مدیریت فناوری اطلاعات
Journal of Information Technology Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۸، شمارهٔ ۴
زمستان ۱۳۹۵
صص. ۶۸۰- ۶۶۳

ارائهٔ مدلی برای بیشینه‌سازی سود بر مبنای تصمیمات طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا با رویکرد داده‌کاوی

منوچهر انصاری[۱]، علی حیدری[۲]، علی ستاره گوران‌آباد[۳]

چکیده: برای خرده‌فروشان، انتخاب چند محصول از بین محصولات متنوع و گسترده و مقدار فضایی که باید به آنها اختصاص داده شود، از تصمیم‌های بسیار مهم است. هدف از این پژوهش، به‌کارگیری رویکرد داده‌کاوی برای یافتن روابط بین محصولات از حجم بسیار زیاد تراکنش‌های مالی فروش، طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا به هر طبقه از آنهاست. به این ترتیب، می‌توان مدلی برای طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا ارائه کرد. جامعهٔ آماری پژوهش را داده‌های فروش فروشگاهی به نام شقایق در شهر ارومیه شکل می‌دهد. نمونهٔ پژوهش نیز داده‌های یک‌ماههٔ فروش در سری زمانی داده‌های فروش است. این داده‌ها در آبان سال ۱۳۹۴ از فروشگاه یادشده به‌دست آمدند. ۵۲۵ سبد خرید یا تراکنش با در نظر گرفتن ۷۹ نوع محصول بررسی شدند. در نتیجهٔ تحلیل این داده‌ها، محصولات در ۱۰ طبقهٔ مختلف دسته‌بندی شدند که برخی از محصولات در بیش از یک طبقه جای گرفتند. با حل تابع سود و به‌دست‌آمدن ضرایب افزایش حجمی، فضایی به طبقه‌بندی محصولات اختصاص یافت.

واژه‌های کلیدی: *بیشینه‌سازی سود، تخصیص فضا، داده‌کاوی، طبقه‌بندی محصول.*

۱. استاد گروه MBA، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. استاد گروه MBA، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. کارشناس‌ارشد MBA، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵
نویسندهٔ مسئول مقاله: علی ستاره گوران‌آباد
E-mail: ali.setareh@ut.ac.ir

مقدمه

تصمیم‌گیری دربارهٔ اینکه خرده‌فروشان از بین تعداد زیاد محصولات در بازار رقابتی، چه محصولاتی را انتخاب کنند و به هر یک چه مقدار فضا از قفسه‌هایشان اختصاص دهند، از تصمیم‌های عمده و محوری خرده‌فروشان است. با توجه به محدودیت فضای قفسه‌ها و تنوع محصولات، خرده‌فروشان انگیزهٔ زیادی برای استفاده از ابزارهای بهینه‌سازی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مدیریت قفسه‌ها دارند (ایریون، لو، الخیال و تساو، ۲۰۱۲). بهره‌نبردن از ابزارها و روش‌های مناسب برای شناخت نیازها و انتظارهای مشتریان، سبب هدررفتن منابع و نیز، روی‌گردانی مشتریان از سازمان خواهد شد (حسینی، بحرینی‌زاده و ضیایی، ۱۳۹۱). امروزه در پایگاه داده‌های هر فروشگاه، اطلاعات بسیاری از تراکنش‌های خرید مشتریان، وجود دارد که از طریق سیستم‌هایی مانند نقطهٔ فروش[1] ذخیره می‌شوند. این داده‌ها امتیاز کلیدی هستند و استفاده از آنها به فروشگاه‌ها در رقابت کمک می‌کند. در پایگاه داده‌های بسیار بزرگ، به‌کارگیری داده‌کاوی و کشف اطلاعات از حجم عظیم داده‌ها، بسیار کارآمد است. البته تنها با استفاده از این سیستم‌ها مزیت رقابتی ایجاد نمی‌شود، بلکه نحوهٔ کسب اطلاعات از این داده‌هاست که می‌تواند مزیت رقابتی ایجاد کند (بریجس، گوتالز، سوینن، وانهوف و وتس، ۲۰۰۰). در این پژوهش با به‌کارگیری داده‌کاوی و استفاده از کاوش قواعد وابستگی، به بررسی اطلاعات پایگاه داده‌های تراکنش فروش پرداخته می‌شود و از طریق این اطلاعات، تصمیم‌های طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا به‌شکلی صورت می‌پذیرد که سود فروشگاه بیشینه شود. داده‌ها از اطلاعات فروش یک‌ماههٔ فروشگاه شقایق در آبان سال ۱۳۹۴ جمع‌آوری و داده‌کاوی شده است.

رشد انفجاری داده‌ها، خرده‌فروشان را در کسب اطلاعات مفید با مشکل مواجه کرده است؛ چرا که روش‌های سنتی تحلیل داده‌ها در برابر این تعداد داده، اثربخشی لازم را ندارند. بنابراین، کشف اطلاعات پایگاه‌های داده‌ای اهمیت ویژه‌ای یافته است (بریجس، سوینن، وانهوف و وتس، ۱۹۹۹).

«آمیختهٔ بازاریابی» چهار بخش قیمت، محصول، محل و ترویج فروش را دربرمی‌گیرد که به اختصار 4p نامیده می‌شود. پژوهش پیش رو از بخش «محل»[2] وارد آمیختهٔ بازاریابی می‌شود و در زمینهٔ قفسه‌های فروشگاه و مدیریت آنها مدلی ارائه می‌دهد.

یکی از کارهای مهم برای بهبود عملیات فروشگاه و افزایش سودآوری آن را می‌توان توجه به مدیریت قفسه‌ها دانست. مدیریت فروشگاه مسئلهٔ گسترده‌ای است که جنبه‌های موضوعی

---

1. POS
2. Place

مختلفی دارد. دو نمونه از جنبه‌های مهم مدیریت قفسه‌ها، طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا به قفسه‌هاست. بنابراین، پژوهش پیش رو در صدد آن است مدلی ارائه دهد که سود خرده‌فروشی را با توجه همزمان به هر دو متغیر، افزایش دهد.

حریقه، الاحمری و محمد در سال ۲۰۰۷، مسئلهٔ طبقه‌بندی محصول را با تعریف استفادهٔ بهینه از قفسه‌ها برای ارائهٔ طبقه‌بندی کاملی از محصولات مطابق سلیقهٔ خریداران مطرح کردند. به بیان دیگر، این مسئله به تعیین تنوعی از محصولات برای نمایش در قفسه‌ها برمی‌گردد که ارزش بیشتری برای مشتریان دارد و سودآوری کلی فروشگاه را افزایش می‌دهد.

