



Providing an Appropriate Model for Improving Multi-Criteria Inventory Classification Using SBM Model (Case Study: Pars Khazar Industrial Company)

Mohamad Rahim Ramzaniyan*

*Corresponding Author, Associate Prof., Department of Management, Faculty of Literature and Humanities, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: ramazannian@guilan.ac.ir

Keykhosro Yakideh

Assistant Prof., Department of Management, Faculty of Literature and Humanities, University of Guilan, Rasht Iran. E-mail: yakideh@guilan.ac.ir

Narjes Mohammadi Bazghaleh

MSc., Department of Management, Faculty of Literature and Humanities, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: manager@gmail.com

Abstract

Objective: In Workplaces, organizations need to balance warehouse inventory and maintenance costs. Therefore, inventory control is one of the major concerns of organizations. In many organizations, they use the ABC classification method for controlling a large volume of inventory. In the traditional ABC classification, items are categorized only by a single criterion; but considering other criteria is also essential, so in such cases, the multi-criteria inventory classification is used. The purpose of this study is to present a new model in multi-criteria inventory classification.

Methods: In this study, the data envelopment analysis method has been used to present an appropriate model for inventory classification. In the literature of Radial and non-radial models of data envelopment analysis have been used in inventory classification and the comparison of the results of the models indicates that non-radial models provide a more rational classification. Hence, other types of non-radial models have been proposed in this paper to improve inventory classification.

Results: the proposed method does not have the weakness of the radial models and improves the multi-criteria inventory classification using non-radial models.

Conclusion: 47 items of inventory related to a common numerical example in the literature as well as 80 items of inventory items of Pars Khazar industrial company have been used in order To implement the new models and compare them with existing models. The results of comparing the proposed model with the existing ones in the literature show the superiority of the proposed model.

Keywords: R model, RAM model, SBM model without input, Data Envelopment Analysis, Multi-criteria inventory classification.

Citation: Ramzaniyan, Mohamad Rahim; Yakideh, Keykhosro & Mohammadi Bazghaleh, Narjes (2020). Providing an Appropriate Model for Improving Multi-Criteria Inventory Classification Using SBM Model (Case Study: Pars Khazar Industrial Company). *Industrial Management Journal*, 12(3), 485-501. (in Persian)

ارائه مدلی مناسب جهت بهبود طبقه بندی چندمعیاره اقلام موجودی با استفاده از مدل SBM (مطالعه موردی: شرکت صنعتی پارس خزر)

محمد رحیم رمضانیان*

* نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: ramazannian@guilan.ac.ir

کیخسرو یاکیده

استادیار، گروه مدیریت، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: yakideh@guilan.ac.ir

نرجس محمدی بازقلعه

کارشناسی ارشد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: manager@gmail.com

چکیده

هدف: در محیط های کاری، سازمان ها نیازمند ایجاد تعادل بین موجودی انبار و هزینه های نگهداری می باشند. از این رو کنترل موجودی یکی از دغدغه های اصلی سازمان هاست. در بسیاری از سازمان ها از روش طبقه بندی ABC جهت کنترل حجم زیاد موجودی ها استفاده می کنند. در طبقه بندی ABC سنتی، اقلام تنها براساس یک معیار واحد دسته بندی می شوند اما توجه به معیارهای دیگر نیز ضروری است که در اینگونه موارد از طبقه بندی چندمعیاره اقلام موجودی استفاده می شود. هدف این پژوهش ارائه مدل جدید در طبقه بندی چندمعیاره اقلام موجودی است.

روش: در این پژوهش از روش تحلیل پوششی داده ها جهت ارائه مدلی مناسب برای طبقه بندی اقلام موجودی استفاده شده است. در ادبیات پژوهش از مدل های شعاعی و غیر شعاعی تحلیل پوششی داده ها برای طبقه بندی اقلام موجودی استفاده شده است که از مقایسه نتایج مدل ها نتیجه می شود مدل های غیرشعاعی طبقه بندی منطقی تری را ارائه می دهند. به همین دلیل در این مقاله انواع دیگر مدل های غیرشعاعی جهت بهبود طبقه بندی اقلام موجودی پیشنهاد شده است.

یافته ها: روش پیشنهاد شده ضعف مدل های شعاعی را ندارد و در راستای مدل های غیرشعاعی باعث بهبود طبقه بندی چندمعیاره اقلام موجودی شده است.

نتیجه گیری: جهت اجرای مدل های جدید و مقایسه آن ها با مدل های موجود از ۴۷ قلم از اقلام موجودی مربوط به یک مثال عددی مشترک موجود در ادبیات پژوهش و همچنین ۸۰ قلم از اقلام موجودی شرکت صنعتی پارس خزر استفاده شده است. نتایج مقایسه مدل پیشنهاد شده با مدل های موجود در ادبیات پژوهش، نشان دهنده برتری مدل پیشنهاد شده است.

کلیدواژه ها: مدل آر، مدل RAM، مدل SBM بدون ورودی، تحلیل پوششی داده ها، طبقه بندی چند معیاره اقلام موجودی

استناد: رمضانیان، محمد رحیم؛ یاکیده، کیخسرو؛ محمدی بازقلعه، نرجس (۱۳۹۹). ارائه مدلی مناسب جهت بهبود طبقه بندی چندمعیاره اقلام موجودی با استفاده از مدل SBM (مطالعه موردی: شرکت صنعتی پارس خزر). مدیریت صنعتی، ۱۲(۳)، ۴۸۵-۵۰۱.

