

Providing a New Model to Improving DEA-based Models in Multi-criteria Inventory Classification (Case Study: Pars Khazar)

Mohammadrahim Ramazaniyan

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

Keikhosro Yakideh

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

Atefeh Alidous Saravani

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

Abstract

Objective: Many organizations use the ABC classification method to control their large amount of inventories. The most common way to classify inventories is the ABC method. In traditional ABC classification, items are only classified according to one criteria. But there are other criteria that need to be considered in the inventory classification. The purpose of this study is to present a new model for multi-criteria inventory classification.

Methods: Among the multi-criteria inventory classification methods, DEA-based methods do not require decision makers to determine the weight of the criteria; however, in the literature, only the radial methods of data envelopment analysis are used to classify inventory items. In this paper, the cross-efficiency of a non-radial model is proposed in order to improve the average cross-efficiency of the R model, which is a radial model.

Results: Therefore, the proposed method does not have the weakness of R model due to the use of a non-radial model and also it has benefits the cross-efficiency method.

Conclusion: The models were executed on 47 items of inventory related to a common numerical example in the research literature as well as on 80 items of inventory of the Pars Khazar Industrial Company and the results of the implementation of the models have been analyzed. The results of comparing the proposed model with some of the existing models in the literature indicate the superiority of the proposed model.

Keywords: R model, RAM model, Cross efficiency, Data Envelopment Analysis, Multi-criteria inventory classification.

Citation: Ramazaniyan, M., Yakideh, K., Alidous Saravani, A. (2018). Providing a New Model to Improving DEA-based Models in Multi-criteria Inventory Classification (Case Study: Pars Khazar). *Industrial Management Journal*, 10(3), 353-366. (in Persian)

Industrial Management Journal, 2018, Vol. 10, No.3, pp. 353-366

DOI: 10.22059/imj.2018.259236.1007438

Received: February 26, 2018; Accepted: July 01, 2018

© Faculty of Management, University of Tehran

ارائه مدلی جدید در راستای بهبود مدل‌های مبتنی بر DEA در طبقه‌بندی چندمعیاره

اقلام موجودی (مطالعه موردی: 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

عاطفه علیدوست سراوانی

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

چکیده

هدف: بسیاری از سازمان‌ها برای کنترل صحیح حجم زیاد موجودی‌های خود از روش طبقه‌بندی ABC استفاده می‌کنند و این روش رایج‌ترین شیوه برای طبقه‌بندی موجودی‌هاست. در طبقه‌بندی ABC سنتی، اقلام تنها بر اساس یک معیار واحد دسته‌بندی می‌شوند. اما معیارهای دیگری نیز وجود دارند که توجه به آنها در طبقه‌بندی موجودی‌ها ضروری است. هدف این پژوهش ارائه مدل جدید در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی است.

روش: از میان روش‌های چند معیاره برای طبقه‌بندی موجودی‌ها، مدل‌های مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها به قضاوت تصمیم‌گیرنده برای تعیین وزن معیارها نیازی ندارند؛ اما در ادبیات پژوهش فقط از روش‌های شعاعی تحلیل پوششی داده‌ها برای طبقه‌بندی اقلام موجودی استفاده شده است. در این مقاله کارایی متقاطع یک مدل غیر شعاعی برای بهبود روش میانگین کارایی متقاطع مدل آر که مدلی شعاعی است، پیشنهاد شده است.

یافته‌ها: روش پیشنهاد شده به دلیل استفاده از یک مدل غیرشعاعی، ضعف مدل آر را ندارد و از مزایای روش کارایی متقاطع نیز برخوردار است.

نتیجه‌گیری: مدل‌ها روی ۴۷ قلم از اقلام موجودی مربوط به یک مثال عددی مشترک موجود در ادبیات پژوهش و همچنین روی ۸۰ قلم از اقلام موجودی شرکت صنعتی پارس خزر به اجرا درآمد و نتایج تحلیل شد. نتایج مقایسه مدل پیشنهاد شده با برخی از مدل‌های موجود در ادبیات پژوهش، نشان‌دهنده برتری مدل پیشنهاد شده است.

کلیدواژه‌ها: مدل آر، مدل رم، کارایی متقاطع، تحلیل پوششی داده‌ها، طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی.

استناد: رمضانیان، محمد رحیم؛ یاکیده، کیخسرو؛ علیدوست سراوانی، عاطفه (۱۳۹۷). ارائه مدلی جدید در راستای بهبود مدل‌های مبتنی بر DEA در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی (مطالعه موردی: پارس خزر). فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۰(۳)، ۳۵۳-۳۶۶.

مقدمه

طبقه‌بندی ابزار تصمیم‌گیری مهمی در کنترل موجودی است. رایج‌ترین شیوه طبقه‌بندی موجودی‌ها، روش ABC است. در طبقه‌بندی ABC سنتی، اقلام فقط بر اساس یک معیار دسته‌بندی می‌شوند (رامانتادان^۱، ۲۰۰۶). اما معیارهای دیگری نیز وجود دارند که توجه به آنها در طبقه‌بندی اقلام موجودی اهمیت دارد. بنابراین برای طبقه‌بندی موجودی استفاده از روش‌های چندمعیاره ضروری است. تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های چندمعیاره است که مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است و برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری به کار می‌رود (مؤمنی، ۱۳۹۳). از تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه‌های متنوعی استفاده شده است. نمازی و ابراهیمی (۱۳۹۰) به بررسی کارایی بانک‌های ایران و زارعی محمودآبادی، طحاری مهرجردی و مهدویان (۱۳۹۳) به ارزیابی کارایی نسبی عملکرد تحقیق و توسعه ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. گودرزی، یاکیده و محفوظی (۱۳۹۵) و جورشری، یاکیده و محفوظی (۱۳۹۶) تحلیل پوششی داده‌ها را برای بهینه‌سازی سبد سهام به کار بردند. روش‌های متعددی نیز مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی ارائه شده است. از پرکاربردترین مدل‌های مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها که برای طبقه‌بندی اقلام موجودی ارائه شده مدل آر^۲ است. در مدل آر وزن هر معیار توسط مدل به نحوی تعیین می‌شود که نمره تخصیص داده‌شده به قلم مد نظر را حداکثر می‌کند (رامانتادان، ۲۰۰۶). بنابراین مزیت این روش آن است که وزن هر معیار توسط خود مدل تعیین می‌شود. اما ضعف این روش آن است که اگر در این روش یک قلم موجودی دارای مقدار بالایی در یک معیار معین باشد بدون توجه به مقدار آن قلم در سایر معیارها آن را در طبقه A قرار می‌دهد. پارک، بی و بی^۳ (۲۰۱۴) برای طبقه‌بندی اقلام موجودی نمرات کارایی متقاطع مدل آر را توصیه کردند که در آن به دلیل استفاده از کارایی متقاطع، از تشابه نمره اقلام موجودی جلوگیری شده است. این امر موجب طبقه‌بندی آسان‌تر اقلام موجودی می‌شود اما به دلیل استفاده از مدل آر در مدل آنها نیز ضعف مدل آر مشهود است. همچنین در این روش برای محاسبه نمره نهایی هر قلم از روش میانگین استفاده شده که میانگین جزء فنون جبرانی است که ضعف یک شاخص با قوت یک شاخص دیگر خنثی می‌شود. در این مقاله برای بهبود مدل آنها روش جدیدی پیشنهاد شده است. هدف ما در این پژوهش معرفی مدلی مناسب و کاربرد آن در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی است که ضعف‌های موجود در مدل‌های پیشین را نداشته باشد.

پیشینه پژوهش

رایج‌ترین شیوه برای طبقه‌بندی اقلام در مدیریت موجودی روش ABC است (رامانتادان، ۲۰۰۶). این روش موجودی‌های سازمان را در سه طبقه A بسیار مهم، B مهم و C غیرمهم دسته‌بندی می‌کند که به سطح کنترل متفاوتی برای هر طبقه نیاز است (سیلور، پایک و پیترسون^۴، ۱۹۹۸). در طبقه‌بندی سنتی اقلام بر اساس معیار واحد ارزش مصرف سالانه طبقه‌بندی می‌شوند. اما در این میان معیارهای دیگری همچون زمان انتظار، درجه بحرانی، در دسترس بودن، قابلیت جایگزینی، کمیابی، قابلیت ذخیره، دوام و توزیع تقاضا وجود دارد که در طبقه‌بندی مؤثر است (فلورس و وای‌بارک^۵، ۱۹۸۷ و ان جی^۶،

1. Ramanathan
2. R-Model
3. Park, Bae & Bae

4. Silver, Pyke & Peterson
5. Flores & Whybark
6. Ng

(۲۰۰۷). بنابراین ممکن است روش طبقه‌بندی ABC سنتی به دلیل نادیده گرفتن معیارهای دیگر، طبقه‌بندی صحیح و دقیقی از موجودی‌ها ارائه نکند (پرتوی و آناندراجان^۱، ۲۰۰۲). از مدل‌های هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای حل مسائل طبقه‌بندی چندمعیاره موجودی استفاده شده است (جوونیر و ارل^۲، ۱۹۹۸ و پرتوی و آناندراجان، ۲۰۰۲). اما تعداد متغیرهایی که می‌توانند در این مدل‌ها وارد شوند محدود است و بسیاری از متغیرهای کیفی با اهمیت ممکن است موجب ایجاد مشکل در انسجام مدل شوند.

از مدل‌های مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها در ادبیات طبقه‌بندی موجودی نیز استفاده شده است. از مزایای این مدل‌ها نیاز نداشتن به تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها توسط تصمیم‌گیرنده است. توضیح اینکه تصمیم‌گیرنده برای مشخص کردن اهمیت نسبی شاخص‌ها مبنای منطقی روشی در دست ندارد، اما تحلیل پوششی داده‌ها خود اهمیت نسبی شاخص‌ها را تعیین می‌کند. یکی از پرکاربردترین مدل‌های مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها مدل آر است (رامانتادان، ۲۰۰۶). این مدل ساده به دلیل انعطاف‌پذیری بالا می‌تواند اطلاعات تصمیم‌گیرنده‌ها را برای طبقه‌بندی موجودی‌ها به آسانی یکپارچه کند. ضعف مدل آر این است که ممکن است با تخصیص مقدار صفر به وزن برخی معیارها ارزیابی را بر اساس معیارهای محدودی به شیوه‌ای انجام دهد که قلم کالا به شکل نادرست در طبقه A قرار گیرد. ژوو و فان^۳ (۲۰۰۷) ضعف مدل آر را برطرف کرده و مدل ZF را ارائه دادند. بر اساس این مدل در ابتدا یک بار مطلوب‌ترین و یک بار نامطلوب‌ترین وزن‌ها برای معیارها تعیین شده و سپس این دو مقدار با به کارگیری یک ضریب خوش‌بینی، که مقدار آن توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود، تجمیع می‌شوند. اما تعیین ضریب خوش‌بینی باید توسط تصمیم‌گیرنده انجام شود که برای تعیین این مقدار، هیچ شیوه علمی توصیه نشده است. ان جی (۲۰۰۷) مدل بهینه‌سازی خطی وزن‌داری برای طبقه‌بندی ABC اقلام موجودی ارائه کرد، اما نمره محاسبه‌شده برای اقلام موجودی در این مدل، مستقل از وزن اقلام بوده و به اخذ قضاوت از تصمیم‌گیرنده برای تعیین اهمیت معیارها نیاز است. هادی ونچه^۴ (۲۰۱۰) یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی (HV) که از مدل Ng گرفته شده، ارائه داد، اما مدل HV^۵ نیز به اطلاعات ذهنی تصمیم‌گیرنده برای تعیین اهمیت معیارها وابسته است. ژنگ، فو، لای و لانگ^۶ (۲۰۱۷) مدل Ng را بهبود داده و برای تعیین اهمیت معیارها از روش آنروپی شانون استفاده کردند. هاتفی، ترابی و باقری^۷ (۲۰۱۴) برای طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی در حضور هر دو نوع معیار کیفی و کمی، مدل مناسبی ارائه دادند. آنها معیارهای کیفی را به مدل آر اضافه کردند اما از مدل شعاعی آر استفاده نکردند. چن^۸ (۲۰۱۱) با استفاده از مدل ZF که پیش‌تر توسط ژوو و فان ارائه شده بود، مدلی جدید ارائه داد. چن به جای نمرات کارایی، از نمرات دیگری که در ادبیات تحلیل پوششی داده‌ها کارایی متقاطع نامیده می‌شود، استفاده کرد. یعنی برای محاسبه بازده هر قلم موجودی علاوه بر بهترین وزن‌های خودش، بهترین وزن‌های اقلام دیگر نیز در نظر گرفته شده است. سپس بدون نیاز به ضریب خوش‌بینی لاندن آنها را جمع کرد اما مدل وی به انجام محاسبات و عملیات ریاضی زیادی نیاز دارد. هاتفی و ترابی^۹ (۲۰۱۵) یک مدل بهینه‌سازی خطی با مجموعه‌ای از وزن‌های مشترک برای طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی پیشنهاد کردند. اما مدل

1. Partovi & Anandarajan
2. Guvenir & Erel
3. Zhou & Fan
4. Hadi-Vencheh
5. Hadi-Vencheh(HV)

6. Zheng, Fu, Lai & Liang
7. Hatefi, Torabi & Bagheri
8. Chen
9. Hatefi & Torabi

آنها نیز بر اساس مدل آر است. کرن و حداد (۲۰۱۶) از روش AHP^۱ برای مقایسه روش‌های مبتنی بر DEA در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی استفاده کردند اما روش AHP مبتنی بر اطلاعات ذهنی است. پارک و همکاران (۲۰۱۴) برای طبقه‌بندی اقلام موجودی نمرات کارایی متقاطع مدل آر را توصیه کردند که در آن به دلیل استفاده از کارایی متقاطع از تشابه نمره اقلام موجودی جلوگیری شده و این امر موجب طبقه‌بندی ساده‌تر اقلام موجودی شده است، اما به دلیل استفاده از مدل آر که یک مدل شعاعی است در مدل آنها نیز ضعف مدل آر مشهود است. در این مقاله روشی جدید برای بهبود مدل میانگین کارایی متقاطع آر پیشنهاد شده که در این روش برای طبقه‌بندی اقلام موجودی مدل غیرشعاعی رم^۲ به کار برده شده است. در این روش نه تنها برای طبقه‌بندی موجودی‌ها از یک مدل غیرشعاعی استفاده شده، بلکه به دلیل استفاده از کارایی متقاطع نمره هر قلم موجودی علاوه بر بهترین وزن‌های خودش، بر اساس بهترین وزن‌های اقلام دیگر نیز محاسبه شده است. در ادامه در مورد مدل آر، مدل CE-WLO و مدل پیشنهادی این پژوهش توضیحات کامل‌تری ارائه خواهد شد.

مدل بهینه‌سازی خطی موزون (مدل آر)

مدل CCR^۳ نوعی مدل تحلیل پوششی داده‌ها است که شعاعی عمل می‌کند. مدل‌های شعاعی به هر واحدی که حداقل در یک معیار بهترین باشد، کارایی یک را تخصیص می‌دهند. مدل CCR مضربی در ماهیت ورودی به صورت زیر است:

$$\text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad \text{رابطه (۱)}$$

st:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

که در آن x_{ij} نشان‌دهنده میزان ورودی نام واحد i ام؛ y_{rj} نشان‌دهنده میزان خروجی r ام واحد j ام؛ u_r نشان‌دهنده

وزن خروجی r ام؛ v_i نشان‌دهنده وزن ورودی i ام است و تعداد واحدهای مورد بررسی از $0 \leq j \leq n$ است.

اگر در مدل CCR تمام ورودی‌ها را برابر مقدار صفر قرار دهیم، مدل آر به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad \text{رابطه (۲)}$$

St:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r \geq 0$$

مقدار قلم ز را بر حسب هر معیار با y_{rj} نشان می‌دهیم. u_r نشان‌دهنده وزن معیار r ، n نشان‌دهنده تعداد واحدها (در اینجا اقلام موجودی) و s تعداد خروجی‌ها (در اینجا معیارها) است. این مدل برای هر قلم کالای حل شده با تخصیص بهترین وزن‌ها به آن قلم کالا، یک نمره کارایی به دست می‌دهد. مدل آر یک ضعف برجسته دارد، به دلیل آنکه شعاعی عمل می‌کند. اگر یک قلم در معیاری معین مقدار بالایی داشته باشد توسط مدل آر بدون توجه به مقدارش در معیارهای دیگر، در طبقه A قرار خواهد گرفت، که این امر ممکن است موجب طبقه‌بندی نادرست اقلام موجودی شود.

ارزیابی کارایی متقاطع مدل بهینه‌سازی خطی موزون (CE-WLO)

مدل CE-WLO^۱ توسط پارک و همکاران (۲۰۱۴) پیشنهاد شد. در این مدل با ترکیب کارایی متقاطع و مدل آر، مدلی جدید برای طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی ارائه شد. در روش کارایی متقاطع نمره هر قلم موجودی علاوه بر بهترین وزن‌های خودش بر اساس بهترین وزن‌های سایر اقلام موجودی محاسبه شده و نتیجه در ماتریسی ارائه می‌شود. مراحل اجرای مدل CE-WLO به شرح زیر است:

مرحله ۱. ابتدا بازده هر قلم را با استفاده از رابطه ۲ (مدل آر) محاسبه می‌کنیم.

مرحله ۲. نمره کارایی متقاطع هر قلم موجودی را تعیین کرده و ماتریس کارایی متقاطع را تشکیل می‌دهیم.

مرحله ۳. میانگین کارایی متقاطع هر قلم را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرده و طبقه‌بندی اقلام را بر اساس آن

انجام می‌دهیم:

$$E_j = \frac{\sum_{k=1}^n c_{jk}^*}{n} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$j = 1, \dots, n$$

که در آن E_j نشانگر بازده واحد j ، n تعداد واحدها و c_{jk}^* نشانگر کارایی واحد j با وزن‌های واحد k است. روش کارایی متقاطع توان بالایی در تفکیک‌پذیری واحدهایی کارا دارد. واحد کارا واحدی است که دارای مقدار کارایی یک است، بنابراین می‌توان هنگامی که بازده تعداد زیادی از اقلام موجودی یک است برای طبقه‌بندی دقیق اقلام موجودی استفاده کرد. همچنین در این روش به دلیل استفاده از کارایی متقاطع، هر دو روش خودارزیابی و ارزیابی زوجی به کار رفته است (پارک و همکاران، ۲۰۱۴). اما ضعف مدل آر در این روش نیز وجود دارد. همچنین در مدل کارایی متقاطع برای محاسبه بازده هر واحد از روش میانگین استفاده می‌شود.

مدل رم بدون ورودی

یکی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مدل غیرشعاعی RAM^۲ است که نخستین بار توسط کوپر، پارک و پاستور^۳ در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است. اگر x_{ij} را ورودی i ام واحد j ام و y_{rj} را خروجی r ام واحد j ام در نظر بگیریم، فرم مضربی مدل RAM به صورت زیر خواهد بود:

1. Cross-evaluation-based weighted linear optimization
2. Range Adjusted Model (RAM)

3. Cooper, Park & Pastor

$$\text{Max} \sum_{i=1}^s u_r y_{ro} - \sum_{r=1}^m v_i x_{io} + w \quad (\text{رابطه ۴})$$

st:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + w \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

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

$$v_i \geq \frac{1}{m+s} R_i^-, \quad i = 1, \dots, m$$

آزاد در علامت W

واحد تحت ارزیابی با اندیس 0 نشان داده می‌شود. w ، u_r و v_i متغیر هستند. بازه‌های R_r^+ و R_i^- به ترتیب برای ورودی‌ها و خروجی‌ها به صورت رابطه ۵ و ۶ تعریف می‌شود:

$$R_i^- = \max(x_{ij}, j = 1, \dots, n) - \min(x_{ij}, j = 1, \dots, n), \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$R_r^+ = \max(y_{rj}, j = 1, \dots, n) - \min(y_{rj}, j = 1, \dots, n), \quad r = 1, \dots, s \quad (\text{رابطه ۶})$$

تابع هدف در مدل RAM مقداری منفی به دست می‌دهد که بیانگر ناکارایی واحد تحت ارزیابی است. برای تبدیل این اندازه ناکارایی به اندازه کارایی کافی است این مقدار با عدد یک جمع شود زیرا اثبات می‌شود این اندازه بین صفر و منهای یک است (کوپر و همکاران، ۱۹۹۹). در تحلیل پوششی داده‌ها معیارهایی که هر چه کوچک‌تر باشند بهتر است، ورودی و معیارهایی که هر چه بیشتر باشند بهتر است، خروجی نامیده می‌شود. با فرض صفر بودن یا به‌طور کلی ثابت بودن همه ورودی‌ها در مقایسه اقلام موجودی، مدل رم بدون ورودی به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$Z = \text{Max} \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} + w \right) \quad (\text{رابطه ۷})$$

St:

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

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

$$u_r \geq 0$$

آزاد در علامت W

$$R_r^+ = \bar{y}_r - \underline{y}_r \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$\bar{y}_r = \max\{y_{rj}, j = 1, \dots, n\}$$

$$\underline{y}_r = \min\{y_{rj}, j = 1, \dots, n\}$$

که در آن، u_r وزن r امین معیار؛ y_{rj} بازده واحد z ام در r امین معیار و w متغیر آزاد در علامت است. بازده R_r^+ به صورت رابطه ۸ تعریف شود. تابع هدف این مدل هم مثل مدل RAM مقداری بین صفر و منهای یک می‌گیرد که بیانگر اندازه ناکارایی است و برای تبدیل آن به کارایی کافی است با عدد یک جمع شود. با توجه به اینکه در این مدل تمام ورودی‌ها صفر در نظر گرفته شده و عبارت از مدل حذف می‌شود، قرار گرفتن اندازه ناکارایی حاصل از مدل بین منهای یک و صفر را اثبات می‌کنیم.

قضیه: تابع هدف مدل ۷ بین صفر و منهای یک است.

اثبات: اولاً تابع هدف به ازای $J = 0$ یکی از قیود کوچک‌تر یا مساوی صفر است، بنابراین تابع هدف نمی‌تواند مقدار مثبت بگیرد. ثانیاً جواب زیر که مقدار تابع هدف به‌ازای آن منهای یک است یک جواب شدنی برای مدل است و با در نظر گرفتن جهت ماکسیمم برای تابع هدف، نتیجه می‌شود مقدار این تابع بزرگ‌تر یا مساوی منهای یک است.

$$u_r = \frac{1}{s(R_r^+)} r = 1, \dots, s, w = -1 - \sum_{r=1}^s \frac{1}{s(R_r^+)} y_{ro} \quad (\text{رابطه ۹})$$

برای نشان دادن شدنی بودن این جواب کافی است در قیود مدل صدق داده شود. در این صورت دسته قیود وزن $u_r \geq \frac{1}{s(R_r^+)}$ به صورت مساوی درمی‌آیند و دسته قیود $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + w \leq 0$ به ازای $j = 0$ به صورت نامساوی بدیهی $-1 \leq 0$ و به‌ازای $j \neq 0$ به شکل زیر خواهد شد که با توجه به کوچک‌تر بودن صورت کسر از همواره برقرار است.

$$\sum_{r=1}^s \frac{y_{rj} - y_{ro}}{s(R_r^+)} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

کافی است توجه شود که $R_r^+ = \bar{y}_r - \underline{y}_r$ بزرگ‌ترین تفاوت بین دو مقدار هر خروجی است. مدل رم یک مدل غیرشعاعی است یعنی هنگام محاسبه بازده یک قلم، فقط به دلیل برتری در یک معیار نمره کارایی یک را در ارزیابی تخصیص نمی‌دهند و تمام معیارها را در نظر می‌گیرند، بنابراین ضعف مدل آر را ندارد. اما ارزیابی بر اساس بهترین وزن‌های تخصیصی نوعی ارزیابی یک‌سویه و خوش‌بینانه است، بنابراین استفاده از روش کارایی متقاطع توصیه می‌شود که با دخالت دادن وزن‌های مطلوب برای سایر ارقام، هم ارزیابی با وزن‌های منطقی‌تری انجام می‌شود و هم تفکیک‌پذیری نتایج مجدداً بهبود می‌یابد.

روش پیشنهاد شده

در پژوهش حاضر به دلیل ضعف مدل آر، مدل غیرشعاعی رم بدون ورودی در محاسبه کارایی متقاطع ارقام موجودی برای طبقه‌بندی پیشنهاد شده است. در مدل کارایی متقاطع برای محاسبه بازده هر واحد از روش میانگین استفاده می‌شود. با توجه به ضعف روش میانگین در این پژوهش مدلی ارائه شده که از روش میانگین استفاده نکرده است. در این روش مدل رم دوبار اجرا می‌شود. مراحل اجرای این مدل به صورت زیر است:

مرحله نخست: ابتدا ماتریس کارایی متقاطع اقلام موجودی را بر اساس مدل رم بدون ورودی محاسبه می‌کنیم. این ماتریس به صورت زیر خواهد بود:

واحد	۱	۲	...	N
1	E_{11}	E_{12}		
2	E_{21}			
3				
:				
n				

شکل ۱. ماتریس کارایی متقاطع

مرحله دوم: کارایی متقاطع در واقع کارایی با وزن‌های متفاوت است. زیرا قلمی که هر یک از کارایی‌های متقاطع آن بیشتر باشد باید مهم‌تر ارزیابی شود. بنابراین می‌توان هر یک از کارایی‌های متقاطع یک قلم موجودی را به عنوان خروجی آن قلم قلمداد کرد که هر چه بیشتر باشد بهتر است. در نتیجه بار دوم هر ستون جدول کارایی متقاطع به عنوان یک خروجی یا یک معیار فرض شده و مدل رم مجدداً اجرا می‌شود. با استفاده از مدل زیر بازده هر قلم موجودی را محاسبه کرده و اقلام را طبقه‌بندی می‌کنیم:

$$Z = \text{Max} \left(\sum_{i=1}^n u_i E_{r0} + w \right) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

St:

$$\sum_{i=1}^n u_i E_{ij} + w \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_i \geq \frac{1}{n(R_i^+)} \quad i = 1, \dots, n$$

$$u_i \geq 0$$

آزاد در علامت W

$$R_i^+ = \bar{E}_i - \underline{E}_i \quad \text{به طوری که:}$$

$$\bar{E}_i = \max\{E_{ij}, j = 1, \dots, n\}$$

$$\underline{E}_i = \min\{E_{ij}, j = 1, \dots, n\}$$

که در آن اندیس j نشان‌دهنده هر یک از واحدهاست u_i وزن تأمین قلم (در جدول کارایی متقاطع)، E_{ij} کارایی متقاطع واحد j بر اساس وزن‌های واحد i و w متغیر آزاد در علامت است. این مدل همان مدل RAM بدون ورودی است که در رابطه ۷ آمده است، با این تفاوت که نماد E_{rj} به جای y_{rj} و نماد E_{r0} به جای y_{r0} آمده تا نشان دهد در اینجا مقادیر کارایی متقاطع به جای خروجی‌ها قرار می‌گیرند. کارایی متقاطع، مجموعه‌ای از وزن‌ها را دخالت می‌دهد که هر یک برای یک قلم کالا مطلوب است و به این ترتیب رویکرد خوش‌بینانه که تخصیص بهترین وزن‌ها به هر واحد است با رویکردی واقع‌گرایانه جایگزین می‌شود که در آن وزن‌ها، میانگین مطلوب‌ترین وزن‌ها برای همه اقلام است. به کارگیری این روش

افزایش تفکیک پذیری نتایج را در پی خواهد داشت. بنابراین در پژوهش حاضر به دلیل ضعف مدل آر از مدل غیرشعاعی رم برای محاسبه کارایی متقاطع استفاده شد.

مثال عددی

در ادبیات پژوهش برای اجرای مدل‌ها از مثالی مشترک استفاده شده است. در این پژوهش ما نیز با پیروی از ژوو و فان (۲۰۰۷)، ان جی (۲۰۰۷)، چن (۲۰۱۱) و پارک و همکاران (۲۰۱۴) از مثالی مشترک برای مقایسه نتایج استفاده کرده‌ایم. داده‌ها شامل مقادیر ۴۷ قلم موجودی در سه معیار ارزش مصرف سالانه (ADU)، میانگین هزینه واحد (AUC) و زمان انتظار (LT) است. برای مقایسه عملکرد مدل پیشنهادی با مدل‌های دیگر از توزیع یکسانی برای طبقه‌بندی اقلام استفاده شده است که بر اساس آن ۱۰ قلم از ۴۷ قلم در طبقه A، ۱۴ قلم در طبقه B و ۲۳ قلم در طبقه C قرار گرفته‌اند. نتایج محاسبات در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. فهرست ۴۷ قلم موجودی و طبقه‌بندی آنها با استفاده از دو مدل مطرح‌شده

طبقه‌بندی ABC				مدل پیشنهادی	زمان انتظار	مصرف سالانه (\$)	میانگین هزینه واحد (\$)	قطعه
مدل پیشنهادی	مدل CE-WLO	مدل RAM	مدل آر					
A	C	A	A	۰/۴۸	۲	۵۸۴۰/۶۴	۴۲/۹۲	d1
A	A	A	A	۱	۵	۵۶۷۰	۲۱۰	d2
A	B	A	A	۰/۵۲	۴	۵۰۳۷/۱۲	۲۳/۷۶	d3
B	C	C	B	۰/۲۹	۱	۴۷۶۹/۵۶	۲۷/۷۳	d4
B	C	B	B	۰/۴	۳	۳۴۷۸/۸	۵۷/۹۸	d5
C	C	A	C	۰/۲۶	۳	۲۹۳۶/۶۷	۳۱/۲۴	d6
B	C	C	C	۰/۳	۳	۲۸۳۰	۲۸/۲	d7
B	B	C	B	۰/۴۲	۴	۲۶۴۰	۵۵	d8
A	A	B	A	۰/۵۸	۶	۲۴۲۳/۵۲	۷۳/۴۴	d9
A	B	B	B	۰/۶	۴	۲۴۰۷/۵	۱۶۰/۵	d10
C	C	C	C	۰/۰۶	۲	۱۰۷۵/۲	۵/۱۲	d11
B	B	B	B	۰/۳۱	۵	۱۰۴۳/۵	۲۰/۸۷	d12
A	A	A	A	۰/۵۹	۷	۱۰۳۸	۸۶/۵	d13
A	A	B	B	۰/۴۸	۵	۸۸۳/۲	۱۱۰/۴	d14
C	C	A	C	۰/۲۵	۳	۸۵۴/۴	۷۱/۲	d15
C	C	C	C	۰/۱۹	۳	۸۱۰	۴۵	d16
C	C	B	C	۰/۲	۴	۷۰۳/۶۸	۱۴/۶۶	d17
B	A	B	A	۰/۴۱	۶	۵۹۴	۴۹/۵	d18
B	B	B	B	۰/۳۳	۵	۵۷۰	۴۷/۵	d19
C	B	C	C	۰/۲۷	۴	۴۶۷/۶	۵۸/۴۵	d20
C	C	C	C	۰/۲۱	۴	۴۶۳/۶	۲۴/۴	d21
B	B	B	C	۰/۲۸	۴	۴۵۵	۶۵	d22

ادامه جدول ۱

طبقه‌بندی ABC				مدل پیشنهادی	زمان انتظار	مصرف سالانه (\$)	میانگین هزینه واحد (\$)	قطعه
مدل پیشنهادی	مدل CE-WLO	مدل RAM	مدل آر					
B	B	C	C	۰/۳۲	۴	۴۳۲/۵	۸۶/۵	d23
C	C	C	C	۰/۱۴	۳	۳۹۸/۴	۳۳/۲	d24
C	C	C	C	۰	۱	۳۷۰/۵	۳۷۰/۵	d25
C	C	C	C	۰/۱۴	۳	۳۳۸/۴	۳۳/۸۴	d26
C	C	C	C	۰/۰۹	۱	۳۳۶/۱۲	۸۴/۰۳	d27
A	A	C	A	۰/۴۵	۶	۳۱۳/۶	۷۸/۴	d28
A	A	B	A	۰/۶۳	۷	۲۶۸/۶۸	۱۳۴/۳۴	d29
C	C	C	C	۰/۰۳	۱	۲۲۴	۵۶	d30
B	B	A	B	۰/۳۶	۵	۲۱۶	۷۲	d31
C	C	C	C	۰/۰۹	۲	۲۱۲/۰۸	۵۳/۰۲	d32
B	B	C	B	۰/۳۱	۵	۱۹۷/۹۲	۴۹/۴۸	d33
B	A	C	A	۰/۳۸	۷	۱۹۰/۸۹	۷/۰۷	d34
C	C	B	C	۰/۱۸	۳	۱۸۱/۸	۶۰/۶	d35
C	C	C	C	۰/۱۴	۳	۱۶۳/۲۸	۴۰/۸۲	d36
C	B	C	B	۰/۲۷	۵	۱۵۰	۳۰	d37
C	C	C	C	۰/۱۹	۳	۱۳۴/۸	۶۷/۴	d38
B	B	A	B	۰/۳۲	۵	۱۱۹/۲	۵۶/۶	d39
B	A	C	B	۰/۳۸	۶	۱۰۳/۳۶	۵۱/۶۸	d40
C	C	A	C	۰/۰۲	۲	۷۹/۲	۱۹/۸	d41
C	C	C	C	۰/۰۶	۲	۷۵/۴	۳۷/۷	d42
C	B	C	B	۰/۲۶	۵	۵۹/۷۸	۲۹/۸۹	d43
C	C	B	C	۰/۱۵	۳	۴۸/۳	۴۸/۳	d44
A	A	B	A	۰/۴۲	۷	۳۴/۴	۳۴/۴	d45
C	C	B	C	۰/۱۱	۳	۲۸/۸	۲۸/۸	d46
C	B	A	B	۰/۲۲	۵	۲۵/۳۸	۸/۴۶	d47

مطالعه موردی

در این پژوهش برای اجرای مدل‌ها از ۸۰ قلم از اقلام موجودی شرکت صنعتی پارس خزر استفاده کرده‌ایم، که ۳۶ قلم از ۸۰ قلم از انبار داخلی، ۲۴ قلم از انبار خارجی و ۲۰ قلم از انبار پلاستیک انتخاب شده‌اند. همچنین برای طبقه‌بندی این اقلام موجودی سه معیار قیمت، مصرف سالانه و زمان انتظار در نظر گرفته شده است. پس از اجرای مدل‌ها و به دست آوردن بازده هر قلم موجودی، آنها را به صورت نزولی مرتب کرده و مطابق اصل پارتو ۲۰ درصد از اقلام (معادل ۱۶ قلم) در طبقه A، ۳۰ درصد از اقلام (معادل ۲۴ قلم) در طبقه B و ۵۰ درصد بقیه (معادل ۴۰ قلم) در طبقه C قرار می‌گیرند. نتایج اجرای مدل‌ها در جدول زیر آمده است:

جدول ۲. فهرست ۸۰ قلم موجودی و طبقه‌بندی آنها با استفاده از دو مدل مطرح شده

طبقه‌بندی ABC			نتایج اجرای مدل‌ها			زمان انتظار (روز)	قیمت (ریال)	مصرف سالانه	قطعه
مدل آر	مدل پیشنهادی	مدل CE-WLO	مدل آر	مدل پیشنهادی	مدل CE-WLO				
B	B	B	۰/۶۷	۰/۴۵	۰/۵۷	۳۰	۳۵	۲۵۰۱۰۰	d1
B	B	B	۰/۴۷	۰/۳۱	۰/۴۰	۳۰	۵۴	۱۵۱۴۰۰	d2
A	A	A	۱/۰۰	۰/۶۹	۰/۸۴	۳۰	۳۰	۴۱۶۲۰۰	d3
C	C	C	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۲۷	۳۰	۴۵	۷۰۲۰۰	d4
B	B	B	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۴۳	۳۰	۱۶۰	۱۶۸۴۰۰	d5
B	C	C	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۲۸	۳۰	۱۰۰	۷۹۴۰۰	d6
C	C	C	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۶	۳۰	۱۶۳۵۰	۱۵۰۰	d7
C	C	C	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۲۳	۴۵	۹۶۰۰	۲۰۰۰	d8
C	C	C	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۲۳	۴۵	۱۶۷۵۰	۱۵۰۰	d9
C	C	C	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۲۴	۴۵	۲۷۲۰۰	۶۰۰۰	d10
C	C	C	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۲۵	۴۵	۲۵۹۰۰	۸۵۰۰	d11
C	C	C	۰/۲۶	۰/۱۸	۰/۲۴	۴۵	۱۴۷۵	۸۰۰۰	d12
C	C	C	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۲۳	۴۵	۸۸۶	۵۰۰۰	d13
C	C	C	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۲۳	۴۵	۱۳۵۰	۴۰۰۰	d14
B	B	B	۰/۴۰	۰/۲۸	۰/۳۵	۴۵	۷۵۸	۷۶۷۰۰	d15
C	C	C	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۶	۳۰	۸۷۰۰	۴۰۰۰	d16
C	C	C	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۶	۳۰	۸۷۰۰	۴۰۰۰	d17
C	C	C	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۸	۱۰	۵۲۲۰۰	۴۹۹۴	d18
C	C	C	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۹	۳۰	۵۰۳۲۸	۱۴۵۰۰	d19
C	C	C	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۲۲	۳۰	۳۵۳۹۱/۲۵	۳۴۵۰۰	d20
B	B	B	۰/۳۴	۰/۲۴	۰/۳۰	۴۵	۲۶۸۰	۴۷۰۰۰	d21
C	C	C	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۲۸	۴۵	۱۴۸۰	۳۴۷۰۰	d22
C	C	C	۰/۲۶	۰/۱۸	۰/۲۴	۴۵	۲۱۸۰	۷۰۰۰	d23
A	A	A	۰/۹۵	۰/۶۵	۰/۸۰	۳۰	۲۴۰	۳۹۰۱۰۰	d24
A	B	B	۰/۶۹	۰/۴۷	۰/۵۹	۳۰	۲۴۰	۲۶۲۱۰۰	d25
B	B	B	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۶	۶۰	۱۷۹۷۶	۳۲۰۰۰	d26
B	B	B	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۳۶	۶۰	۱۹۱۰۰	۳۰۰۰۰	d27
C	C	C	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۲۳	۳۰	۳۳۹۰۰	۴۰۷۰۰	d28
C	C	C	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۱۷	۳۰	۳۰۹۷۰	۶۵۰۰	d29
C	C	C	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۸	۳۰	۲۲۸۰۰	۱۲۰۰۰	d30
C	C	C	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۲۷	۵۰	۲۹۶۰۰	۵۰۰۰	d31
C	B	C	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۲۸	۵۰	۲۸۴۵۰	۱۳۰۰۰	d32
C	B	B	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۲۹	۵۰	۲۵۵۰۰	۱۹۰۰۰	d33
C	B	C	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۲۸	۵۰	۲۲۷۰۰	۱۶۰۰۰	d34
B	B	B	۰/۶۶	۰/۵۲	۰/۶۰	۹۰	۱۹۰۳۴/۴۲	۸۶۱۱۳	d35
B	B	B	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۵۶	۹۰	۱۹۰۳۴/۴۲	۶۳۰۴۰	d36
B	B	B	۰/۵۹	۰/۴۶	۰/۵۴	۹۰	۱۹۸	۵۲۰۰۰	d37
B	B	B	۰/۶۸	۰/۵۶	۰/۶۲	۱۲۰	۳۹۴۷۴	۴۰۰۰	d38
B	B	B	۰/۵۴	۰/۴۳	۰/۵۰	۹۰	-	۲۵۵۰۰	d39
B	B	B	۰/۶۸	۰/۵۶	۰/۶۲	۱۲۰	۳۹۴۷۴	۲۵۰۰	d40
B	B	B	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۴۸	۹۰	-	۱۳۵۰۰	d41

ادامه جدول ۲

طبقه‌بندی ABC			نتایج اجرای مدل‌ها			زمان انتظار (روز)	قیمت (ریال)	مصرف سالانه	قطعه
مدل آر	مدل پیشنهادی	مدل CE-WLO	مدل آر	مدل پیشنهادی	مدل CE-WLO				
B	B	B	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۶۱	۱۲۰	۴۹۳۴/۲۵	۵۰۰۰	d42
B	B	B	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۶۲	۱۲۰	۸۲۲۳/۷۵	۸۰۰۰	d43
A	A	A	۰/۹۹	۰/۸۲	۰/۹۰	۱۵۰	۲۶۳۱۶	۸۵۷۰۰	d44
A	A	A	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۹۲	۱۸۰	۰	۴۰۰۰	d45
A	A	A	۰/۷۴	۰/۶۰	۰/۶۸	۱۲۰	۳۹۴۷/۴	۳۴۷۰۰	d46
B	A	A	۰/۶۸	۰/۵۶	۰/۶۳	۱۲۰	۱۶۴۴۷/۵	۱۳۵۰۰	d47
A	A	A	۰/۷۷	۰/۶۲	۰/۷۰	۱۲۰	۶۷۳۰	۶۰۷۰۰	d48
A	A	A	۰/۸۲	۰/۶۷	۰/۷۵	۱۲۰	۱۵۴۲۴	۸۶۷۰۰	d49
A	A	A	۰/۶۸	۰/۵۶	۰/۶۳	۱۲۰	۱۲۱۶۰	۱۴۵۰۰	d50
B	B	B	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۶۱	۱۲۰	۱۲۳۰۰	۵۰۰۰	d51
A	A	A	۰/۸۴	۰/۷۱	۰/۷۸	۱۵۰	۴۷۰۰۰	۷۴۷۲/۴	d52
A	A	A	۰/۸۴	۰/۷۲	۰/۷۸	۱۵۰	۴۷۰۰۰	۱۱۶۸۰	d53
A	A	A	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۷۹	۱۵۰	۴۷۰۰۰	۱۶۷۳۴	d54
A	A	A	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۳	۱۸۰	۲۴۳۰	۱۵۷۶۲/۸۷	d55
A	A	A	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۱	۱۸۰	۲۵۰۰	۳۴۲۸/۱	d56
A	A	A	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۸	۱۵۰	۷۰۰۰۰۰	۱۴۷۰/۴	d57
A	A	A	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۹۴	۱۵۰	۶۰۰۰۰۰	۱۱۹۳/۳	d58
B	B	B	۰/۵۴	۰/۴۳	۰/۵۰	۹۰	۲۷۰۹/۴۶	۲۹۰۸۹	d59
B	B	B	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۴۸	۹۰	۹۱۰۰	۱۳۱۴۰	d60
C	C	C	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۲	۲۰	۳۱۲۳۲	۵۰۰۰	d61
C	C	C	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۳	۱۰	۱۱۱۲	۵۰۰۰۰	d62
C	C	C	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۲	۱۰	۱۳۸۱	۴۰۰۰۰	d63
B	C	B	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۳۰	۱۰	۱۲۳۹	۱۵۰۰۰۰	d64
B	B	B	۰/۴۸	۰/۲۶	۰/۳۶	۵	۳۷۲	۲۰۰۰۰۰	d65
C	C	C	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۱۶	۱۵	۶۵۷۸	۵۰۰۰۰	d66
C	C	C	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۷	۱۰	۱۰۸۶۴	۱۰۰۰۰	d67
C	C	C	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۳	۱۰	۳۷۴۶	۵۰۰۰۰	d68
C	C	C	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۳	۱۰	۱۴۵۱	۵۰۰۰۰	d69
C	C	C	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۷	۱۰	۷۹۴۸	۱۰۰۰۰	d70
C	C	C	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۷	۱۰	۱۱۸۴۲	۱۰۰۰۰	d71
C	C	C	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۳	۱۰	۱۷۰۶	۵۰۰۰۰	d72
C	C	C	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۳	۱۰	۵۰۹	۵۰۰۰۰	d73
C	C	C	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۲	۱۰	۴۵۱	۴۰۰۰۰	d74
C	C	C	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۷	۱۰	۴۵۵۰	۱۰۰۰۰	d75
C	C	C	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۸	۱۰	۲۸۴۵	۱۵۰۰۰	d76
B	C	B	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۳۰	۱۰	۳۹۳	۱۵۰۰۰۰	d77
C	C	C	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۰	۱۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰۰	d78
C	C	C	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۳	۱۰	۷۶۴	۵۰۰۰۰	d79
C	C	C	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۰	۱۵	۱۶۲۳۸	۱۰۰۰۰	d80

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌کنید d18 دارای زمان انتظار بالایی است، اما مقادیر کمی در دو معیار دیگر دارد. مدل آر و مدل CE-WLO بدون توجه به مقادیر دو معیار دیگر این دو قلم موجودی را در طبقه A قرار داده، در حالی که مدل RAM و مدل پیشنهادی این دو قلم را در طبقه B قرار داده و مقدار هر قلم را در تمام معیارها در نظر گرفته است. همچنین d10 دارای AUC (۱۶۰/۵)، ADU (۲۴۰۷/۵) و LT (۴) است و d13 دارای AUC (۸۶/۵)، ADU (۱۰۳۸) و LT (۷) است و d10 دارای مقادیر بیشتری در دو معیار از سه معیار نسبت به d13 است، بنابراین نمی‌تواند در طبقه‌بندی پایین‌تری نسبت به d13 قرار گیرد. با توجه به جدول d13 توسط هر چهار مدل در طبقه A قرار گرفته است، در حالی که d10 توسط مدل آر و مدل CE-WLO و مدل RAM در طبقه B و توسط مدل پیشنهادی در طبقه A قرار گرفته است. همین شرایط در مورد d16 و d47 نیز برقرار است. همچنین با توجه به جدول ۲، d22 دارای مصرف سالانه ۳۴۷۰۰ و قیمت ۱۴۸۰ ریال و زمان انتظار ۴۵ روز است و d77 دارای مصرف سالانه ۱۵۰۰۰۰ و قیمت ۳۹۳ ریال و زمان انتظار ۱۰ روز است و d22 دارای مقادیر بیشتری در دو معیار از سه معیار نسبت به d77 است، پس نمی‌تواند در طبقه‌بندی پایین‌تری نسبت به d77 قرار گیرد. با توجه به جدول d22 توسط هر سه مدل در طبقه C قرار گرفته در حالی که d77 توسط مدل آر و مدل CE-WLO در طبقه B و توسط مدل پیشنهادی در طبقه C قرار گرفته است. همین شرایط در مورد d9 و d64 نیز برقرار است. بنابراین نتایج اجرای مدل‌ها روی مثال عددی و تجربی نشان‌دهنده این است که مدل پیشنهادی طبقه‌بندی مناسب‌تری را نسبت به مدل آر و مدل CE-WLO و مدل RAM را ارائه می‌دهد.

برای طبقه‌بندی اقلام موجودی در پژوهش‌های آتی، شناسایی و کاربرد سایر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد می‌شود. همچنین استفاده از مدل پیشنهادی در سایر شرکت‌ها و سازمان‌های و بررسی مجدد کاربرد آن توصیه می‌شود.

منابع

- زارعی محمودآبادی، محمد؛ طحاری مهرجردی، محمد حسین؛ مهدویان، علیرضا (۱۳۹۳). ارزیابی فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ایران: رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۶(۱)، ۵۵-۷۴.
- علی‌پور جورشری، ارمغان؛ یاکیده، کیخسرو؛ محفوظی، غلامرضا (۱۳۹۶). بهینه‌سازی سبد سهام با حداقل میانگین انحرافات مطلق کارایی‌های متقاطع. *مدیریت صنعتی*، ۹(۳)، ۴۷۵-۴۹۶.
- گودرزی، مهشید؛ یاکیده، کیخسرو؛ محفوظی، غلامرضا (۱۳۹۵). بهینه‌سازی سبد سهام با تلفیق کارایی متقاطع و نظریه بازی‌ها. *مدیریت صنعتی*، ۸(۴)، ۶۸۵-۷۰۶.
- مؤمنی، منصور (۱۳۹۳). مباحث نوین تحقیق در عملیات. تهران: گنج شایگان.
- نمازی، م؛ ابراهیمی، شهلا (۱۳۹۰). بررسی کارایی بانک‌های ایران با استفاده از تکنیک DEA به روش پله‌ای. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۲(۵)، ۱۵۹-۱۷۴.

References

- Alipor Jorshari, A., Yakideh, K., Mahfoozi, GH. (2017). Portfolio optimization by minimum absolute deviation of cross efficiencies. *Journal of Industrial Management*, 9(3), 475-496. (in Persian)

- Chen, J. X. (2011). Peer-estimation for multiple criteria ABC inventory classification. *Computers & Operations Research*, 38 (12), 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.
- Flores, B.E. & Whybark, D.C. (1987). Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operation Management*, 7(1-2), 79-84.
- Goodarzi, M., Yakideh, K., Mahfoozi, Gh. (2017). Portfolio optimization by synthesis of cross efficiency and Game theory. *Journal of Industrial Management*, 8(4), 685-706. (in Persian)
- Güvenir, H.A. & Erel, E. (1998). Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*, 105 (1), 29-37.
- Hadi-Vencheh, A. (2010). An improvement to multiple criteria ABC inventory classification. *European Journal of Operational Research*, 201, 962–965.
- Hatefi, S.M., Torabi, S.A. & Bagheri, P. (2014). Multi-criteria ABC inventory classification with mixed quantitative and qualitative criteria. *International Journal of Production Research*, 52(3), 776–786.
- Hatefi, S.M. & Torabi, S.A. (2015). A common weight linear optimization approach for multicriteria ABC inventory classification. *Advances in Decision Sciences*, 2015.
- Keren, B., & Hadad, Y. (2016). ABC Inventory Classification Using AHP and Ranking Methods via DEA. In *Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO)*, 2016 Second International Symposium on (pp. 495-501). IEEE.
- Momeni, M. (2015). *New Operational Research Topics*. Gange Shaygan, Tehran. (in Persian)
- Namazi, M., Ebrahimi, S. (2011). The Investigation of the Iranian Banks' Efficiency by Using Stepwise DEA Technique. *Journal of Industrial Management*, 2(5), 159-332. (in Persian)
- Ng, W.L. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*, 177 (1), 344-353.
- Park, J., Bae, H., & Bae, J. (2014). Cross-evaluation-based weighted linear optimization for multi-criteria ABC inventory classification. *Computers & Industrial Engineering*, 76, 40-48.
- Partovi, F. Y. & Anandarajan, M. (2002). Classifying inventory using an artificial neural network approach. *Computers and Industrial Engineering*, 41 (4), 389–404.
- Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple criteria using weighted linear optimization. *Computers & Operations Research*, 33, 695–700.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling* (Vol. 3, p. 30). New York: Wiley.
- Zarei Mahmoudabad, M., Tahari Mehrjerdi, M.H., Mahdavian, A. (2014). Evaluation of R&D Activities in Iran: Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of Industrial Management*, 6(1), 55-79. (in Persian)
- 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. & Fan, L. (2007). A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization. *European Journal of Operational Research*, 182, 1488-1491.