تخصیص فضای قفسه‌ها نیز فرایندی است که طی آن، در قفسه‌های خرده‌فروشی فضایی به طبقه‌بندی محصولات اختصاص داده می‌شود و مانع خالی‌شدن ناگهانی قفسه‌ها، تمام‌شدن یا در دسترس‌نبودن محصول می‌شود (چن و لین، ۲۰۰۷). مدیریت کارآمد برای فضای قفسه، ضمن کاهش هزینه‌های نمایش و انبار، به رضایتمندی بیشتر مشتریان نیز منجر می‌شود.

بازارها و فروش‌های جدید به راهبردهای جدیدی نیاز دارند که برای تعیین آنها باید پارامترها و عوامل خاص مؤثر بر این حرکت را شناخت و رفتار درست با آنها را انتخاب کرد. از میان این عوامل، «رفتار مشتریان و آنچه در انتخاب مشتریان تأثیرگذار است» اهمیت زیادی دارد؛ چرا که هدف نهایی از تولید و فروش محصولات جدید را می‌توان کسب رضایت مشتریان برای ماندگاری در بازار و تداوم سودآوری دانست (عزیزی، قره‌چه، توانگر و جمالی کاپک، ۱۳۹۲).

بیان مسئله

از دیرباز، مصرف‌کنندگان اغلب نیازهای مصرفی خود را از خرده‌فروشی‌ها تأمین می‌کردند. خرده‌فروشان نیز برای ادامهٔ کار، با گذشت زمان، خودشان را با نیازهای مشتریان تطبیق داده‌اند. در عصر حاضر، به‌دلیل پیشرفت‌های تکنولوژیکی، محصولات در زمان کوتاه‌تری طراحی و عرضه می‌شوند تا بتوانند نیازهای مشتریان را که دائم در حال تغییر است، برآورده کنند. به همین دلیل، خرده‌فروشان برای جذب و نگهداری مشتریان به‌شدت در رقابت‌اند و با بهبود مستمر فعالیت‌های عملیاتی خود تلاش می‌کنند جایگاهشان را تثبیت کنند (یوجل، کاراسمن، سالمان و تورکای، ۲۰۰۹). مدیریت زنجیرهٔ تأمین یکی از قدرتمندترین پارادایم‌های عملیاتی برای بهبود مزیت رقابتی سازمان‌های تولیدی و خدماتی محسوب می‌شود. با روند کنونی، دیگر امروزه سازمان‌ها مهم نیستند، بلکه ارزش افزوده در زنجیرهٔ تأمین و مدیریت آن رخ می‌دهد (محمدی، صحراکار و یزدانی، ۱۳۹۰). از یک سو، فضایی که خرده‌فروشان در اختیار دارند، محدود است و از سوی دیگر، به‌طور مستمر محصولات جدید و متنوعی معرفی و عرضه می‌شود. بنابراین، خرده‌فروشان برای تصمیم‌گیری بهینه به ابزاری خاص نیاز دارند (ایریون و همکاران، ۲۰۱۲).

خرده‌فروشان باید بدانند که چه چیزی را بفروشند (طبقه‌بندی محصول) و چه مقدار فضا به آن اختصاص دهند (تخصیص فضا) (بورین و فاریس، ۱۹۹۵؛ بورین، فاریس و فریلند، ۱۹۹۴).

در این پژوهش دو عامل مهم عملیاتی، یعنی طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا، به‌عنوان متغیرهای عملیاتی عمده و تأثیرگذار بر سودآوری به‌کار گرفته می‌شوند. هدف این پژوهش ارائهٔ مدلی است که از داده‌ها برای بیشینه‌کردن سود فروشگاه بهره گیرد. مدل پژوهش ضمن درک قواعد وابستگی موجود در داده‌ها، باید بتواند با توجه به طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا، به بهینه‌سازی سود کمک کند. این هدف را می‌توان به صورت اهداف زیر دسته‌بندی کرد:

- کشف قواعد وابستگی موجود در داده‌های تراکنش فروش برای محصولات؛
- مدل‌سازی ریاضی برای سود و حل آن مدل؛
- تخصیص فضا در قفسه‌ها به به طبقه‌های محصول.

سؤال‌های پژوهش به شرح تدوین شده‌اند:

- مدل مناسب برای بیشینه‌کردن سود فروشگاه‌های زنجیره‌ای با توجه همزمان به طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا کدام است؟
- قواعد وابستگی میان محصولات چه طبقه‌هایی را شکل می‌دهند؟
- حاشیهٔ سود طبقات چه مقدار است؟
- چه فضایی به طبقات مدل تخصیص داده می‌شود؟

پیشینهٔ تجربی پژوهش

در پژوهش حریقه و همکارانش (۲۰۰۷) نوعی بهینه‌سازی برای تعیین طبقه‌بندی محصول، پرکردن انبار و تصمیم‌های تخصیص فضا و محل نمایش ارائه شده است که همزمان سود خرده‌فروشی، محل نمایش آنها در فروشگاه، تعداد سفارش‌ها و ظرفیت انبار پشتی را بیشینه می‌کند. مدل توسعه‌یافتهٔ این پژوهش، نوعی برنامهٔ غیرخطی پیچیدهٔ عدد صحیح است که توسط LINGO حل می‌شود.

کاتسیفو، سیفرت و تانکرت (۲۰۱۴) معتقدند که برای موفقیت تجاری خرده‌فروشان سه متغیر طبقه‌بندی محصول، سطح انبار (فضای قفسه) و قیمت محصولات اهمیت دارد. آنها مدلی با فرایند اکتشافی ارائه کردند تا تعاملات بین این سه متغیر را در حالت محدودبودن فضای قفسه بررسی کند. آزمون مدل با مثال‌های عددی، نشان می‌دهد نتایج مدل قابل قبول است و با افزایش تعداد محصولات، دقت مدل افزایش می‌یابد.

مدل ارائه‌شده بریجس و همکارانش در سال ۱۹۹۹، ضعف مهمی داشت و نمی‌توانست به‌خوبی با داده‌های سوپرمارکت‌ها عمل کند و هیچ مقرراتی برای واردکردن اصول مدیریت قفسه

نداشت؛ از این رو آنان برای مدل قبلی تعمیم مهمی انجام دادند تا آن را کارآمد کنند. آزمایش‌ها حاکی از نتایج بسیار رضایت‌بخشی برای مدل تعمیم‌یافته از مدل PROFSET بود. محققان در مطالعهٔ جدید، ۱۸۱۸۲ سبد را طی یک ماه در نقطهٔ فروش بررسی کردند و در پایان برای ۹۹۶۵ محصول، ۲۸۱ طبقه ارائه دادند (بریجس و همکاران، ۲۰۰۰).