مقدمه

موجودی انبار در فعالیت‌های اقتصادی اهمیت بسیاری دارد. اگر موجودی‌های انبار به صورت صحیح کنترل نشوند می‌تواند سبب ایجاد مشکلاتی در سیستم تولیدی شود. برای جلوگیری از بروز مشکلات و زیان‌های احتمالی، سازمان‌ها از تکنیک‌هایی برای کنترل موجودی استفاده می‌کنند. امروزه در محیط‌های کاری، سازمان‌ها نیازمند ایجاد تعادل بین موجودی انبار و هزینه‌های نگهداری می‌باشند تا بتوانند متناسب با نیاز مشتری و ایجاد تقاضا، از قدرت پاسخگویی مناسب برخوردار باشند. از این رو مدیریت و کنترل موجودی یکی از دغدغه‌های اصلی سازمان‌ها به شمار می‌آید. یکی از روش‌های کنترل موجودی، طبقه‌بندی موجودی‌ها و انتخاب مناسب‌ترین سیاست کنترل موجودی برای هر طبقه می‌باشد. یکی از روش‌های شناخته شده طبقه‌بندی موجودی، طبقه‌بندی ABC است (شریفی، ۱۳۹۵). تحلیل ABC یکی از کارآمدترین تکنیک‌هایی است که سازمان‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند. در طبقه‌بندی ABC سنتی، اقلام تنها بر اساس یک معیار واحد طبقه‌بندی می‌شوند. درحالی‌که در نظر گرفتن عوامل دیگری نیز برای طبقه‌بندی اقلام موجودی ضروری است. تجزیه و تحلیل ABC سنتی اقلام را بر اساس اصل پاره تو به ۳ دسته تقسیم می‌کند: A (بسیار مهم)، B (متوسط) و C (کم‌اهمیت). در این روش اقلام بر اساس معیار واحد ارزش مصرف سالانه طبقه‌بندی می‌شوند. تنها در نظر گرفتن یک معیار برای نشان دادن اهمیت یک آئتم منطقی نیست. در طبقه‌بندی ABC چند معیار علاوه بر معیار ارزش مصرف سالانه تعداد زیادی از معیارهای دیگر نیز وجود دارند که مهم می‌باشند. از جمله آن‌ها می‌توان به زمان انتظار، درجه بحرانی بودن، قابلیت جایگزینی، قابلیت دسترسی، هزینه موجودی، دوام و کمیابی اشاره نمود که در روش طبقه‌بندی ABC در نظر گرفته نشده‌اند (اشی زاکا و همکاران^۱، ۲۰۱۸). نیاز به تنوع اقلام موجودی با افزایش مشتریانی که خواهان محصولات هستند افزایش می‌یابد از طرفی همان‌طور که گفته شد در موارد بسیاری معیارهای دیگری نیز وجود دارند که در مقایسه با ارزش مصرف سالانه در تصمیم‌گیری یک‌قلم موجودی از اولویت بالاتری برخوردار می‌شوند؛ بنابراین در عمل واضح است که طبقه‌بندی سنتی ABC ممکن است نتواند یک طبقه‌بندی خوب از اقلام موجودی را فراهم کند (صفائی و همکاران، ۱۳۸۶). از این رو طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی مورد توجه محققان قرار گرفته است و مدل‌های جدیدی در این زمینه ارائه شده است. اخیراً روش‌های چندمعیاره طبقه‌بندی موجودی با استفاده از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده‌اند که منجر به طبقه‌بندی منطقی‌تری می‌شوند. تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است که برای اندازه‌گیری کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای همگن به کار می‌رود (رضانیان و همکاران، ۱۳۹۷). آر-مدل^۲ یک مدل بهینه‌یابی خطی وزن‌دار است که برای طبقه‌بندی اقلام موجودی استفاده شده است اما مشکل اساسی این مدل این است که اگر در یک معیار کم‌اهمیت دارای مقدار بالایی باشد آن قلم موجودی را به صورت نادرست در طبقه A قرار می‌دهد. همچنین آر مدل یک مدل^۳ DEA بدون ورودی است که بر اساس مدل مضر بی‌CCR^۴ ساخته شده است مدل CCR ساده‌ای

^۱. Ishizaka

^۲. R-Model

^۳. Data Envelopment Analysis

^۴. Charnes-Cooper-Rhodes

است که شعاعی عمل می‌کند (راماناتان^۱، ۲۰۰۶). می‌توان به جای CCR بدون ورودی مدل‌های جمعی و غیر شعاعی را بررسی نمود. با استفاده از بررسی پیشینه تحقیق در مورد شیوه‌های طبقه‌بندی چندمعیاره موجودی مبتنی بر مدل‌های مشابه DEA، مسئله پژوهش حاضر ارائه مدل‌های مناسب و مقایسه آن‌ها با روش‌های موجود جهت بهبود آن روش‌ها و طبقه‌بندی دقیق‌تر از اقلام است.

پیشینه پژوهش

برای برنامه‌ریزی موجودی‌ها لازم است کالاها بر اساس میزان ارزش و حجم آن‌ها دسته‌بندی گردد. به‌طور کلی کالاها را می‌توان به سه A، B، C تقسیم نمود. بررسی‌ها نشان داده است که معمولاً ۲۰ درصد اقلام موجودی، ۸۰-۷۰ درصد ارزش کل موجودی‌ها را تشکیل می‌دهند. این دسته کالاها را "دسته A" نامیده‌اند. دسته دوم کالاهایی هستند که در حدود ۳۰ درصد اقلام موجودی انبار را در بر گرفته و از نظر ارزش ۱۵ درصد کل موجودی‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. این دسته کالاها "دسته B" گویند و دسته سوم ۶۰-۵۰ درصد اقلام انبار را تشکیل داده و ۱۰-۵ درصد ارزش کل موجودی‌ها را به خود اختصاص داده است؛ و "دسته C" نام دارد. بیشترین توجه مدیریت مواد باید ابتدا، به دسته A معطوف باشد و طبقات بعدی از اولویت کمتری برخوردار هستند، به دلیل آنکه عدم کنترل دقیق صحیح اقلام دسته A، هزینه گزافی به دنبال خواهد داشت (متقی، ۱۳۹۱).

در مطالعات پیشین، طبقه‌بندی ABC به‌صورت دو روش تک معیاره و چندمعیاره ارائه شده است. تعداد کمی از محققان به طبقه‌بندی اقلام موجودی با یک معیار واحد پرداختند. از آن جمله می‌توان به گل درز و ون لویی، اشاره کرد که قطعات موجودی در یک شرکت پتروشیمی بزرگ را تنها بر اساس یک معیار واحد طبقه‌بندی نمودند، در صورتی که امروزه در نظر گرفتن معیارهای چندگانه جهت طبقه‌بندی اقلام موجودی حائز اهمیت است (گلدرز و ون لویی^۲، ۱۹۷۸). اما زمان انتظار، درجه بحرانی بودن، قابلیت جایگزینی، قابلیت دسترسی، قابلیت تعمیر، عمومیت داشتن، هزینه موجودی، درجه اطمینان برای تأمین، قابلیت ذخیره‌سازی، میزان تقاضای سالیانه، میزان سفارش، توزیع تقاضا، دوام و کمیابی از جمله معیارهای دیگری هستند که در طبقه‌بندی اقلام موجودی مهم می‌باشند (اشی زاکا و همکاران، ۲۰۱۸). در سال‌های اخیر از مدل‌های زیادی جهت طبقه‌بندی ABC چندمعیاره استفاده شده است. مدل‌های استفاده شده در زمینه طبقه‌بندی چند معیاره در دو دسته روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش تحلیل پوششی داده‌ها قرار می‌گیرند. از جمله مدل‌هایی که در زمینه روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه شد: طبقه‌بندی چند معیار موجودی توسط فلورسان و ای باراک است که برای اولین بار با به‌کارگیری روشی به نام ماتریس معیار مشترک مطرح شد، که این روش برای طبقه‌بندی دو معیار موجودی مناسب است (فلورس و ای باراک^۳، ۱۹۸۷). از مدل‌های هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز برای طبقه‌بندی چندمعیاره موجودی استفاده شده است که این مدل‌ها بسیار

¹ .Ramathan

² . Gelders and Van Looy

³ Flores and Whybark

پیچیده هستند و درک آن‌ها برای مدیران موجودی دشوار است (گاونیر و ارل^۱، ۱۹۹۸). یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که می‌توان از ترکیب معیارهای کمی و کیفی استفاده نمود، اما به دلیل اینکه وزن معیارها توسط نظرات ذهنی متخصصان تعیین می‌شود نتایج واقعی را ارائه نمی‌دهد و در مواردی که تعداد معیارها و اقلام موجودی زیاد باشد موجب پیچیدگی محاسبات می‌شود (وانگ^۲، ۲۰۱۰). نیکو و همکاران جهت تجزیه و تحلیل ABC چندمعیاره در شرکت دلپسند از روش تاپسیس استفاده نمودند. تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پر کاربرد است اما زمانی که تعداد معیارها و اقلام زیاد باشد موجب پیچیدگی محاسبات می‌شود (نیکو و همکاران، ۱۳۹۳). سرمه و ماهارانا یک مدل فازی را برای طبقه بندی اقلام موجودی در قطعات یدکی با توجه به معیارهای متعدد برای مدیریت بهتر فعالیت‌های تعمیر و نگهداری ارائه نمودند. مدل‌های فازی دارای حجم محاسبات بالایی می‌باشند (سرمه و ماهارانا^۳، ۲۰۱۵). پوتته و همکاران برای طبقه بندی اقلام تولیدی مختلف شرکتی یک مدل فازی ارائه کردند. مدل را با طبقه بندی کلاسیک مقایسه کردند. طبقه های به دست آمده با استفاده از روش کلاسیک براساس اطلاعاتی در مورد هزینه ها و تقاضای یک دوره گذشته میباشد، بنابراین در این روش اطلاعات فازی جدید درباره آینده نیز به دست می آید. (پوتته^۴ و هکاران، ۲۰۰۰).

