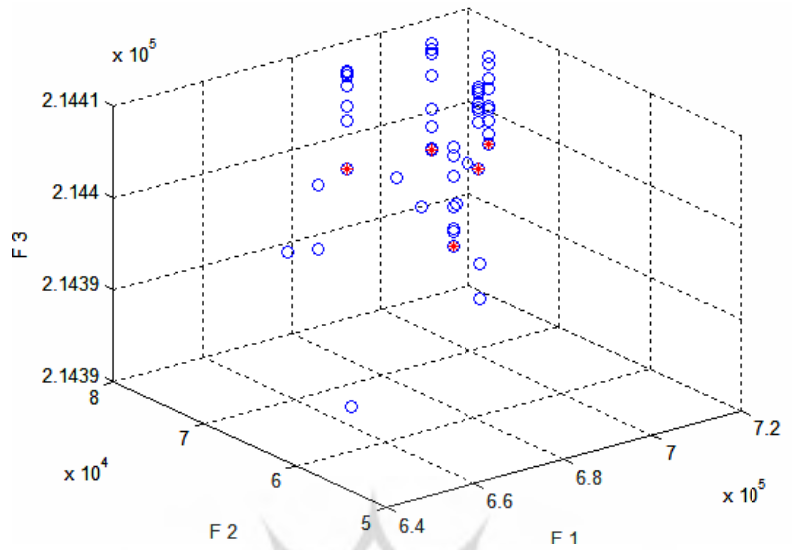
درادامه، نتایج خوشه‌بندی دو تا هشت بخشی و شکل جبههٔ پارتوی آن و میزان ارزش عمر مشتری و سودمندی مشاهده و تحلیل می‌شود.