قضاوی و لطفی (۲۰۱۶) بر این باورند که رفتار خرید مشتریان به عوامل درون‌فروشگاهی مرتبط با مدیریت فضای قفسه وابسته است و مدیران خرده‌فروشی برای رسیدن به پاسخ مناسب برای مسئلهٔ تخصیص فضای قفسه، باید به عوامل درون‌فروشگاهی توجه کنند. آنها در پژوهش خود از الگوریتم ژنتیک و هایپر ژنتیک الگوریتم، به‌عنوان دو روش که از هوش مصنوعی بهره می‌برد، استفاده کردند. نتایج تجربی بیان‌کنندهٔ عملکرد مناسب الگوریتم ژنتیک هایپر از نظر زمان محاسبه و کیفیت پاسخ است. یافته‌های آنان می‌تواند نوعی ابزار تخصصی برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران خرده‌فروشی باشد.

چن و لین (۲۰۰۷) از نوعی رویکرد داده‌کاوی برای تصمیم‌گیری دربارهٔ محصولاتی که باید انتخاب شوند، مقدار فضایی که باید به هر یک اختصاص یابد و محل نمایش محصولات استفاده کردند. قواعد وابستگی برای حل بهتر مسئلهٔ طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضای قفسه‌ها به‌کار می‌روند. این محققان برای فرمول‌بندی مدل ریاضی ارائه‌شده و طبقه‌بندی محصول، به‌جای کشش فضایی، از قواعد وابستگی بهره برده‌اند.

مدل مفهومی

در این مبحث، به معرفی مدل پژوهش پرداخته می‌شود. این پژوهش نوعی رویکرد داده‌کاوی را به‌منظور تصمیم‌گیری دربارهٔ اینکه چه محصولاتی در معرض نمایش قرار گیرند و چه مقدار فضا به آنها اختصاص یابد، توسعه می‌دهد. برای این کار از مدل ارائه‌شدهٔ چن و لین (۲۰۰۷) استفاده شده است. آنها برای طبقه‌بندی محصولات فقط عرض محصولات را لحاظ کردند و به طول (عمق) و ارتفاع آنها توجه نکردند. در این پژوهش محققان دو پارامتر یادشده را نیز در مدل لحاظ کردند. همچنین، در کنار مدل چن و لین، برای طبقه‌بندی محصول از مدل بریجس و همکارانش استفاده شده است. در این پژوهش محصولات فاسدشدنی و غیرقابل نگهداری برای مدت طولانی، در تابع سود تأثیر داده شده است.

روند پیشنهادی مدیریت فضای قفسه‌ها با کاوش قواعد وابستگی از داده‌های مربوط به تراکنش‌ها شروع می‌شود تا روابط بین محصولات به‌دست آید؛ سپس نوبت به طبقه‌بندی محصول می‌رسد. با ترکیب مدل‌های مختلف بریجس و همکاران (۱۹۹۹ و ۲۰۰۰) و مدل چن و لین (۲۰۰۷) و افزودن پارامترها و شرایط جدید، مدل نوین این پژوهش با رویکردی در قالب

شکل ۱ ارائه می‌شود. برای طبقه‌بندی محصولات و تخصیص فضا به آنها، به‌منظور بیشینه‌سازی سود، سه گام مطابق شکل ۱ طی شده است.

شکل ۱. گام‌های مدل پژوهش

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی است. از نظر روش گردآوری داده‌ها، در دستهٔ پژوهش‌های آرشیوی قرار دارد و از نظر روش تحلیل، پژوهش تحلیلی است. ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای و اینترنتی، داده‌های لازم دربارهٔ موضوع گردآوری شد و در گام بعد، با ارائهٔ مدل و به‌کارگیری داده‌کاوی، در کنار استخراج قواعد وابستگی، مدل مد نظر تکمیل شد.

جامعهٔ هدف این پژوهش داده‌های فروشِ یکی از فروشگاه‌های ارومیه است که این اطلاعات در پایگاه داده‌های فروشگاه ثبت شده‌اند. در بحث نمونهٔ آماری نیز، داده‌های فروش به دورهٔ زمانی یک‌ماهه (آبان سال ۱۳۹۴) اختصاص دارد که در واقع، از یک‌سری زمانی از داده‌ها انتخاب شده‌اند.

آماده‌سازی داده‌ها و آمار توصیفی

ابتدا داده‌های تراکنش فروش وارد نرم‌افزار SPSS شدند، خروجی این نرم‌افزار برای داده‌کاوی استفاده می‌شود. متغیرها شامل شمارهٔ سبد، نام و تعداد محصولات است. افزون‌بر این، باید قیمت و ابعاد محصول نیز برای ادامهٔ مدل ثبت شوند. در ادامه، داده‌ها تحلیل‌شده و محصولات

پرفروش انتخاب می‌شوند که ضریب پشتیبانی ۱۲درصدی برای آنها در نظر گرفته شده است؛ یعنی باید دست‌کم در ۱۲ درصد از تراکنش‌ها موجود باشند. این محصولات همان نمایندگان طبقه‌های مختلف‌اند. در گام بعد، برای تحلیل، داده‌ها به نرم‌افزار کلمنتاین سپرده می‌شوند و کاوش قواعد وابستگی محاسباتی روی داده‌ها به اجرا درمی‌آید، به این ترتیب ارتباط بین نمایندهٔ دسته‌ها با محصولات دیگر مشخص می‌شود.

کاوش قواعد وابستگی و طبقه‌بندی محصولات

داده‌کاوی ابزار مهمی برای استفادهٔ سودمند از داده‌ها به‌شمار می‌رود و یکی از فناوری‌های مهم برای بهره‌برداری مؤثر و دقیق از داده‌های حجیم است (رادفر، نظافتی و یوسفی، ۱۳۹۳). داده‌کاوی به استخراج الگوهای جالب از بین تعداد زیادی داده می‌پردازد که در خود دانش نهفته‌ای دارند تا از دانش داده‌های جمع‌آوری‌شده استفاده شود. کاوش قواعد وابستگی و کاوش همبستگی داده‌ها، مهم‌ترین مباحث و روش‌های رایج در داده‌کاوی به‌شمار می‌روند (هاشم و همکاران، ۲۰۱۴) که در این پژوهش از کاوش قواعد وابستگی استفاده شده است.