برخی از محققان مدل‌های طبقه بندی چندمعیاره موجودی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها را ارائه نمودند که به بعضی از آن‌ها اشاره می‌نماییم. راماناتان، یک مدل بهینه سازی خطی وزنی (مدل آر) ارائه نمود. این روش جهت طبقه بندی اقلام بسیار ساده و کاربردی می‌باشد که درک آن برای مدیران موجودی آسان است (راماناتان، ۲۰۰۶). فان و ژو، مدل توسعه یافته‌ای از مدل آر را برای طبقه بندی چندمعیاره موجودی ارائه دادند که ضمن حفظ سادگی مدل آر شاخص های منطقی تری را با استفاده از دو مجموعه وزن با حداقل و حداکثر مجموع موزون معیارها برای هر آیتم تعیین می‌کنند (فان و ژو^۵، ۲۰۰۷). نگ، یک مدل ساده برای طبقه بندی چندمعیاره موجودی پیشنهاد داد. این مدل اندازه تمام معیارهای اقلام موجودی را به نمره اسکالر تبدیل می‌کند. سپس طبقه بندی بر اساس نمرات به صورت ABC اعمال می‌شود. این مدل می‌تواند جهت طبقه بندی اقلام موجودی بدون بهینه یاب توسط مدیران موجودی بکار برده شود اما نمره محاسبه شده برای اقلام موجودی در این مدل، مستقل از وزن اقلام می‌باشد و به همین دلیل ممکن است که یک قلم موجودی در طبقه نامناسبی قرار گیرد (نگ^۶، ۲۰۰۷). هادی ونچه، یک مدل برنامه ریزی غیرخطی که از مدل Ng گرفته شده است را ارائه نموده که هر دو مدل به اطلاعات ذهنی تصمیم گیرنده برای تعیین وزن معیارها نیازمند هستند (ونچه^۷، ۲۰۱۰). ژنگ، لای و لانگ، مدل Ng را بهبود داده و برای تعیین اهمیت معیارها از روش آنتروپی شانون استفاده نمودند (ژنگ^۸، ۲۰۱۷). چن، یک رویکرد بهبود یافته از MCIC بر اساس ارزیابی زوجی ارائه داد. او با استفاده از مدل ZF که قبلاً

¹ Gavenir and Erel

² Wong

³ Sarmah and Moharana

⁴ Puente

⁵ Fan and Zhou

⁶ Ng

⁷ venchek

⁸ Zheng

توسط فان و ژو ارائه شده بود مدلی جدید ارائه داد. چن به جای نمرات کارایی، از نمرات دیگری که کارایی متقاطع نامیده می‌شود استفاده نمود؛ یعنی جهت محاسبه بازده هر قلم موجودی علاوه بر بهترین وزن‌های خودش، بهترین وزن‌های اقلام دیگر نیز در نظر گرفته شده است. او دو گروه از حداقل و حداکثر مطلوبیت وزن معیارها را برای تخمین بازده هر یک از اقلام تعیین نمود. سپس بدون نیاز به ضریب خوش‌بینی لاندا آن‌ها را جمع نمود؛ اما این مدل نیاز به انجام محاسبات و عملیات ریاضی زیادی دارد (چن^۱، ۲۰۱۱). ترابی و همکاران، با در نظر گرفتن معیارهای کیفی در مدل آر، مدل جدیدی در حضور هر دو معیارهای کمی و کیفی ارائه نمودند (ترابی^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). توسلی و همکاران، از تحلیل پوششی داده‌ها برای طبقه‌بندی اقلام موجودی در سه گروه A، B و C با در نظر گرفتن محدودیت‌های وزن استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که عوامل دیگری نیز علاوه بر هزینه سالانه نقش قابل توجهی در طبقه‌بندی اقلام موجودی دارند (توسلی^۳، ۲۰۱۴). اسماعیل‌زاده، ضمن مرور نسبتاً کاملی از مدل‌های طبقه‌بندی چندمعیاره موجودی، جهت طبقه‌بندی قطعات انبارهای تولیدی شرکت سایپا با استفاده از منطق فازی روش ساده‌ای ارائه نمود. در این روش ابتدا معیارهایی برای طبقه‌بندی انتخاب گردید، سپس با استفاده از یک سیستم فازی اقلام در طبقه‌های مختلف جای گرفتند (اسماعیل‌زاده، ۱۳۹۴). همه مدل‌های ارائه‌شده با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها که تا به اینجا نام برده شد جزو مدل‌های شعاعی بودند. با توجه به پیشینه تحقیق آر مدل یک مدل DEA بدون ورودی است که بر اساس مدل مضربی CCR ساخته شده است مدل CCR مدل ساده‌ای است که شعاعی عمل می‌کند. می‌توان به جای CCR بدون ورودی مدل‌های جمعی و غیر شعاعی را بررسی نمود. رمضانیان و همکاران، جهت رفع مشکلات مدل‌های شعاعی از روش RAM^۴ که یک مدل جمعی و غیر شعاعی می‌باشد جهت طبقه‌بندی اقلام موجودی در شرکت پارس خزر استفاده نمودند که در مقایسه با مدل‌های شعاعی طبقه‌بندی منطقی‌تری را ارائه می‌دهد زیرا به همه معیارها توجه می‌نماید (رمضانیان و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت مدل‌های غیر شعاعی در طبقه‌بندی موجودی و برتری مدل RAM بر مدل‌های شعاعی در این مقاله از انواع دیگر مدل‌های غیر شعاعی به نام مدل SBM که یکی از شاخص‌ترین مدل‌های جمعی و غیر شعاعی می‌باشد جهت طبقه‌بندی اقلام موجودی استفاده می‌شود و با مدل RAM مقایسه می‌شود، همچنین جهت بررسی بیشتر از آنجایی که مدل آر در بین مدل‌های شعاعی استفاده شده در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی بسیار شناخته شده است و اکثر محققان آن را به کار برده‌اند را با مدل SBM مورد مقایسه قرار می‌دهیم. در ادامه در مورد مدل آر، مدل RAM و مدل SBM توضیحاتی ارائه خواهد شد.

مدل‌های طبقه‌بندی ABC چندمعیاره موجودی

در این بخش به ارائه مختصری از دو مدل آر و مدل RAM می‌پردازیم. سپس مدل پیشنهادی این مقاله را معرفی می‌کنیم و به مقایسه آن جهت نشان دادن برتری نسبت به دو مدل آر و RAM می‌پردازیم.