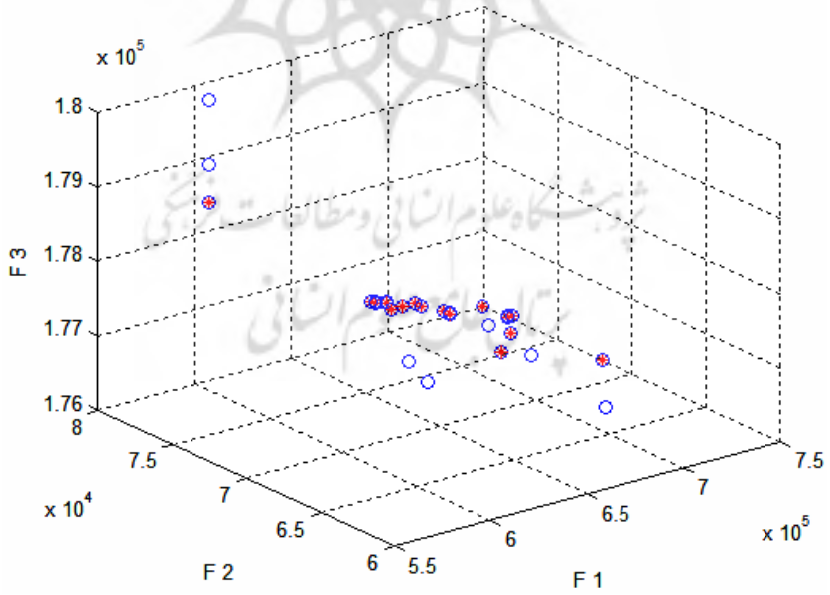
شکل ۲. بخش‌بندی دوخوشه‌ای



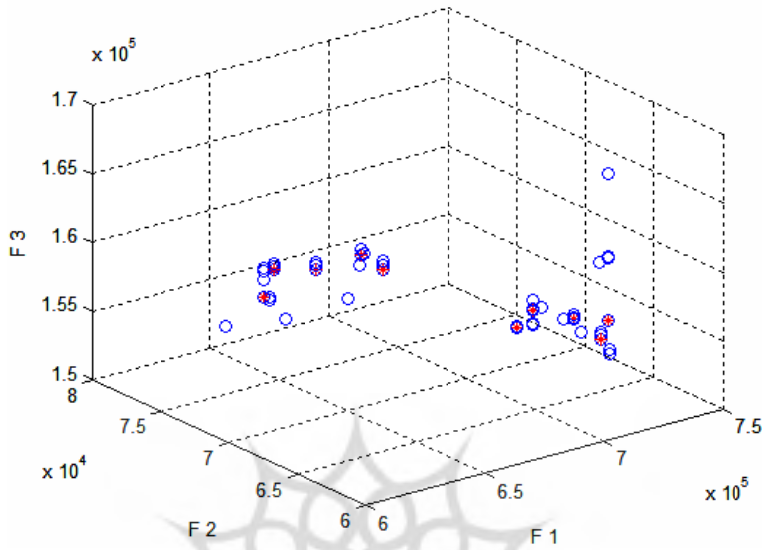
شکل ۳. بخش‌بندی سه‌خوشه‌ای



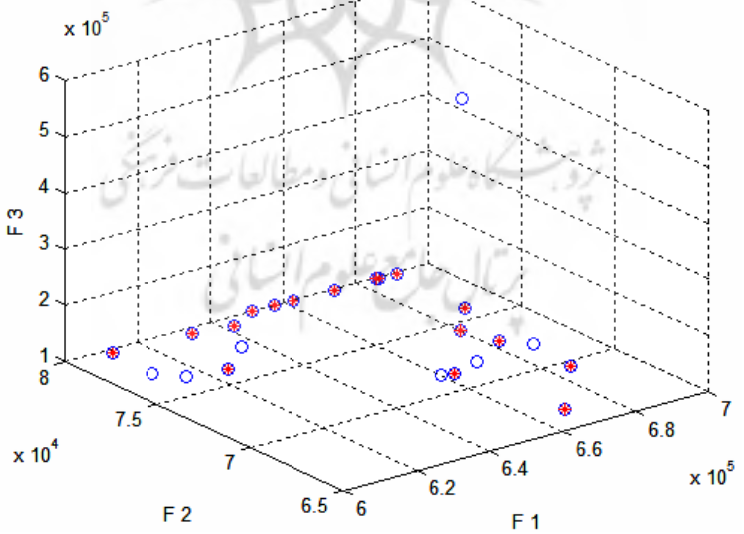
شکل ٤. بخش‌بندی چهارخوشه‌ای



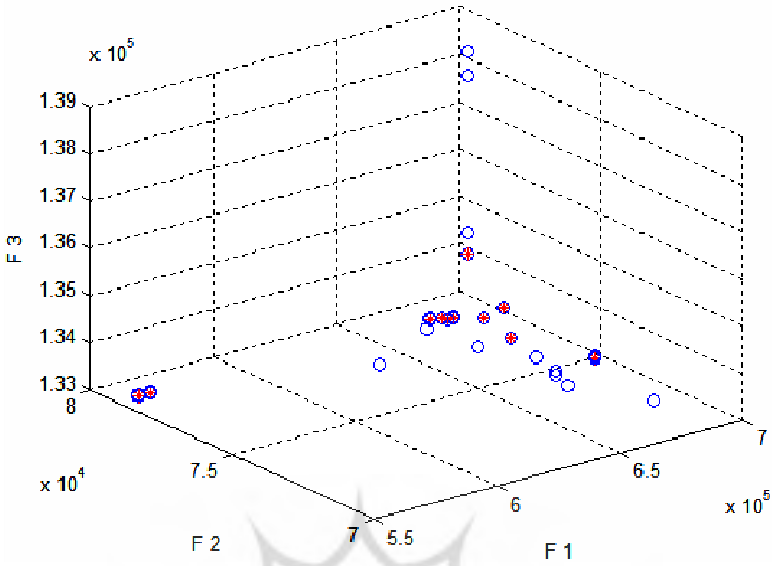
شکل ٥. بخش‌بندی پنج‌خوشه‌ای



شکل ٦. بخش‌بندی شش‌خوشه‌ای



شکل ۷. بخش‌بندی هفت‌خوشه‌ای



شکل ۸. بخش‌بندی هشت‌خوشه‌ای

جدول ۱ نتایج این خوشه‌بندی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج خوشه‌بندی

تعداد خوشه‌ها	ارزش عمر مشتری Z_1	سودمندی مشتری Z_2
دوخوشه‌ای	۶۸۶۸۵۶	۷۷۰۲۸
سه‌خوشه‌ای	۷۰۶۱۷۳	۶۷۷۵۴
چهارخوشه‌ای	۶۸۹۳۱۸	۷۸۴۵۳
پنج‌خوشه‌ای	۵۹۵۷۸۳	۷۸۴۴۸
شش‌خوشه‌ای	۷۲۱۴۸۷	۶۳۳۸۱
هفت‌خوشه‌ای	۶۷۷۸۹۴	۷۸۳۰۱
هشت‌خوشه‌ای	۶۸۳۷۷۱	۷۸۳۳۴