شایان ذکر اینکه برای داده‌کاوی و کشف قواعد وابستگی، از نرم‌افزار کلمنتاین استفاده شده است. استفاده از داده‌کاوی هم از نظر زمانی و هم از نظر دقت موجب می‌شود نتایج بسیار بهتری نسبت به مدل‌هایی که از کشش‌های فضایی بهره می‌برند، حاصل شود. دو ضریب در داده‌کاوی تعیین شدند که دربردارندهٔ مفاهیم زیر هستند:

الف) ضریب پشتیبانی (s): قاعدهٔ وابستگی $X \Rightarrow Y$ دارای ضریب پشتیبانی s است؛ اگر s درصد از تراکنش‌های T شامل $X \cup Y$ باشند.

$$Supp(X) = \frac{|\{t|t \in D\ , X \subset t\}|}{|D|}$$ رابطهٔ ۱)

که در این رابطه؛ $|\{t|t \in D\ , X \subset t\}|$ تعداد تراکنش‌های شامل X و نماد $|D|$: معرف تعداد کل تراکنش‌هاست.

ب) ضریب اطمینان (c): قاعدهٔ وابستگی $X \Rightarrow Y$ با ضریب اطمینان c درصد در تراکنش T رخ می‌دهد؛ اگر c درصد از تراکنش‌های T که شامل X هستند شامل Y نیز باشند.

برای اینکه بتوانیم در مدیریت فضای قفسه‌ها قواعد وابستگی را از داده‌های تراکنش فروشگاه استخراج کنیم، از نمودار شبکه‌ای بر مبنای قواعد وابستگی استفاده می‌کنیم تا ارتباطات محصولات استخراج شوند. با توجه به حجم فروش طبقه‌های به‌دست‌آمده و وابستگی میان آنها،

۷ طبقه در ۳ طبقهٔ جدید ادغام شدند؛ بدین ترتیب ۹ طبقه به‌دست می‌آید که با در نظر گرفتن یک طبقهٔ مستقل، تعداد کل آنها به ۱۰ طبقه می‌رسد.

برآورد حاشیهٔ سود در طبقه‌بندی محصول

در گام دوم، هدف کسب سود برای هر طبقه است. برای این کار از مدل‌هایی که بریجس و همکارانش در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ ارائه کرده‌اند، استفاده می‌شود، بنابراین تابع سود هر تراکنش از رابطهٔ ۲ به‌دست می‌آید.

$$M_x = (SP_i - SP_i) \times f_i$$ رابطهٔ ۲)

T_j یک تراکنش فروش در زمان j؛ SP_i : قیمت فروش محصول i؛ PP_i قیمت خرید محصول i؛ f_i تعداد دفعاتی که محصول i در تراکنش T_j فروخته شده است.

بدین ترتیب سود هر طبقه محاسبه می‌شود، حال باید این سود بهینه‌سازی شود.

تخصیص فضای قفسه‌ها به طبقه‌های محصول با تأثیر دادن سودآوری

مسئلهٔ تخصیص فضا، سود کل را برای تمام محصولات بیشینه می‌کند، برای این کار ابتدا نمادها تعریف شده‌اند:

IFI_i: مجموعهٔ محصولات در مجموعهٔ طبقهٔ iام؛

M_{iX}: حاشیهٔ سود برآوردشده برای طبقهٔ iام.

c_{jk}: هزینه‌های انبار و نگهداری آیتم j در طبقهٔ kام.

s_{jk}: هزینهٔ انباشته واحد مربوط به نگهداری مواد فاسدشدنی آیتم j در طبقهٔ kام.

f_{jk}: عرض نمایشی برای محصول j در طبقهٔ kام.

h_{jk}: ارتفاع محصول برای محصول j در طبقهٔ kام.

d_{jk}: طول (عمق) محصول برای محصول j در طبقهٔ kام.

q_{jk}: کمترین مقدار برای محصول j در طبقهٔ kام.

SF_k: کل عرض اختصاص‌یافته به ردهٔ kام.

SH_k: کل مساحت اختصاص‌یافته به ردهٔ امkام.

SD_k: کل حجم اختصاص‌یافته به ردهٔ kام.

N_k: حداقل محصول انتخاب‌شده برای نمایش در طبقه.

M_k: حداکثر ضریب محصولات انتخاب‌شده برای نمایش در طبقه.

متغیرهای تصمیم نیز عبارت‌اند از:

p_i: اگر هر یک از محصول‌های طبقهٔ IFI_i انتخاب شود ۱ و در غیر این صورت صفر.

e_{jk}: اگر محصول شمارهٔ jام در طبقهٔ kام انتخاب شود ۱ و در غیر این صورت صفر.

v_{jk}: اگر محصول شمارهٔ i انتخاب‌شده در طبقهٔ kام جزء مواد فاسدشدنی باشد ۱ و اگر محصول شمارهٔ i انتخاب‌شده در ردهٔ kام جزء مواد فاسدشدنی باشد صفر.

شایان ذکر اینکه، محصولات از نظر زمان فاسدشدن به دو گروه فاسدشدنی و فاسدنشدنی دسته‌بندی شده‌اند.

در نهایت، مدل ریاضی به شکل زیر نوشته می‌شود:

مدل ۱)

$$Maximize: \sum_i M_{iX} \times p_i - \sum_k \sum_j c_{jk} \times e_{jk} - \sum_k \sum_j s_{jk} \times v_{jk}$$

$$s.t.: \quad \sum_{j \in IC_k} e_{jk} \times q_{jk} \times f_{jk} \leq SF_k \forall k;$$

$$\sum_{j \in IC_k} e_{jk} \times q_{jk} \times f_{jk} \times d_{jk} \leq SH_k \forall k;$$

$$\sum_{j \in IC_k} e_{jk} \times q_{jk} \times d_{jk} \leq SD_k \forall k;$$

$$\sum_{j \in IC_k} e_{jk} \times q_{jk} \times f_{jk} \times h_{jk} \times d_{jk} \leq SD_k \forall k;$$