¹. Chen

². Torabi

³. Tavassoli

⁴. Range Adjusted Model (RAM)

مدل بهینه یابی خطی موزون (آر-مدل)

آر-مدل نوعی مدل CCR بدون ورودی است. فرض بر این است که n قلم موجودی را می‌خواهیم بر اساس S معیار طبقه بندی نماییم. Y_r نشان دهنده بازده قلم j ام بر حسب معیار r ام می‌باشد. همچنین فرض بر این است که تمام معیارها با سطح اهمیت اقلام رابطه مثبت دارد یعنی هر قلم موجودی که نمره بیشتری در معیارها داشته باشد شانس بیشتری برای قرار گرفتن در طبقه A دارد (رضانیان و همکاران، ۱۳۹۷). مدل بهینه یابی خطی موزون با این مفروضات به صورت مدل زیر است:

رابطه (۱)

$$\begin{aligned} & \sum_{r=1}^S \text{Max } u_r y_{r0} \\ \text{St:} & \sum_{r=1}^S u_r y_{rj} \leq 1 \quad j = 1, \dots, N \\ & u_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, S \end{aligned}$$

که در آن U_r وزن r مین معیار و Y_{r0} بازده واحد مورد بررسی در r مین معیار است.

آر-مدل نوعی مدل CCR بدون ورودی است که شعاعی عمل می‌کند. در این مدل هر قلم می‌تواند خودش برای تخمین عملکردش وزن‌ها را انتخاب نماید. در این صورت وزن‌های انتخاب شده توسط هر قلم تمایل به مطلوب کردن خودشان دارند (اماناتان، ۲۰۰۶). بنابراین چنین شیوه‌ای ممکن است وزن‌های نامعتبری به معیارها اختصاص دهد که باعث می‌شود یک آیتم با عملکرد خوب در یک معیار کم‌اهمیت به شکل نادرست در طبقه A قرار گیرد. رضانیان و همکاران به منظور بر طرف کردن این مشکل استفاده از مدل غیر شعاعی RAM را پیشنهاد دادند در زیر به توضیح این روش می‌پردازیم (رضانیان و همکاران، ۱۳۹۷):

مدل RAM

مدل RAM یکی از انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد که برای اولین بار توسط کوپر، پارک و پاستور در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است. این مدل، یکی از انواع مدل‌های جمعی و غیر شعاعی می‌باشد و توانایی محاسبه کارایی واحدها را نیز داراست. فرم پوششی مدل RAM به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} & \max \frac{1}{m+s} \left(\sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{R_i^-} + \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{R_r^+} \right) \\ & \text{subject to } \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m, \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\ & \lambda_j \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad \text{and} \quad s_r^+ \geq 0; \end{aligned} \tag{رابطه ۲}$$

بطوریکه:

$$R_i^- = \max(x_{ij}, j = 1, \dots, n) - \min(x_{ij}, j = 1, \dots, n), i = 1, \dots, n$$

$$R_r^+ = \max(y_{rj}, j = 1, \dots, n) - \min(y_{rj}, j = 1, \dots, n), r = 1, \dots, s$$

که در آن اندیس j نشان‌دهنده هر یک از واحدهاست. تعداد m ورودی و s خروجی وجود دارد که اندیس i نشان‌دهنده ورودی‌ها و اندیس r نشان‌دهنده خروجی‌هاست. x_{ij} مقدار ورودی i ام واحد j ام و y_{rj} مقدار خروجی r ام واحد j ام است. واحد تحت ارزیابی با اندیس صفر نشان داده می‌شود (کوپر^۱ و همکاران، ۱۹۹۱).

مدل رم بدون ورودی به صورت زیر می‌باشد:

$$\min 1 - \left\{ \frac{1}{(m+s)} \left(\sum_{r=1}^s \frac{S_{r0}^+}{R_r^+} \right) \right\}$$

St:

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_{r0}^+ = y_{r0} \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0, S_{r0}^+ \geq 0$$

رابطه ۳

با نوشتن دوگان رابطه ۳، مدل مضربی RAM بدون ورودی به شکل رابطه ۴ می‌باشد:

$$\max 1 + \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + W \right)$$

St:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + W \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \frac{1}{s(R_r^+)}$$

$$u_r \geq 0, \quad W \text{ آزاد در علامت}$$

رابطه ۴

که در آن u_r وزن r مین معیار و y_{rj} بازده واحد (در اینجا قلم موجودی) j ام در r مین معیار است و W آزاد در علامت است. این مدل مشکل مدل‌های شعاعی را ندارد و تمام شاخص‌ها را در ارزیابی یک قلم کالا به حساب می‌آورد. اما ملاحظه می‌شود که مدل به شاخص‌هایی با دامنه تغییرات کوچکتر در ارزیابی تمام اقلام الزامات وزن‌های بزرگتری را بکار می‌گیرد. چرا که رابطه (۵) در مدل از مجموعه محدودیت‌هاست.

$$u_r \geq \frac{1}{s(R_r^+)} \quad r = 1, \dots, s$$

رابطه ۵

در نتیجه هر چه دامنه تغییرات شاخص r کوچکتر شود مخرج سمت راست قید کوچکتر شده و حد پایین وزن u_r بالاتر می‌رود. ولی برای چنین الزامی هیچ توجیهی مرتبط یا غیر مرتبط با زمینه ارزیابی اقلام کالا وجود ندارد. بنابراین در ذیل به معرفی مدل دیگری می‌پردازیم که حد پائین وزن‌ها در آن بر اساس قاعده دیگری محدود می‌شوند.

¹. Cooper

روش پیشنهادشده

مدل SBM بدون ورودی

مدل جمعی را در سال ۱۹۸۵ چارنز، کوپر، گولانی، سیفورد و استوتس معرفی کردند. مدل جمعی که Slack-based model نیز نامیده می‌شود، مدلی است که هم‌زمان کاهش ورودی‌ها و خروجی‌ها را موردتوجه قرار می‌دهد (مهرگان، ۱۳۹۲). مدل SBM ویرایشی از مدل جمعی است که توانایی محاسبه کارایی واحدها را نیز داراست. در این پژوهش ما از مدل SBM بدون ورودی استفاده نموده‌ایم. فرم پوششی مدل SBM به صورت زیر است:

$$Min e = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^- / x_{i0}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s S_r^+ / y_{r0}}$$

St:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + S_i^- = x_{i0} \quad r = 1 \dots s \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} - S_r^+ = y_{r0} \quad j = 1 \dots n$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

برای آنکه مدل SBM بدون ورودی را به دست آوریم مقدار ورودی‌ها را برابر مقدار ثابت a قرار می‌دهیم. در رابطه ۶ شرط $x_{ij}=a$ را قرار می‌دهیم. با قرار دادن این قید در رابطه ۶ خواهیم داشت:

$$Min e = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^- / x_{i0}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s S_r^+ / y_{r0}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

St:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + S_i^- = a \quad r = 1 \dots s$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} - S_r^+ = y_{r0} \quad j = 1 \dots n$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

قید اول رابطه ۷ را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$a \sum_{j=1}^n \lambda_j + S_i^- = a$$

با توجه به اینکه $\sum \lambda_j = 1$ می‌باشد. بنابراین خواهیم داشت:

$$a + S_i^- = a \rightarrow S_i^- = 0$$

بنابراین رابطه ۷ به شکل رابطه ۸ نوشته می‌شود:

$$e = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{r=1}^s \left(\frac{s_r^+}{y_{r0}}\right)} \quad \text{رابطه ۸}$$

Min

St:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} s_r^+ = y_{r0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$s_r^+ \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

که در آن U_r وزن r مین معیار و Y_{r0} بازده واحد موردبررسی در r مین معیار است و S_r^+ متغیر کمکی مربوط به خروجی هاست.