ارزیابی و تحلیل نتایج

نتایج حل مسئله نشان داد در جواب حاصل از پارتوی بخش‌بندی شش‌خوشه‌ای ارزش عمر مشتری بالاتر بوده است، درحالی‌که در جواب پارتوی حاصل از بخش‌بندی چهارخوشه‌ای سودمندی مشتری بهتری به دست آمده است. با بررسی بیشتر نتیجه می‌گیریم بخش‌بندی

چهارخوشه‌ای نتیجهٔ بهتری از انتخاب مشتریان با سود بیشتر و وفادارتر برای ما داشته است. اندازهٔ بزرگ‌تر از سود نسبت به اندازهٔ ارزش بالای خوشهٔ مشتری به آن معناست که این بخش بیشتر سودآور و مؤثر است.

نتایج نشان می‌دهد مشتریانی مانند سازمان صداوسیما، شرکت ذوب‌آهن اصفهان، سازمان گسترش و نوسازی، شرکت سایپا و شرکت نفت پارس و... در گروه اول قرار گرفته اند. این مشتریان با حداکثرکردن هر دو هدف ارزش عمر مشتری و سودمندی مشتری توانسته اند در گروه اول قرار گیرند که گروه طلایی نام دارد. درنتیجه، از نظر اینکه مشتریان این گروه ارزش بالایی دارند، بیشترین سود را به شرکت می‌رسانند و همچنین با حداکثرکردن تابع هدف سودمندی مشتری توسط این گروه به این نتیجه می رسیم که مشتریان این خوشه سود مورد انتظار را از محصولات و خدمات این شرکت دریافت می‌کنند. این گروه از مشتریان طلایی در دستهٔ مشتریان وفادار نیز قرار می‌گیرند، اما سود دریافتی بالا توسط این دسته از مشتریان- با توجه به بازار رقابتی امروزی و تلاش شرکت‌ها و سازمان‌های دیگر در جذب مشتریان- نباید سبب کم‌توجهی شرکت به این دسته از مشتریان شود. درنتیجه، حفظ و نگهداری این گروه از مشتریان نیز باید در اولویت برنامه‌های خبرگان شرکت قرار گیرد.

گروه دوم و سوم شامل مشتریانی می‌شوند که حداقل بتوانند یکی از دو هدف ارزش عمر مشتری و سودمندی مشتری را به حداکثر برسانند، اما با درنظرگرفتن هر دو هدف و نتایج مدل‌سازی این پژوهش، مشتریانی که در گروه دوم قرار گرفته‌اند در جبههٔ پارتوی بالاتری نسبت به گروه سوم قرار گرفته‌اند.

در گروه دوم، مشتریانی مانند شرکت توانیر، فرهنگسرای خاوران، بنیاد شهید، استانداری تهران و در گروه سوم مشتریانی مانند استانداری اراک، گروه صنایع غذایی شیرین عسل و شرکت سهامی فرش ایران دیده می شوند که در حداکثرسازی ارزش عمر مشتری موفق‌تر از حداکثرسازی سودمندی مشتری عمل کرده‌اند. این مشتریان در دستهٔ مشتریان سودمند برای شرکت قرار می‌گیرند، اما سود اندکی که این گروه از شرکت دریافت می‌کنند این دسته از مشتریان را در معرض ریزش قرار می‌دهد. درنتیجه، شرکت برای حفظ و نگهداری این دسته از مشتریان سودمند و جلوگیری از ریزش آنها باید توجه ویژه‌ای به این دسته از مشتریان داشته باشد و با استفاده از مدیریت ارتباط با مشتری به شناخت بهتر نیازها و خواسته‌های اعضای این دسته و حفظ رابطه با آنها بپردازد. همچنین، در گروه دوم مشتریانی مانند شرکت فرهنگی- ورزشی استقلال، سازمان قضایی نیروهای مسلح، مخابرات و در گروه سوم مشتریانی مانند بانک ملت، سازمان حج و زیارت و استانداری یزد مشاهده می‌شوند که علی‌رغم سودمندی بالا در این

گروه، این مشتریان نتوانسته‌اند ارزش عمر مشتری بالایی را به خود اختصاص دهند. این گروه از مشتریان سود کافی را از شرکت دریافت می‌کنند، اما در مقابل سود کافی و مناسبی به شرکت نمی‌رسانند؛ بنابراین، شرکت باید برای افزایش ارزش این گروه از مشتریان با حفظ سودمندی آنها، با استفاده از تبلیغات تحریک‌کننده و انگیزاننده و ارائهٔ مشوق برای مشتریان این گروه، برای افزایش سطح تراکنش آنها تلاش کند.