$$e_{jk} \geq p_i \forall k. \forall j. \forall i \in IFI_i;$$

$$M_k \geq \sum_j e_{jk} \geq N_k \forall k;$$

$$P_i \in \{0,1\} \qquad e_{jk} \in \{0,1\} \qquad v_{jk} \in \{0,1\}$$

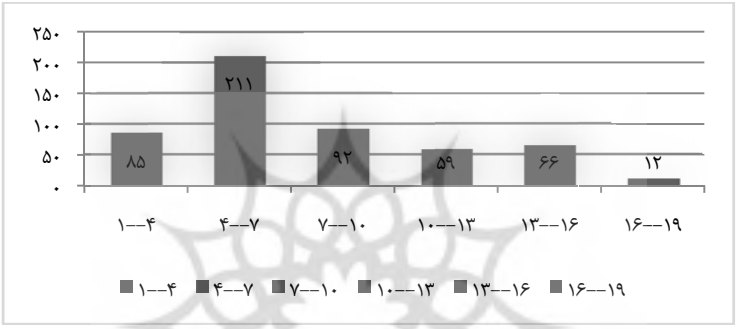
مدل ارائه‌شده، نوعی برنامهٔ عدد صحیح صفر و یک است. این مدل با به‌کارگیری نرم‌افزار WinQsb حل می‌شود و ضریب افزایش حجمی طبقه‌ها به‌دست می‌آید. حاشیهٔ سودهای محاسبه‌شده در مرحلهٔ قبلی برای طبقه‌ها، زیربنای تشکیل تابع هدف و بیشینه‌سازی این تابع است. با حل تابع هدف، ضرایب اختصاص‌یافته به طبقه‌ها در تعداد محصولات طبقه‌های شکل‌گرفتهٔ اولیه ضرب می‌شود و تعداد نهایی محصولات در هر طبقه به‌دست می‌آید.

یافته‌های پژوهش

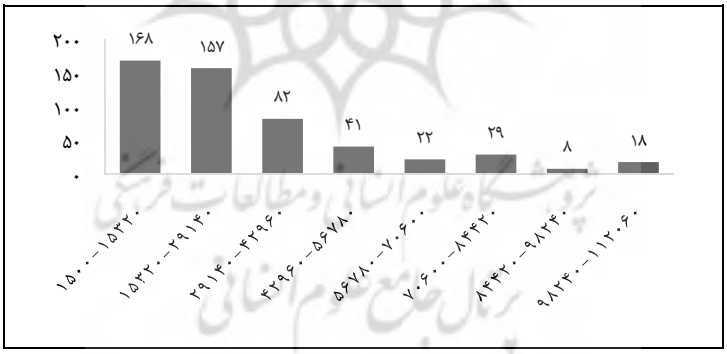
در این بخش به تحلیل توصیفی داده‌ها و نتایج مدل پرداخته می‌شود.

تحلیل توصیفی داده‌ها

طی این کار پژوهشی داده‌های ۷۹ نوع محصول در تراکنش‌های فروش بررسی شدند. برای تحلیل داده‌ها، ۵۳۸ تراکنش جمع‌آوری شد که از این تعداد، ۵۲۵ تراکنش و سبد خرید (۹۷/۶ درصد)، داده‌های درستی برای انجام تحلیل بودند. بزرگ‌ترین سبد شامل ۱۹ محصول و کوچک‌ترین آن دربردارندهٔ ۲ محصول است. شکل ۲ نمودار آماری اندازهٔ سبدهای خرید را نشان می‌دهد. در بین سبدهای خرید، بیشترین ارزش فروش ۱۱۲۰۶۰۰ ریال و کم‌ارزش‌ترین آن ۱۵۰۰۰ ریال بوده است. شکل ۳ نمودار آماری ارزش سبدهای خرید را نشان می‌دهد.



شکل ۲. اندازه سبدهای خرید



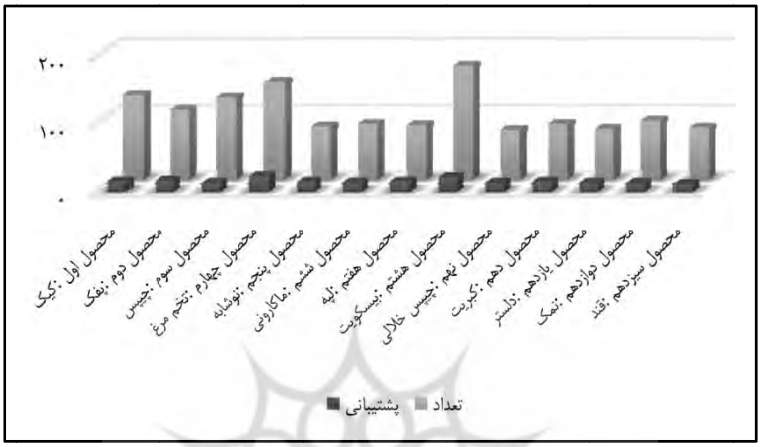
شکل ۳. ارزش سبدهای خرید (واحد تومان)

نتایج مدل‌سازی

واردکردن داده‌ها، تحلیل اولیه و آماده‌سازی داده‌ها

برای طبقه‌بندی محصولات از طریق داده‌کاوی، محصولاتی که ضریب پشتیبانی بیشتر از ۱۲ درصد داشتند، به‌عنوان محصولات پرفروش انتخاب شدند و هر یک از آنها نمایندهٔ یکی از

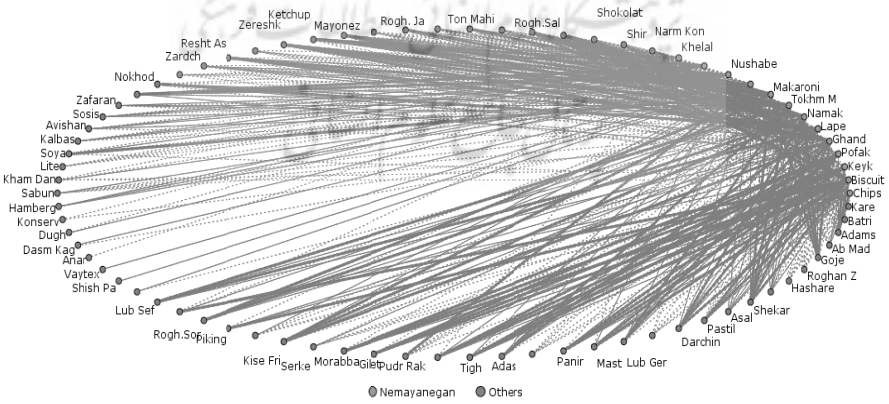
طبقات در نظر گرفته شد. ۱۲درصد از ۵۲۵ تراکنش فروش معادل ۶۳ تـراکنش اسـت، بنـابراین محصولاتی که در ۶۳ تراکنش یا بیشتر حضور داشتند، انتخاب شدند. شکل ۴ این محصـولات را نشان می‌دهد.