با نوشتن دوگان رابطه ۸، مدل مضربی SBM بدون ورودی به شکل رابطه ۹ به دست می‌آید:

$$\min e^* = 1 + \left(- \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + w\right)$$

$$- \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + w \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \frac{1}{s y_{r0}} \quad r = 1, \dots, s$$

رابطه ۹

w آزاد در علامت $U \geq 0$

رابطه ۹ مدل پیشنهادی ما جهت طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی است که در آن U_r وزن r مین معیار و Y_{rj} بازده واحد r مین معیار است و w آزاد در علامت است.

در مدل SBM بر خلاف مدل RAM حد پائین وزن ها با دامنه تغییرات شاخص ها تنظیم نمی شود. بلکه این مقدار شاخص در قلم تحت ارزیابی است که حد پائین وزن را تحت تاثیر قرار می دهد. به این ترتیب که هر چه مقدار شاخص در قلم تحت ارزیابی کمتر باشد حد پائین وزن بالاتر می رود. چرا که رابطه (۱۰) در مدل به عنوان محدودیت وجود دارد.

$$u_r \geq \frac{1}{s y_{r0}} \quad r = 1, \dots, s \quad \text{رابطه ۱۰}$$

به این مفهوم که مدل با اعمال کف بالاتر برای وزن های شاخص هایی با مقدار کمتر عملا موجب می شود نقش این شاخص ها در ارزیابی تقویت شود. از آنجا که تخصیص وزن های بالاتر به این شاخص ها به مفهوم تخصیص وزن های کوچکتر به شاخص های دیگر نیست. این ویژگی مدل SBM در چارچوب فلسفه تخصیص بهترین وزن ها به واحد تحت ارزیابی که فلسفه اصلی تحلیل پوششی داده هاست قابل فهم است.

لذا با بکارگیری مدل SBM به جای مدل RAM یک ویژگی نا خواسته و غیر قابل توجیه مدل به یک ویژگی قابل فهم تبدیل می شود.

مثال عددی

در این پژوهش جهت مقایسه مدل جدید ارائه شده با مدل های موجود در زمینه طبقه بندی اقلام موجودی از مثال مشترکی که فان و ژوو (۲۰۰۷)، ان جی (۲۰۰۷)، چن (۲۰۱۱) و پارک و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش های خود بکار برده اند استفاده نمودیم. داده ها شامل ۴۷ قلم موجودی در سه معیار ارزش مصرف سالانه (ADU)، میانگین هزینه واحد (AUC) و زمان انتظار (LT) است. مقایسه مدل ها، همان طبقه بندی ای را که آن ها در پژوهش خود در نظر گرفته بودند را مورد استفاده قرار دادیم. به این صورت که ۱۰ قلم از ۴۷ قلم در طبقه A، ۱۴ قلم در طبقه B و ۲۳ قلم در طبقه C قرار می گیرند. نتایج محاسبات در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱: فهرست ۴۷ قلم موجودی و طبقه بندی آن ها با استفاده از مدل پیشنهادی و مقایسه با مدل های پیشین

قطعه	متوسط هزینه هر واحد	مصرف سالیانه	زمان انتظار	بازده مدل پیشنهادی	طبقه بندی مدل آر	طبقه بندی مدل رم بدون ورودی	طبقه بندی مدل SBM بدون ورودی
D1	۴۹٫۹۲	۵۸۴۰/۶۴	۲	۱	A	A	A
D2	۲۱۰	۵۶۷۰	۵	۱	A	A	A
D3	۲۳/۷۶	۵۰۳۷/۱۲	۴	-/۲۷	A	A	B
D4	۲۷/۷۳	۴۷۶۹/۵۶	۱	-/۲۲	B	C	B
D5	۵۷/۹۸	۳۴۷۸/۸	۳	-/۴۳	B	B	A
D6	۳۱/۲۴	۲۹۳۶/۶۷	۳	-/۰۴	C	A	C
D7	۲۸/۲	۲۵۲۰	۳	-/۲۷	C	C	B
D8	۵۵	۲۶۴۰	۴	-/۴۱	B	C	A
D9	۷۳/۴۴	۲۴۰۷/۵۲	۶	-/۶۵	A	B	A
D10	۱۶۰/۵	۲۴۰۷/۵	۴	-/۶۱	B	B	A
D11	۵/۱۲	۱۰۷۵/۲	۲	-/۲۱	C	C	C
D12	۲۰/۸۷	۱۰۴۳/۵	۵	-/۱۸	B	B	B
D13	۸۶/۵	۱۰۳۸	۷	۱	A	A	A
D14	۱۱۰/۴	۸۸۳/۲	۵	-/۳۲	B	B	A
D15	۷۱/۲	۸۵۴/۴	۳	-/۲۷	C	A	B
D16	۴۵	۸۱۰	۳	-/۲۳	C	C	B
D17	۱۴/۶۶	۷۰۳/۶۸	۴	-/۱۳	C	B	C
D18	۴۹/۵	۵۹۴	۶	-/۳۱	A	B	A
D19	۴۷/۵	۵۷۰	۵	-/۲۰	B	B	B
D20	۵۸/۴۵	۴۶۷/۶	۴	-/۱۸	C	C	B
D21	۲۴/۴	۴۶۳/۶	۴	-/۱۴	C	C	B
D22	۶۵	۴۵۵	۴	-/۱۸	C	B	B
D23	۸۶/۵	۴۳۲/۵	۴	-/۱۸	C	C	B
D24	۳۳/۲	۳۹۸/۴	۴	-/۱۳	C	C	B
D25	۳۷۰/۵	۳۷۰/۵	۱	-/۱۲	C	C	C
D26	۳۳/۸۴	۳۳۸/۴	۴	-/۱۲	C	C	C

C	C	C	-/۱۲	۱	۳۳۶/۱۲	۸۴/۰۳	D27
B	C	A	-/۲۲	۶	۳۱۳/۶	۷۸/۴	D28
A	B	A	۱	۷	۲۶۸/۶۸	۱۳۴/۳۴	D29
C	C	C	-/۰۹	۱	۲۲۴	۵۶	D30
C	A	B	-/۱۰	۵	۲۱۶	۷۲	D31
C	C	C	-/۰۹	۲	۲۱۲/۰۸	۵۲/۰۲	D32
C	C	B	-/۰۹	۵	۱۹۷/۹۲	۴۹/۴۸	D33
B	C	A	-/۱۴	۷	۱۹۰/۸۹	۷/۰۷	D34
C	B	C	-/۰۸	۳	۱۸۱/۸	۶۰/۶	D35
C	C	C	-/۰۷	۳	۱۶۳/۲۸	۴۰/۸۲	D36
C	C	B	-/۰۷	۵	۱۵۰	۳۰	D37
C	C	C	-/۰۶	۳	۱۳۴/۸	۶۷/۴	D38
C	A	B	-/۰۶	۵	۱۱۹/۲	۴۹/۶	D39
C	C	B	-/۰۸	۶	۱۰۳/۳۶	۵۱/۶۸	D40
C	A	C	-/۰۳	۲	۷۹/۲	۱۹/۸	D41
C	C	C	-/۰۴	۲	۷۵/۴	۳۷/۷	D42
C	C	B	-/۰۳	۵	۵۹/۷۸	۲۹/۸۹	D43
C	B	C	-/۰۲	۳	۴۸/۳	۴۸/۳	D44
C	B	A	-/۱۰	۷	۳۴/۴	۳۴/۴	D45
C	B	C	-/۰۱	۳	۲۸/۸	۲۸/۸	D46
C	A	B	-/۰۱	۵	۲۵/۳۸	۸/۴۶	D47

مثال تجربی

در این پژوهش جهت بررسی مدل‌ها از ۸۰ قلم از اقلام موجودی شرکت پارس خزر مربوط به گروه محصول پلویز استفاده نمودیم. که ۳۶ قلم از اقلام مربوط به انبار داخلی، ۲۴ قلم از انبار خارجی و ۲۰ قلم از انبار پلاستیک انتخاب شده‌اند. جهت طبقه‌بندی این اقلام سه معیار قیمت، مصرف سالیانه و زمان انتظار در نظر گرفته شده است. سرانجام جهت طبقه‌بندی اقلام بعد از به دست آوردن بازده اقلام، بازده آن‌ها را به صورت نزولی مرتب نموده و بر اساس اصل پاریتو ۲۰ درصد از اقلام (معادل ۱۶ قلم) در طبقه A، ۳۰ درصد از اقلام (معادل ۲۴ قلم) در طبقه B، و ۵۰ درصد (معادل ۴۰ قلم) در طبقه C قرار می‌گیرند. نتایج اجرای مدل‌ها در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲: فهرست ۸۰ قلم موجودی و طبقه‌بندی آن‌ها با استفاده از مدل پیشنهادی و مقایسه با مدل‌های پیشین

قطعه	مصرف سالیانه	زمان انتظار	قیمت	بازده مدل پیشنهادی	طبقه‌بندی مدل آر	طبقه‌بندی رم بدون ورودی	طبقه‌بندی بدون SBM ورودی
D1	۲۵۰۱۰۰	۳۰	۳۵	-/۰۰۰۴	B	B	C
D2	۱۵۱۴۰۰	۳۰	۵۴	-/۰۰۰۴	C	C	C
D3	۴۱۶۲۰۰	۳۰	۳۰	۱	A	A	A
D4	۷۰۲۰۰	۳۰	۴۵	-/۰۰۰۲	C	C	C
D5	۱۶۸۴۰۰	۳۰	۱۶۰	-/۰۰۱	C	C	C
D6	۷۹۴۰۰	۳۰	۱۰۰	-/۰۰۰۵	C	C	C
D7	۱۵۰۰	۳۰	۱۶۳۵۰	-/۰۱	C	C	C

C	C	C	۰/۰۲	۹۶۰۰	۴۵	۲۰۰۰	D8
C	C	C	۰/۰۱	۱۶۷۵۰	۴۵	۱۵۰۰	D9
B	B	C	۰/۰۵	۲۷۲۰۰	۴۵	۶۰۰۰	D10
B	B	B	۰/۰۶	۲۹۵۰۰	۴۵	۵۸۰۰	D11
C	B	B	۰/۰۰۶	۱۴۷۵	۴۵	۸۰۰۰	D12
C	C	C	۰/۰۶۲	۸۸۶	۴۵	۵۰۰۰	D13
C	C	C	۰/۰۰۶	۱۳۵۰	۴۵	۴۰۰۰	D14
C	C	C	۰/۰۰۴	۷۸۵	۴۵	۷۶۷۰۰	D15
C	C	C	۰/۰۰۴	۸۷۰۰	۳۰	۴۰۰۰	D16
C	C	C	۰/۰۳	۸۷۰۰	۳۰	۴۰۰۰	D17
B	C	C	۰/۰۴	۵۷۲۰۰	۱۰	۴۹۹۴	D18
A	C	C	۰/۱۰	۵۰۳۲۸	۳۰	۱۴۵۰۰	D19
A	B	B	۰/۱۲	۲۵۲۹۱	۳۰	۳۴۵۰۰	D20
C	B	B	۰/۰۱	۲۶۸۰	۴۵	۴۷۰۰۰	D21
C	C	C	۰/۰۰۷	۱۴۸۰	۴۵	۳۴۷۰۰	D22
C	B	B	۰/۰۰۹	۲۱۸۰	۴۵	۷۰۰۰	D23
C	A	A	۰/۰۲	۲۴۰	۳۰	۳۹۰۱۰۰	D24
C	B	B	۰/۰۰۳	۲۴۰	۳۰	۲۶۲۱۰۰	D25
B	B	B	۰/۰۷	۱۷۹۷۶	۶۰	۳۲۰۰۰	D26
B	B	B	۰/۰۸	۱۹۱۰۰	۶۰	۳۰۰۰۰	D27
A	B	B	۰/۱۲	۳۳۹۰۰	۳۰	۴۰۷۰۰	D28
B	C	C	۰/۰۵	۳۰۹۷۰	۳۰	۶۵۰۰	D29
B	C	C	۰/۰۸	۲۲۸۰۰	۳۰	۱۲۰۰۰	D30
B	B	B	۰/۰۴	۲۹۶۰۰	۵۰	۵۰۰۰	D31
A	B	B	۰/۰۹	۲۸۴۵۰	۵۰	۱۳۰۰۰	D32
A	B	B	۰/۱۰	۲۵۵۰۰	۵۰	۱۹۰۰۰	D33
A	B	B	۰/۰۹	۲۲۷۰۰	۵۰	۱۶۰۰۰	D34
A	B	B	۰/۰۹	۱۹۰۳۴	۹۰	۸۶۱۱۳	D35
B	B	B	۰/۰۸	۱۹۰۳۴	۹۰	۶۳۰۴۰	D36
C	C	C	۰/۰۰۰۹	۱۹۸	۹۰	۵۲۰۰۰	D37
B	A	A	۰/۷۸	۳۹۴۷۴	۱۲۰	۴۰۰۰	D38
C	C	C	.	.	۹۰	۲۵۵۰۰	D39
B	B	B	۰/۰۴	۳۹۴۷۴	۱۲۰	۲۵۰۰	D40
C	C	C	.	.	۹۰	۱۳۵۰۰	D41
C	B	B	۰/۰۲	۴۹۳۴	۱۲۰	۵۰۰۰	D42
B	B	B	۰/۰۳	۸۲۲۴	۱۲۰	۸۰۰۰	D43
A	A	A	۰/۶۱	۲۶۳۱۸	۱۵۰	۸۵۷۰۰	D44
C	A	A	۰/۰۰۲	.	۱۸۰	۴۰۰۰	D45
C	A	A	۰/۰۲	۳۹۴۷	۱۲۰	۴۴۷۰۰	D46
B	A	A	۰/۰۷	۱۶۴۴۸	۱۲۰	۱۳۵۰۰	D47
B	A	A	۰/۰۳	۶۷۲۰	۱۲۰	۶۰۷۰۰	D48
B	A	A	۰/۰۸	۱۵۴۲۴	۱۲۰	۸۶۷۰۰	D49
B	B	B	۰/۰۵	۱۲۱۶۰	۱۲۰	۱۴۵۰۰	D50
B	B	B	۰/۰۵	۱۲۳۰۰	۱۲۰	۵۰۰۰	D51
A	A	A	۰/۱۹	۴۷۰۰۰	۱۵۰	۷۴۷۲	D52
A	A	A	۰/۲۰	۴۷۰۰۰	۱۵۰	۱۱۶۸۰	D53