گروه چهارم که مشتریانی مانند مؤسسهٔ مالی و اعتباری توسعه، موزهٔ هنرهای معاصر، شرکت فنی- مهندسی پاسارگاد، سازمان ایران توریسم و... را در خود جای داده است، گروهی است که مشتریان آن کمترین سطح ارزش عمر مشتری و سودمندی مشتری را دارند، اما این موضوع دلیلی برای بی‌توجهی شرکت به این‌گونه مشتریان نیست. شرکت می‌تواند با هدف افزایش سودمندی مشتریان این گروه، با توسعهٔ محصولات و خدمات و ارائهٔ خدمات مناسب با استفاده از فناوری‌های نوین ارتباطی، این مشتریان غیرفعال را به مشتریانی فعال تبدیل کند و از این طریق ارزش آنها را نیز برای شرکت افزایش دهد. مشتریان این گروه حتی توانایی تبدیل‌شدن به مشتریان طلایی را نیز دارند، اگر شرکت بتواند از فرصت‌های مناسب برای ایجاد انگیزهٔ آنها استفاده کند. تمام چهار خوشه درجه‌ای مشابه از ناهمگونی بین خوشه‌ها روی هر دو ویژگی سود و ارزش عمر مشتری دارد. با وجود اندازهٔ خوشهٔ متعادل‌تر و ناهمگونی بین خوشه‌ای الگوریتم تکاملی بهینهٔ پارتو راه‌حلی بسیار مطلوب‌تر از راه‌حل‌های تک‌هدفهٔ بخش‌بندی مشتریان است. این تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد بسیاری از بینش‌ها می‌توانند از راه‌حل‌های بهینهٔ پارتوی یک مسئلهٔ چندمعیارهٔ بخش‌بندی جمع‌آوری شوند.

اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی

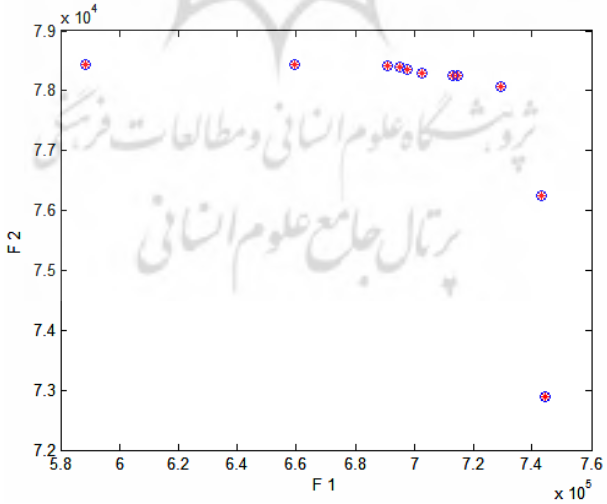
در بخش گذشته، به مدل‌سازی مسئله و حل مدل با الگوریتم پیشنهادی NSGAII پرداختیم، اما موضوع مهم این است که چگونه می توان ادعا کرد روش پیشنهادی مذکور روشی مؤثر و در میان روش‌های دیگر بهترین روش است. یکی از مشکلات مهم در حل مسائل چندهدفه، چگونگی ارزیابی کیفیت حل‌های نهایی است که به‌دلیل تناقض اهداف به‌کاررفته گاهی این امر کاری پیچیده است. به‌طورکلی، پس از مرور ادبیات موضوع و طبق نظر بسیاری از محققان، مقایسهٔ دو مجموعهٔ مختلف از جواب‌های پارتو کار بسیار دشواری است. به‌این‌منظور، در اوایل دههٔ ۱۹۹۰ میلادی از روش‌های دیداری (مشاهده‌ای) برای مقایسهٔ مجموعه‌های پارتو با هم استفاده می‌شد.