شکل ٤. نمایندهٔ طبقه‌ها

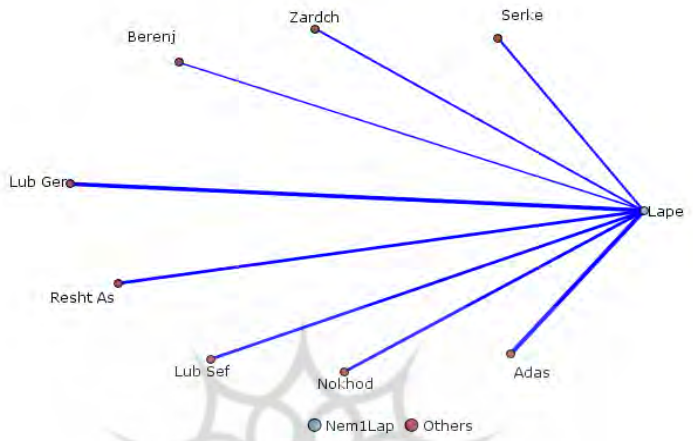
کاوش قواعد وابستگی و طبقه‌بندی محصولات

در شکل ۵ طبقه‌هایی که برای ۷۹ نوع محصول مختلف به‌دست آمد و همچنین روابط وابستگی بین همهٔ محصولات، نمایش داده شده است. با توجه به ضریب اطمینان دو محصول نسـبت بـه یکدیگر، محصولات باقی‌مانده به طبقه‌ها اختصاص می‌یابند.



شکل ۵. وابستگی‌های بین نمایندهٔ طبقه‌ها و سایر محصولات

تحلیل با همین نمودار برای تعیین و تشکیل طبقه‌ها انجام گرفت. به‌منظور درک بهتر، نمودار ساده‌شده‌ای از یک طبقه با حذف محصولات خارج از طبقه در شکل ۶ ارائه شده است.



شکل ٦. نمودار برای طبقهٔ حبوبات

در نهایت، باید این طبقه‌ها را در صورت نیاز ادغام یا تفکیک کرد. شکل ۷ طبقه‌های محصول و مجموع تعداد فروش محصولاتشان را نشان می‌دهد.

شکل ۷. سیزده طبقه محصول اولیه

با توجه به محصولات هر طبقه، میزان فروش و وابستگی‌های آنها، ۷ طبقه ادغام می‌شوند.

- ادغام طبقات محصولات ۵ و ۹ و ۱۱: یک طبقه با ۷۳۷ واحد فروش؛
- ادغام طبقات محصولات ۱ و ۳: یک طبقه با ۷۹۷ واحد فروش؛
- ادغام طبقات محصولات ۲ و ۸: یک طبقه با ۱۳۷۷ واحد فروش.

با این کار تعداد طبقه‌ها به ۹ طبقه می‌رسد. با تکمیل ۹ طبقه، تعدادی از محصولات به‌دلیل ضریب اطمینان کم و نداشتن وابستگی کافی با نمایندهٔ طبقه‌ها، در هیچ یک از طبقه‌ها قرار نگرفتند. بنابراین، این محصولات در یک طبقهٔ مستقل ادغام شدند، این طبقه همان محصولات افزوده هستند که عبارت‌اند از: باتری قلمی، بیکینگ‌پودر، چسب مایع، حشره‌کش، خامه، دستمال توالت، روغن زیتون، کره و نواربهداشتی. در نهایت، تعداد ۱۰ طبقه محصول شکل گرفت که نتیجهٔ کار به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱. طبقات نهایی محصول

طبقهٔ ۳: شیرینی نمایندهٔ طبقه: محصول ۱ و ۳ تعداد محصولات طبقه: ۱۰	طبقهٔ ۶: مکمل غذا نمایندهٔ طبقه: محصول ۶ تعداد محصولات طبقه: ۱۱
طبقهٔ ۱۰: تنقلات نمایندهٔ طبقه: محصول ۲ و ۸ تعداد محصولات طبقه: ۱۵	طبقهٔ ۱: حبوبات نمایندهٔ طبقه: محصول ۷ تعداد محصولات طبقه: ۹
طبقهٔ ۵: پروتئینی نمایندهٔ طبقه: محصول ۴ تعداد محصولات طبقه: ۱۱	طبقهٔ ۲: خشکبار نمایندهٔ طبقه: محصول ۱۳ تعداد محصولات طبقه: ۹
طبقهٔ ۷: بهداشتی نمایندهٔ طبقه: محصول ۱۰ تعداد محصولات طبقه: ۱۶	طبقهٔ ۸: چاشنی نمایندهٔ طبقه: محصول ۱۲ تعداد محصولات طبقه: ۱۲
طبقهٔ ۴: متفرقه نمایندهٔ طبقه: محصول ۱۴ تعداد محصولات طبقه: ۹	طبقهٔ ۹: فست فود نمایندهٔ طبقه: محصول ۵ و ۹ و ۱۱ تعداد محصولات طبقه: ۱۴

برآورد حاشیهٔ سود طبقه‌های محصول

در هر طبقه تعداد مختلفی محصول وجود دارد و با توجه به آن، برای هر طبقه حاشیهٔ سودی به‌دست آمده است که جدول ۲ این مقادیر را نشان می‌دهد. شایان ذکر است که هزینهٔ عملیاتی به ازای واحد کالا با در نظرگرفتن هزینه‌های عملیاتی یک ماه و متناسب با ابعاد، حجم و تعداد فروش برای هر محصول به‌دست آمده است.

جدول ۲. اطلاعات حاشیهٔ سود بر حسب ریال برای طبقات مختلف محصول

طبقه	سود (ریال)	فروش (ریال)	حاشیهٔ سود
طبقهٔ ۱ حبوبات	۶۳۲۶۴۷	۲۴۳۴۷۰۰	۲۵/۹۸ درصد
طبقهٔ ۲ خشکبار	۲۰۱۳۶۷	۷۹۱۵۰۰	۲۵/۴۴ درصد
طبقهٔ ۳ شیرینی	۱۳۶۳۲۵	۷۴۵۵۰۰	۱۸/۲۸ درصد
طبقهٔ ۴ متفرقه	۱۹۷۹۷۰	۸۳۹۰۰۰	۲۳/۶۰ درصد
طبقهٔ ۵ پروتئینی	۶۳۲۴۳۲	۲۵۶۲۵۰۰	۲۴/۶۸ درصد
طبقهٔ ۶ مکمل غذا	۳۸۶۰۱۲	۱۶۸۹۰۰۰	۲۲/۸۵ درصد
طبقهٔ ۷ بهداشتی	۴۹۹۹۱۴	۱۹۸۹۴۰۰	۲۵/۱۳ درصد
طبقهٔ ۸ چاشنی	۴۱۵۲۱۲	۱۶۶۳۹۰۰	۲۴/۹۵ درصد
طبقهٔ ۹ فست فود	۳۶۶۳۱۰	۲۰۵۷۰۰۰	۱۷/۸۱ درصد
طبقهٔ ۱۰ تنقلات	۲۷۷۱۲۱	۱۴۹۱۵۰۰	۱۸/۵۸ درصد

تخصیص فضای قفسه‌ها به طبقه‌ها

پیش از این سودهای هر ۱۰ طبقه به‌دست آمد، بنابراین تابع هدف به شکل زیر است:

$$Maximize = 63265x_1 + 20137x_2 + 13632x_3 + 19797x_4 + 63242x_5 + 38601x_6 + 49991x_7 + 41521x_8 + 36631x_9 + 27712x_{10}$$

$$S.t.$$

$$90x_1 + 29x_2 + 67x_3 + 37x_4 + 84x_5 + 74x_6 + 87x_7 + 62x_8 + 123x_9 + 115x_{10} \leq 27110$$

$$79x_1 + 26x_2 + 46x_3 + 32x_4 + 84x_5 + 59x_6 + 78x_7 + 44x_8 + 72x_9 + 83x_{10} \leq 5890$$

$$14/3x_1 + 8/3x_2 + 12/6x_3 + 7/8x_4 + 14/6x_5 + 14/2x_6 + 19/2x_7 + 12/8x_8 + 15/3x_9 + 18/2x_{10} \leq 1414$$

$$1 \leq x_i \leq 15$$

در این معادله سه محدودیت برای حجم، سطح و حداقل عرض طبقه‌ها لحاظ شده است، ضمن اینکه ضرایب x_i در حل مسئله، صحیح فرض‌شده و حداقل ۱ برای آنها در نظر گرفته شده است. این ضریب را ضریب افزایش حجمی می‌نامیم؛ به این معنا که حجم طبقه را بزرگ‌تر می‌کند. هر طبقه به‌طور حتم فضایی را به خود اختصاص می‌دهد. پس از وارد کردن تابع هدف به نرم‌افزار WinQsb، مقادیر ضرایب افزایش حجمی مطابق شکل ۸ به‌دست آمد.

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c[j]	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	15/0000	63،265/0000	948،975/0000	0	basic
2	X2	15/0000	20،137/0000	302،055/0000	0	basic
3	X3	1/0000	13،632/0000	13،632/0000	13،632/0000	at bound
4	X4	9/0000	19،797/0000	178،173/0000	0	basic
5	X5	15/0000	63،243/0000	948،645/0000	0	basic
6	X6	13/0000	38،601/0000	501،813/0000	0	basic
7	X7	14/0000	49،991/0000	699،874/0000	49،991/0000	at bound
8	X8	15/0000	41،521/0000	622،815/0000	0	basic
9	X9	1/0000	36،631/0000	36،631/0000	36،631/0000	at bound
10	X10	1/0000	27،712/0000	27،712/0000	27،712/0000	at bound
	Objective	Function	(Max.) =	4،280،325/0000		
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	C1	6،793/0000	<=	27،110/0000	20،317/0000	0
2	C2	5،888/0000	<=	5،890/0000	2/0000	0
3	C3	1،322/3000	<=	1،403/0000	80/6999	0

شکل ۸. مقادیر ضرایب افزایش حجمی توسط نرم‌افزار

مشاهده می‌شود که محدودیت دوم، یعنی محدودیت سطحی موجب رسیدن به جواب شده است و سمت چپ و راست نامعادله برابر است. برای محدودیت سوم نیز تقریباً سمت چپ و راست نامعادله برابر شده‌اند. برای ۴ طبقه محصول بیشترین ضریب (۱۵) و برای ۳ طبقه کمترین ضریب (۱) به‌دست می‌آید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش مدلی ارائه شد که توانست داده‌های فروش یک فروشگاه را که از طریق سیستم نقطهٔ فروش جمع‌آوری شده بود با توجه به قیمت و هزینه‌های محصولات، فسادپذیری و ابعاد آنها، از طریق داده‌کاوی داده‌ها طبقه‌بندی کند و فضای مناسبی به هر طبقه اختصاص دهد. مدل ارائه‌شده می‌تواند با توجه همزمان به هر دو متغیر مستقل پژوهش، سودآوری فروشگاه را افزایش دهد. نتایج نشان داد که طبقات محصول به‌درستی شکل گرفته‌اند و با توجه به پارامترهای عملیاتی مرتبط با فروش و هزینه، به‌گونه‌ای فضا به هر طبقه اختصاص داده شد تا سود فروشگاه بیشینه شود.

مدل ارائه‌شده در تمام خرده‌فروشی‌ها قابل استفاده است؛ در ضمن می‌توان با توجه به آن، برای مدیریت فضای انبار و سیستم ثبت سفارش‌ها، مدل‌هایی را توسعه داد. با توجه به

محدودیت‌های این کار پژوهشی، نظیر محدودبودن تعداد محصولات و سبدهای خرید، محدودیت زمانی جمع‌آوری داده‌ها و... می‌توان در آینده کارهای دیگری در راستای تکمیل مدل ارائه‌شده انجام داد.

داده‌کاوی به‌دلیل سادگی و قابلیت تحلیل تعداد زیاد داده نسبت به مدل‌های مبتنی بر کشش فضایی، نتایج دقیق‌تر و سریع‌تری ارائه می‌کند. بنابراین، مدل ارائه‌شده نسبت به مدل‌هایی نظیر مدل اندرسون و اماتو (۱۹۷۴) که با کشش، طبقه‌بندی محصول و تخصیص فضا انجام داده است یا کورشنز و دویل (۱۹۸۱ و ۱۹۸۳) بورین و فاریس (۱۹۹۴ و ۱۹۹۵)، زوفریدمن (۱۹۸۶) و هوانگ، چوی و لی (۲۰۰۵) که همگی از کشش فضا استفاده کرده‌اند، برتری دارد.

مدل در کنار طبقه‌بندی می‌تواند تخصیص فضا را نیز انجام دهد. مدل‌هایی مانند بریجس و همکاران (۱۹۹۹ و ۲۰۰۰) برای تخصیص فضا راهکاری ارائه نمی‌کنند. هانسن، رائوت و سوامی (۲۰۱۰) پس از حل کردن مسئلهٔ تخصیص فضا به سه روش مختلف، آنها را یکدیگر مقایسه کردند، اما محصولات را طبقه‌بندی نکردند. چن و لین (۲۰۰۷) نیز مدلی ارائه کردند که هم طبقه‌بندی و هم تخصیص فضا را انجام می‌دهد، اما مدل آنها ارتفاع محصولات را در نظر نمی‌گیرد و بین مواد فاسدشدنی و سایر محصولات تمایزی قائل نمی‌شود. مدل ارائه‌شده در این پژوهش، در مقایسه با آنها کارایی بیشتری دارد.