A	A	A	۰/۲۱	۴۷۰۰۰	۱۵۰	۱۶۷۲۴	D54
A	A	A	۱	۲۴۳۰	۱۸۰	۱۵۷۶۳	D55
A	A	A	۱	۲۵۰۰	۱۸۰	۳۴۲۸	D56
A	A	A	۱	۷۰۰۰۰	۱۵۰	۱۴۷۰	D57
A	A	A	۰/۲۰	۶۰۰۰۰	۱۵۰	۱۱۹۳	D58
C	B	B	۰/۰۱	۲۷۱۱	۹۰	۲۹۰۸۹	D59
B	B	B	۰/۰۴	۹۱۰۲	۹۰	۱۳۱۴۰	D60
B	C	C	۰/۰۴	۳۱۲۳۲	۲۰	۵۰۰۰	D61
C	C	C	۰/۰۰۵	۱۱۱۲	۱۰	۵۰۰۰۰	D62
C	C	C	۰/۰۰۶	۱۳۸۱	۱۰	۴۰۰۰۰	D63
C	C	C	۰/۰۰۸	۱۲۳۹	۱۰	۱۵۰۰۰۰	D64
C	C	C	۰/۰۰۳	۳۷۲	۵	۲۰۰۰۰۰	D65
B	C	C	۰/۰۳	۶۵۷۸	۱۵	۵۰۰۰۰	D66
B	C	C	۰/۰۴	۱۰۸۶۴	۱۰	۱۰۰۰۰	D67
C	C	C	۰/۰۲	۳۷۴۶	۱۰	۵۰۰۰۰	D68
C	C	C	۰/۰۰۷	۱۴۵۱	۱۰	۵۰۰۰۰	D69
B	C	C	۰/۰۳	۷۹۴۸	۱۰	۱۰۰۰۰	D70
B	C	C	۰/۰۴	۱۱۸۴۲	۱۰	۱۰۰۰۰	D71
C	C	C	۰/۰۰۸	۱۷۰۶	۱۰	۵۰۰۰۰	D72
C	C	C	۰/۰۰۲	۵۰۹	۱۰	۵۰۰۰۰	D73
C	C	C	۰/۰۰۲	۴۵۱	۱۰	۴۰۰۰۰	D74
C	C	C	۰/۰۲	۴۵۵۰	۱۰	۱۰۰۰۰	D75
C	C	C	۰/۰۱	۲۸۴۵	۱۰	۱۵۰۰۰	D76
C	B	B	۰/۰۰۳	۳۹۳	۱۰	۱۵۰۰۰۰	D77
C	C	C	۰/۰۰۵	۱۰۰۰	۱۰	۳۰۰۰۰	D78
C	C	C	۰/۰۰۴	۷۶۴	۱۰	۵۰۰۰۰	D79
B	C	C	۰/۰۶	۱۶۲۳۸	۱۵	۱۰۰۰۰	D80

بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پس از اجرای مدل‌ها و مقایسه مدل‌ها با یکدیگر به این نتیجه رسیدیم که مدل SBM بدون ورودی که در این پژوهش ارائه شده است طبقه بندی منطقی تری نسبت به سایر مدل‌ها ارائه می‌دهد. این مدل ضعف مدل آر را ندارد. مدل آر به این صورت است که اگر یک قلم دارای مقدار بالایی در یک معیار خاص باشد ولی در سایر معیارها مقدار ناچیزی داشته باشد، مدل آر آن را به نادرستی در طبقه A قرار می‌دهد. اما مدل SBM بدون ورودی به همه معیارها توجه می‌کند و طبقه بندی مناسب تری صورت می‌گیرد. مدل SBM بدون ورودی در راستای مدل RAM بدون ورودی جهت بهبود طبقه بندی چند معیاره اقلام ارائه شده است و از مثال‌های عددی برتری مدل SBM بدون ورودی نتیجه‌گیری شد. همان‌گونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌فرمایید قلم D34 دارای زمان انتظار ۷، متوسط هزینه واحد ۷/۰۷ و مصرف سالیانه ۱۹۰/۸۹ می‌باشد، این قطعه زمان انتظار بالایی دارد اما در معیار متوسط هزینه دارای مقدار ناچیزی می‌باشد. از آنجایی که زمان انتظار بالایی دارد مدل آر آن را در طبقه A قرار داده‌اند. اما مدل SBM بدون ورودی آن را در طبقه B قرار داده است که منطقی‌تر به نظر می‌رسد. همچنین D45 دارای زمان انتظار بالا برابر با ۷ می‌باشد اما در دو معیار دیگر مقادیر ناچیزی دارد که توسط مدل آر در طبقه A و توسط مدل RAM بدون ورودی در طبقه B

قرار گرفته است اما مدل SBM آن را در طبقه C قرار داده است. این وضعیت در مورد قلم D47 نیز صدق می نماید. با توجه به اینکه این قلم دارای مقادیر ناچیزی در دو معیار متوسط هزینه و مصرف سالیانه می باشد مدل SBM آن را در طبقه C قرار داده است اما مدل آر به دلیل اینکه این قلم مقدار بالایی در زمان انتظار دارد آن را در طبقه B قرار داده اند. نمونه ای دیگر از برتری مدل SBM بدون ورودی از مقایسه طبقه بندی قلم D32 و D43 نتیجه می شود. قلم D32 دارای متوسط هزینه واحد ۵۳،۵۳ و مصرف سالیانه ۲۱۲ و زمان انتظار ۲ می باشد. قلم D43 دارای متوسط هزینه واحد ۲۹، مصرف سالیانه ۵۹ و زمان انتظار ۵ می باشد. D32 توسط همه مدل ها در طبقه C قرار گرفته است اما D43 با اینکه در دو معیار متوسط هزینه و مصرف سالیانه مقدار کمتری نسبت به D32 دارد، توسط مدل آر در طبقه B قرار گرفته است که چنین طبقه بندی ای درست نیست و این قلم توسط SBM بدون ورودی در طبقه C قرار گرفته است. با توجه به این نتایج، مدل SBM بدون ورودی طبقه بندی مناسب تری نسبت به سایر مدل ها ارائه می دهد. همچنین در جدول ۲ مشاهده می کنیم که قلم D24 دارای مصرف سالیانه بالا به مقدار ۳۹۰۱۰۰ هست اما در دو معیار دیگر مقدار آن ناچیز می باشد، با این وجود این قلم توسط مدل های آر و مدل RAM بدون ورودی در طبقه A قرار گرفته است اما مدل SBM بدون ورودی آن را در C قرار داده است. این وضعیت برای قلم D25 نیز صدق می نماید. D25 در مصرف سالیانه مقدار بالایی دارد اما در دو معیار دیگر چنین نیست. این قلم توسط مدل های آر و مدل RAM بدون ورودی در طبقه B قرار گرفته است اما مدل SBM بدون ورودی آن را در طبقه C قرار داده است. نمونه ای دیگر از برتری مدل SBM بدون ورودی از مقایسه طبقه بندی قلم D1 و D10 نتیجه می شود. قلم D10 دارای قیمت ۲۷۲۰۰، مصرف سالیانه ۶۰۰ و زمان انتظار ۴۵ روز می باشد. این قلم در دو معیار دارای مقادیر بیشتری نسبت به D1 می باشد. بنابراین D10 باید در طبقه بالاتر از D1 قرار بگیرد. در حالی که D10 توسط مدل آر در طبقه C قرار گرفته است و D1 در طبقه B که این طبقه بندی منطقی نمی باشد. مدل SBM بدون ورودی D1 را در طبقه C و قلم D10 را در طبقه B قرار داده است که منطقی می باشد. این وضعیت در مورد ارقام D77 و D80 نیز صدق می کند. D80 در دو معیار مقدار بیشتری نسبت به D77 دارد. بنابراین D77 نمی تواند در طبقه بالاتری نسبت به D80 قرار بگیرد. با این حال مدل های آر و مدل RAM بدون ورودی D80 را در طبقه C و D77 را در طبقه B قرار دادند. اما مدل SBM بدون ورودی قلم D80 را در طبقه B و قلم D77 را در طبقه C قرار داده است که منطقی می باشد. بنابراین نتایج اجرای مدل ها روی مثال عددی و تجربی نشان دهنده این است که مدل پیشنهادی طبقه بندی مناسب تری را نسبت به مدل های آر و RAM ارائه می دهد.