این روش دو مشکل اساسی دارد: اولاً اینکه ما در مقایسه‌های علمی به مبنایی قابل اندازه‌گیری و کمی نیاز داشتیم و فقط اظهارنظر کیفی اشخاص نمی‌توانست محکی مناسب در

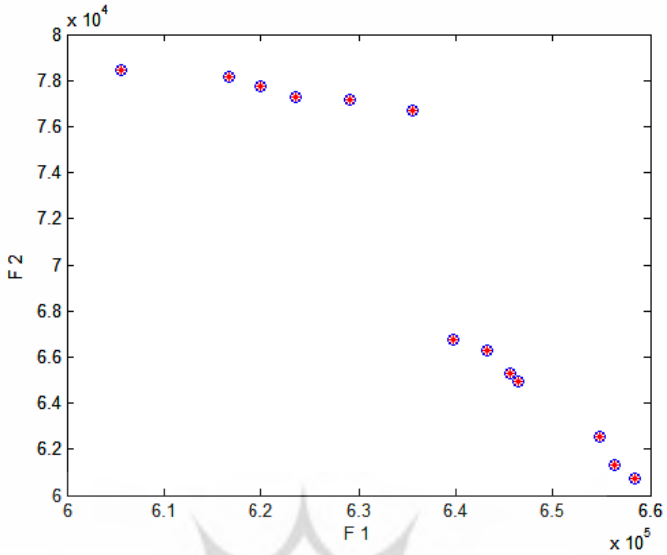
اندازه‌گیری کارایی یک الگوریتم ایجادکنندهٔ جواب‌های پارتو باشد. ثانیاً مشکل اساسی دیگر این روش در مقایسهٔ مجموعه‌های پارتو این بود که فقط برای حداکثر مسئلهٔ سه هدفه کاربرد داشت، زیرا ترسیم فضای بیش از سه‌بعدی برای مقایسهٔ مجموعهٔ جواب‌ها امکان‌پذیر نبود. این مشکلات موجب شد تا محققان روش‌های منطقی، جامع و مناسب را به‌این‌منظور ارائه کنند. در اینجا، از چهار معیار زیر برای سنجش کارایی الگوریتم‌های پیشنهادی استفاده شده است: ۱. تعداد جواب‌های پارتوی موجود در جبهه؛ ۲. تراکم و نزدیکی جواب‌های پارتو؛ ۳. پراکندگی جواب‌های پارتو و ۴. فاصله تا مبدأ مختصات. به‌منظور بررسی عملکرد روش فراابتکاری پیشنهادی (NSGAII) مدل مسئله را یک‌بار با الگوریتم دیگری (مثلاً NRGA) حل می‌کنیم و سپس نتایج آن را برمبنای سه عامل ذکرشده در بالا با نتایج حل مسئله با NSGAII مقایسه می‌کنیم؛ بنابراین، با مقایسهٔ جواب‌های دو الگوریتم می‌توان ادعا کرد الگوریتم پیشنهادی این پژوهش مؤثر است یا خیر.

مقایسهٔ نتایج

در این بخش برای مقایسهٔ نتایج حل مدل توسط دو الگوریتم و نمایش واضح‌تر آن، نتایج K-means حذف شده است. برای به‌دست‌آوردن نتایج صحیح‌تر، مدل توسط هر الگوریتم ده‌بار اجرا شده و میانگین جواب‌های حاصل از ده‌بار اجرا به‌عنوان جواب نهایی برای سنجش گزارش شده است.



شکل ۹. جبههٔ پارتوی الگوریتم NSGAII



شکل ۱۰. جبههٔ پارتوی الگوریتم NRGA

جدول ۲ نتایج اجرای مدل با دو الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج اجرای مدل با دو الگوریتم ژنتیک

معیارها و الگوریتم‌ها	NF	ED	Cdis	dis0
NSGAII	۵۰	۱۶۱۶۴۲	۴۳/۷۸	۵/۰۰۹۵e + ۰/۶
NRGA	۵۰	۷۰۵۲۶	۴۴	۵/۰۲۶۹e + ۰/۶