این پژوهش نیز با وجود دقت و کارایی مناسب، همچون پژوهش‌های دیگر با محدودیت‌هایی مواجه بود که عبارت‌اند از:

- داده‌های فروش تنها در دورهٔ زمانی یک‌ماهه جمع‌آوری شد؛
- فقط برای فضای داخلی فروشگاه و قفسه‌های آن تخصیص فضا صورت گرفت و به انبار فروشگاه توجهی نشد؛
- داده‌های مشتریان در دسترس نبود، به این معنا که تنها از داده‌های فروش استفاده شد و اطلاعاتی دربارهٔ اینکه کدام تراکنش به کدام مشتری تعلق دارد، وجود نداشت تا برای مشتریان مختلف پیشنهادها و خدمات شخصی‌سازی‌شده ارائه شود.

پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

- آزمون مدل را می‌توان در پژوهشی برای چند فاصلهٔ زمانی مختلف انجام داد و طی آن، تغییرات احتمالی در طبقه‌بندی محصول را با توجه به تغییرات زمانی بررسی کرد؛
- بررسی انبار و مدیریت انبارداری نیز می‌تواند در کنار مدیریت قفسه‌های داخلی فروشگاه به‌کار گرفته شود؛ چرا که مدیریت موجودی و انبارداری از جمله بخش‌هایی هستند که می‌توانند با کاهش هزینه‌ها، افزایش سودآوری را تسهیل کنند؛

- در نهایت، می‌توان در پژوهشی به بررسی داده‌های مرتبط با مشتریان فروشگاه‌ها پرداخت و الگوها و رفتارهای خرید متفاوت مشتریان را شناسایی کرد.

References

Anderson, E. E. & Amato, H. N. (1974). A mathematical model for simultaneously determine the optimal brand-collection and display area allocation. *Operations Research*, 22(1), 13–21.

Azizi, Sh., Qareche, M., Tavangar, M. H. & Jamali Kaapek, Sh. (2013). Identifying and Prioritizing the Key Factors Influencing Customer Decision Making in Buying Organizational Software (A survey about HAMKARAN Co.). *Quarterly Journal of Information technology management*, 5 (2): 117-134. (*in Persian*)

Borin, N. & Farris, P. W. (1995). A sensitivity analysis of retailer shelf management models. *Journal of Retailing*, 71(2), 153–171.

Borin, N., Farris, P. W. & Freeland, J. R. (1994). A model for determining retail product category assortment and shelf space allocation. *Decision Science*, 25(3), 359–384.

Brijs, T., Goethals, B., Swinnen, G., Vanhoof, K. & Wets, G. (2000). *A data mining framework for optimal product selection in retail supermarket data: the generalized PROFSET model.* In KDD-2000, Boston, MA, USA.

Brijs, T., Swinnen, G., Vanhoof, K. & Wets, G. (1999). *Using association rules for product assortment decisions: a case study.* In KDD-99, San Diego, CA, USA.

Chen M.C., Lin C. P. (2007). A data mining approach to product assortment and shelf space allocation. *Expert Systems with Applications*, 32(4), 976–986.

Corstjens, M. & Doyle, P. (1981). A model for optimizing retail space allocations. *Management Science*, 27(7), 822–833.

Corstjens, M. & Doyle, P. (1983). A dynamic model for strategically allocating retail space. *Journal of Operational Research Society*, 34(10), 943-951.

Ghazavi, E. & Lotfi, M. (2016). Formulation of customers' shopping path in shelf space planning: A simulation-optimization approach. *Expert Systems with Applications*, 55, 243-254.

Hansen, J.M., Raut, S. & Swami, S. (2010). Retail Shelf Allocation: A Comparative Analysis of Heuristic and Meta-Heuristic Approaches. *Journal of Retailing*, 86(1), 94–105.

Hariga, M.A., Al-Ahmari, A. & Mohamed, A.A. (2007). A joint optimization model for inventory replenishment, product assortment, shelf space and display area

allocation decisions. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 239–251.

Hashem, T., Ahmed, C., Samiullah, M., Akther, S., Jeong, B. & Jeon, S. (2014). An efficient approach for mining cross-level closed itemsets and minimal association rules using closed itemset lattices. *Expert Systems with Applications*, 41(6), 2914-2938.

Hosseini, S.Y., Bahreynizadeh, M. & Ziaei-Bideh, A. (2012). Importance-Performance Analysis of Service Attributes based on Customers Segmentation with a Data Mining Approach: A Study in the Mobile Telecommunication Market in Yazd Province. *Quarterly Journal of Information technology management*, 4 (13), 45-70. (*in Persian*)

Hwang, H., Choi, B. & Lee, M.J. (2005). A model for shelf space allocation and inventory control considering location and inventory level effects on demand. *International Journal of Production Economics*, 97(2), 185–195.

Irion, J., Lu, J.C., Al-Khayyal, F. & Tsao, Y.C. (2012). A piecewise linearization framework for retail shelf space management models. *European Journal of Operational Research*, 222(1), 122–136.

Katsifou, A., Seifert, R.W. & Tancrez J.S. (2014). Joint product assortment, inventory and price optimization to attract loyal and non-loyal customers. *Omega*, 46, 36–50.

Mohammadi, A., Sahrakar, M. &Yazdani, H.R. (2011). Investigating the Effects of Information Technology on the Capabilities and Performance of the Supply Chain of Dairy Companies in Fars Province: A Multiple Case Study. *Quarterly Journal of Information technology management*, 3 (8), 151-170. (*in Persian*)

Radfar, R., Nezafati, N. & Yousefi Asli, S. (2014). Classification of Internet banking customers using data mining algorithms. *Quarterly Journal of Information technology management*, 6 (1), 71-90. (*in Persian*)

Yücel, E., Karaesmen, F., Salman, F.S. & Türkay, M. (2009). Optimizing product assortment under customer-driven demand substitution. *European Journal of Operational Research*, 199(3), 759–768.

Zufryden, F. S. (1986). A dynamic programming approach for product selection and supermarket shelf-space allocation. *Journal of Operational Research Society*, 37(4), 413-422.