جهت طبقه بندی چندمعیاره ارقام موجودی در پژوهش های انجام شده از معیارهای کمی استفاده شده است. در این پژوهش از مدل هایی استفاده شده است که امکان استفاده از معیارهای کیفی در آن ها وجود ندارد. در پژوهش های آتی می توان از معیارهای کیفی و مدل های متناسب با معیارهای کیفی نیز استفاده کرد. همچنین می توان سایر مدل های مناسب را شناسایی و اجرا کرد. از آنجایی که طبقه بندی چندمعیاره ارقام موجودی توسط مدل های ارائه شده نتایج مثبتی دارد، پیشنهاد می گردد که این مدل ها در سازمان های دیگر نیز اجرا شود تا در راستای بهبود طبقه بندی ارقام موجودی مثمر ثمر واقع شود.

منابع

- اسماعیل زاده، منصور، (۱۳۹۴)، «طبقه‌بندی ABC چند معیاره موجودی‌ها با استفاده از منطق فازی»، کنفرانس بین‌المللی مدیریت در قرن ۲۱.
- رضانیان، محمدرحیم، یاکیده، کیخسرو، علیدوست، عاطفه، (۱۳۹۷)، «ارائه مدلی جدید در راستای بهبود مدل‌های مبتنی بر DEA در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی (مطالعه موردی: شرکت پارس خزر)»، فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۰(۳)، ۳۵۳-۳۶۶.
- شریفی، فاطمه (۱۳۹۵)؛ «تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی ABC چندمعیاره در سیستم کنترل موجودی دارو (مورد مطالعه: بیمارستان سلمان فارسی شهر بوشهر)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس بوشهر.
- صفائی قادیکلای، عبدالحمید، مدهوشی، مهرداد، اسماعیل زاده، منصور، (۱۳۸۶)، «تلفیق دو مدل طبقه‌بندی ABC چندمعیاره موجودی»، فصلنامه مطالعات مدیریت، شماره ۵۷، صفحات ۱۳۳-۱۴۶.
- مهرگان، محمدرضا (۱۳۹۲)؛ تحلیل پوششی داده‌ها، مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، تهران: نشر کتاب دانشگاهی، چاپ دوم.
- متقی، هایده (۱۳۹۱)؛ مدیریت تولید و عملیات، تهران: انتشارات آوای شروین، چاپ سیزدهم.
- نیکو، حسین، سلامت، مجید، رسولیان، علی، (۱۳۹۳)، «به‌کارگیری روش تاپسیس در آنالیز ABC چند معیاره مورد مطالعه: واحد تولیدی محصولات صنایع غذایی دلپسند»، کنفرانس بین‌المللی اقتصاد، حسابداری، مدیریت و علوم اجتماعی، کشور لهستان.

References

- Chen, J. X. (2011). Peer-estimation for multiple criteria ABC inventory classification. *Computers & Operations Research*, 38, 1784-1791.
- Cooper, W.W. Park, K.S. Pastor, J.T, (1999). RAM: A range adjusted measure of inefficiency for use with additive models, and relations to other models and measures in DEA. *Journal of Productivity Analysis*, 11(1), 5-42.
- Esmailzadeh, Mansour. (2015). Multi-Criteria inventory ABC Classification Using Fuzzy Logic. 7th international Conference on Management.
- Flores, B.E. and Whybark, D.C. (1986), Multiple criteria ABC analysis", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 6 No. 3, pp. 38-46.
- Gelders, L.F. and Van Looy, P.M. (1978), An Inventory policy for slow and fast movers in a petrochemical plant: a case study, *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 29 No. 9, pp. 867-874.
- Guvener, H. A. & Erel, E. (1998). Multi criteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*, 105, 29-37.
- Hadi-Vencheh, A. (2010). An improvement to multiple criteria ABC inventory classification. *European Journal of Operational Research*, 201, 962-965.

- Ishizaka, F .Lolli, E .Balugani, R .Cavallieri and R .Gamberini. (2018) DEASort: Assigning items with data envelopment analysis in ABC classes *International Journal of Production Economics*.
- M .Tavassoli-Gh .R .Faramarzi and R .Farzipoor Saen. (2014), Multi-criteria ABC inventory classification using DEA-discriminant analysis to predict group membership of new items *Int. J. Applied Management Science*, Vol. 6, No. 2.
- Mottaghi, Hydeh (2012). *Production & Operations Management*. Tehran: Avaye Sherwin Press. (in Persian)
- Mehregan, Mohammad (2012). *Data Envelopment Analysis (Quantitative Models for Organizational Performance Evaluation)*. Tehran: University Book Press. (in Persian)
- Ng, W.L. (2007), A simple classifier for multiple criteria ABC analysis, *European Journal of Operational Research*, Vol. 177 No. 1, pp. 344-353.
- Niko, Hossein, Salamat, Majid, Rasulian, Ali. (2014). Applying the TOPSIS method in Multi-criteria ABC Analysis (Case Study: Delpasand Food Production Unit). *International Conference on Economics, Accounting, Management and Social Sciences*, Poland. (in Persian)
- Park, Jaehun, Hyerim Bae, and Joonsoo Bae. (2014), Cross-evaluation-based weighted linear optimization for multi-criteria ABC inventory classification. *Computers & Industrial Engineering/ 76*: 40-48.
- Puente, D. de la Fuente, P. Priore, R. Pino. (2002), ABC Classification with uncertain data: a fuzzy model vs. a probabilistic model. *Applied Artificial Intelligence*; 16(6) 443–456.
- Ramanathan, R. (2006), ABC inventory classification with multiple criteria using weighted linear optimization, *Computers & Operations Research*. 33, 695–700.
- Ramzani, Mohamadrahim, Yakideh, Keikhosro, Alidost, Atefeh. (2019). providing a New Model to Improving DEA-based Models in Multi-criteria Inventory Classification (case study: Pars Khazar). *Journal of Industrial Management*, Volume 10, Issue 3, Spring 353-366.
- Sarmah S. P. Moharana, U. C. (2015), Multi-criteria classification of spare parts inventories – a web based approach, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 21 ISS4 pp. 456 – 477.
- Sharifi, Fatemeh, (2016). Multi-criteria ABC Classification analysis in Drug inventory Control System (Case Study: Slman Farsi Hospital of Busher). Master thesis, *Persian Gulf university of Busher*. (in Persian)
- Torabi, S. A., Hatefi, S. M., & Saleck Pay, B. S. (2012). ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. *Computers & Industrial Engineering*, 63(2), 530-537.
- Wong, W.P. (2010), Decision support model for inventory management using AHP approach: a case study on a Malaysian semiconductor firm, *California Journal of Operations Management*, Vol. 8 No. 2, pp. 55-71.

- Zheng, S., Fu, Y., Lai, K. K., & Liang, L. (2017). An improvement to multiple criteria ABC inventory classification using Shannon entropy. *Journal of Systems Science and Complexity*, 30(4), 857-865.
- Zhou, P. and Fan, L. (2007), A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization, *European Journal of Operational Research*, Vol. 182 No. 3, pp. 1488-1491.