همان‌طورکه می‌بینیم، در معیار تعداد جواب‌های پارتوی موجود در جبههٔ پارتو (NF) هر دو الگوریتم تعداد برابر ۵۰ جواب و نیز در معیار پراکندگی جواب‌ها (cdis) تعداد تقریباً برابر ۴۴ را نشان می‌دهند؛ بنابراین، با سنجش این دو معیار هیچ‌کدام از الگوریتم‌ها مزیتی نسبت به دیگری ندارد، اما در معیار تراکم و نزدیکی جواب‌ها (فاصلهٔ دو جواب کناری (ED)) که هرچه بیشتر باشد بهتر است، الگوریتم NSGAII با ED برابر ۱۶۱۶۴۲ نتیجهٔ بهتری از الگوریتم NRGA با ED با مقدار ۷۰۵۲۶ ارائه کرده است و همچنین در معیار فاصله تا مبدأ مختصات (dis0) که کمتربودن آن نمایانگر برتری آن است، باز هم الگوریتم NSGAII با مقدار e ۰/۶ +۵/۰۰۹۵ نتیجهٔ بهتری از الگوریتم NRGA با مقدار e ۰/۶ +۵/۰۲۶۹ داشته است. درنتیجه، طبق

پیش‌بینی و نتایج، الگوریتم NSGAII در حل مدل بهتر از الگوریتم NRGA عمل می کند و به‌این‌دلیل برای حل مسئله از این الگوریتم استفاده شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

استفاده از روش بخش‌بندی بازار و داده‌کاوی در شرکت‌ها و صنایع ممکن است موجب شناسایی مشتریان وفادار و اصلاح الگوی شرکت برای حفظ این مشتریان شود. برای نزدیک‌شدن به دنیای واقعی برای برآوردن همهٔ اهداف شرکت، این بخش‌بندی باید چندهدفه باشد که این مسئله با بهینهٔ پارتو حل می‌شود. درنتیجه، استفاده از این روش‌ها در کنار هم موجب شناخت نیاز بازار و مشتریان می‌شود که کمک می‌کند محصولات و خدمات شرکت را با هدف برآوردن این نیازها و همچنین برآوردن اهداف شرکت ارائه کنیم و درنهایت به کسب سهم بیشتر بازار و سودآوری برای شرکت و در کنار آن رضایت بیش از پیش مشتریان منجر می‌شود. هدف این پژوهش بخش‌بندی دوهدفهٔ مشتریان شرکت سیماچوب با الگوریتم تکاملی بهینهٔ پارتو با کمک روش داده‌کاوی است. به‌این‌منظور، پس از جمع‌آوری داده‌های مشتریان شرکت مذکور و انتخاب و پاک‌سازی داده‌ها به کمک روش داده‌کاوی، با توجه به اینکه مسئله در دستهٔ مسائل پیچیده قرار می‌گیرد، برای اجرای مدل روی فضای داده‌های تحقیق، از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک (NSGAII) استفاده و سپس نتایج تحلیل شد. درپایان، از الگوریتم فراابتکاری NRGA (با تفاوتی اساسی در انتخاب کروموزوم‌ها) برای سنجش اعتبار الگوریتم پیشنهاد NSGAII استفاده شد. در این بخش، برای سنجش دو الگوریتم از چهار معیار استفاده شد. با مقایسهٔ دو الگوریتم در چهار معیار مذکور، این نتیجه به‌دست آمد که در تمام فاکتورها الگوریتم NSGAII نتایجی بهتر یا برابر با نتایج الگوریتم NRGA داشته است؛ بنابراین، با توجه به نتایج الگوریتم پیشنهادی بر مطالعهٔ موردی تحقیق، می‌توان به کارایی الگوریتم در حل این‌گونه مسائل پی برد. به‌این‌دلیل این الگوریتم می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید و انعطاف‌پذیر برای حل مسائل بخش‌بندی چندهدفه به‌کار گرفته شود.

پیشنهادهای ارائه‌شده به شرکت

پس از بررسی نتایج بخش‌بندی مشتریان، برای رسیدن به اهداف بلندمدت شرکت در زمینهٔ کسب سهم بیشتر از بازار (جذب مشتریان بیشتر)، حفظ مشتریان وفادار و جلوگیری از رویگردانی مشتریان کم‌ارزش‌تر، پیشنهادهایی ارائه می‌شود:

- الزام شرکت به شناسایی مشتریان طلایی (وفادار) به اجرای برنامه برای حفظ، رضایت و وفاداری مشتریان؛

- استفاده از برنامه‌های تخفیف متناسب برای مشتریان با تراکنش بالا؛
- فروش مضاعف به مشتریان وفادار با تراکنش بالا (یعنی با شناخت مشتری می‌توانیم محصولات یا خدمات همجنس را با عملکرد و کیفیت بالاتری به مشتری عرضه کنیم، محصولات و خدماتی که مورد تقاضای مشتری است و ارائهٔ آن‌ها به‌احتمال زیاد با استقبال فراوان مشتری روبه‌رو می‌شود)؛
- استفاده از تبلیغات تحریک‌کننده و انگیزاننده برای مشتریان سطح متوسط با تراکنش متوسط؛
- ارائهٔ مشوق برای مشتریان متوسط؛
- تبدیل مشتریان غیرفعال به مشتریان فعال با استفاده از ارائه و توسعهٔ خدمات.

پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

برای توسعهٔ مدل پیشنهادی در تحقیقات آتی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تغییر توابع هدف مسئله با توجه به اهداف مهم شرکت؛
- افزایش تعداد توابع هدف از دو هدف به سه هدف یا بیشتر؛
- تغییر در محدودیت‌های مسئله؛
- استفاده از دیگر روش‌های فراابتکاری برای حل مسئله؛
- تغییر در معیارهای مسئله و استفاده از متغیرهای روان‌شناختی یا جمعیتی و... ؛
- به‌کارگیری سایر روش‌های خوشه‌بندی و مقایسهٔ نتایج آنها با روش بهینهٔ پارتو.

References

Ahmadi, P. Azar, A. & Samsami, F. (2011). Market segmentation using neural networks (Case study: pharmaceutical market in Iran), *Quarterly Journal of Business Management*, 2(6): 1– 20. (*in Persian*)

Albadavi, A., Noroozi, A., Sepehri, M. M. & Nasri, A. (2014). An Integrated Pareto/NBD- fuzzy weighted RFM model for customer segmentation in non-contractual setting, *Quarterly Journal of Business Management*, 6(3): 417– 440. (*in Persian*)

Asfidany, M. R., Mahmoudi, M., Kimasy, M., Mohammadi, H. & Parsafrd, M. (2014). Retail banking market segmentation based on the expected benefits of Bank Mellat customers, *Quarterly Journal of Business Management*, 6(2): 227– 250. (*in Persian*)

Baradaran, V. & Biglari, M. (2014). Customer segmentation in fast moving consumer goods (FMCG) industries by using developed RFM model in Golestan province, *Quarterly Journal of Business Management*, In Press. (*in Persian*)

Biggadike, E. R. (1981). The contributions of marketing to strategic management, *Academy of Management Review*, 6: 621– 632.

Brusco, M. J., Cradit, D. & Stahl, S. (2002). A simulated annealing heuristic for a bicriterion partitioning problem in market segmentation, *Journal of Marketing Research*, 34(1): 99- 109.

DeSarbo, W. S. & Grisaffe, D. (1998). Combinatorial optimization approaches to constrained market segmentation: An application to industrial market segmentation, *Marketing Letters*, 9(2): 115- 134.

Dibb, S. (1995). Developing a decision tool for identifying operational and attractive segments, *Journal of Strategic Marketing*, 3(3): 189– 203.

Dibb, S. (1999). Criteria guiding segmentation implementation: Reviewing the evidence, *Journal of Strategic Marketing*, 7(2): 107– 129.

Hossein Zadeh shahri, M. & Karami, M. (2014). Segmentation of customers based on food related lifestyle scale at chain restaurants (Case study: Boof fast food chain restaurants in Tehran), *Quarterly Journal of Business Management*, In Press. (*in Persian*)

Hung, C. & Tsai, C. F. (2008). Market segmentation based on hierarchical selforganizing map for markets of multimedia on demand, *Expert Systems with Applications*, 34(1): 780– 787.

Kleinberg, J. (2002). An impossibility theorem for clustering, *Proceedings of the 15th Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS)*, Vancouver, Canada: 446- 453.

Morovati Sharif Abadi, A. (2014). Clustering bank's customers using artificial neural networks, *Quarterly Journal of Business Management*, 6(1): 187– 206. (*in Persian*)

Mortazavi, S., Aseman Dareh, Y., Najafi Siahroodi, M. & Alawi, S. M. (2011). Benefit sought segmentation of mobile phone market, *Quarterly Journal of Business Management*, 3(8): 115– 132. (*in Persian*)

Myers, J. (1996). *Segmentation and positioning for strategic marketing decisions*, South-Western Educational Publishing, Chicago.

Wedel, M. & Kamakura, W. (2000). *Market segmentation: Conceptual and methodological foundations*, Kluwer Academic Publishing, Norwell, MA.

Wind, Y. (1978). Issues and advances in segmentation research, *Journal of Marketing Research*, 15(3): 317- 337.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی