# 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 به‌دلیل 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 آنها 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.

---
فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۳۹۷، دوره ۱۰، شماره ۳، صص. ۳۵۳-۳۶۶
DOI: 10.22059/imj.2018.259236.1007438
دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷، پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۰
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

## 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[1]، 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 به‌کار 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 تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. گودرزی، یاکیده و محفوظی (۱۳۹۵) و جورشری، یاکیده و محفوظی (۱۳۹۶) تحلیل پوششی داده‌ها را برای بهینه‌سازی سبد سهام به‌کار 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[2] است. در مدل آر وزن هر معیار توسط مدل به‌نحوی 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[3] (۲۰۱۴) برای طبقه‌بندی اقلام موجودی نمرات کارایی متقاطع مدل آر را توصیه کردند که در آن به‌دلیل استفاده از کارایی متقاطع، از تشابه نمره اقلام موجودی جلوگیری شده است. این امر موجب طبقه‌بندی آسان‌تر اقلام موجودی می‌شود اما به‌دلیل 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[4]، 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[5]، ۱۹۸۷ و ان جی[6]،

1. Ramanathan
2. R-Model
3. Park, Bae & Bae
4. Silver, Pyke & Peterson
5. Flores & Whybark
6. Ng

۲۰۰۷). بنابراین ممکن است روش طبقه‌بندیABC سنتی به‌دلیل نادیده گرفتن معیارهای دیگر، طبقه‌بندی صحیح و دقیقی از موجودی‌ها ارائه نکند (پرتوی و آناندراجان[1]، ۲۰۰۲). از مدل‌های هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای حل مسائل طبقه‌بندی چندمعیاره موجودی استفاده شده است (جوونیر و ارل[2]، ۱۹۹۸ و پرتوی و آناندراجان، ۲۰۰۲). اما تعداد متغیرهایی که می‌توانند در این مدل‌ها وارد شوند محدود است و بسیاری از متغیرهای کیفی بااهمیت 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 روشنی 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 به‌دلیل انعطاف‌پذیری بالا می‌تواند اطلاعات تصمیم‌گیرنده‌ها را برای طبقه‌بندی موجودی‌ها به‌آسانی 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[3] (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 به‌کارگیری 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[4] (۲۰۱۰) یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی (HV) که از مدل Ng گرفته‌شده، ارائه داد، اما مدل HV[5] نیز به اطلاعات ذهنی تصمیم‌گیرنده برای تعیین اهمیت معیارها وابسته است. ژنگ، فو، لای و لانگ[6] (۲۰۱۷) مدل Ng را بهبود داده و برای تعیین اهمیت معیارها از روش آنتروپی شانون استفاده کردند. هاتفی، ترابی و باقری[7] (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[8] (۲۰۱۱) با استفاده از مدل ZF که پیش‌تر توسط ژوو و فان ارائه شده بود، مدلی جدید ارائه داد. چن به‌جای 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 لاندا آنها را جمع کرد اما مدل وی به انجام محاسبات و عملیات ریاضی زیادی نیاز دارد. هاتفی و ترابی[9] (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-Vench(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 روشAHP[1] برای مقایسه روش‌های مبتنی بر DEA در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی استفاده کردند اما روش AHP مبتنی بر اطلاعت ذهنی است. پارک و همکاران (۲۰۱۴) برای طبقه‌بندی اقلام موجودی نمرات کارایی متقاطع مدل آر را توصیه کردند که در آن به‌دلیل استفاده از کارایی متقاطع از تشابه نمره اقلام موجودی جلوگیری شده و این امر موجب طبقه‌بندی ساده‌تر اقلام موجودی شده است، اما به‌دلیل 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[2] به کار برده شده است. در این روش نه‌تنها برای طبقه‌بندی موجودی‌ها از یک مدل غیرشعاعی استفاده شده، بلکه به‌دلیل 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[3] 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 به‌صورت زیر است:

رابطه ۱)

$$\text{Max} \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$$

st:

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

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

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

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

که در آن $x_{ij}$ نشان‌دهنده میزان ورودی iام واحد jام؛ $y_{rj}$ نشان‌دهنده میزان خروجی rام واحد jام؛ $u_r$ نشان‌دهنده وزن خروجی rام؛ $v_i$ نشان‌دهنده وزن ورودی jام است و تعداد واحدهای مورد بررسی از ۰ = j تا n است.

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

رابطه ۲)

$$Max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$$

St:

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

$$u_r \geq 0$$

1. Analytic Hierarchy Process (AHP)
2. Non-radial RAM Model
3. Charnes-Cooper-Rhodes

مقدار قلم j را بر حسب هر معیار با $y_{rj}$ نشان می‌دهیم. $u_r$ نشان‌دهنده وزن معیار rام، n نشان‌دهنده تعداد واحدها (در اینجا اقلام موجودی) و s تعداد خروجی‌ها (در اینجا معیارها) است. این مدل برای هر قلم کالای حل‌شده 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[1] 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 مدلCE- 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:

رابطه ۳)
$$E_j = \frac{\sum_{k=1}^{n} c_{jk}^*}{n}$$
$$j = 1, \dots, n$$

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 هنگامی‌که بازده تعداد زیادی از اقلام موجودی یک است برای طبقه‌بندی دقیق اقلام موجودی استفاده کرد. همچنین در این روش به‌دلیل 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[2] است که نخستین بار توسط کوپر، پارک و پاستور[3] در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است. اگر $x_{ij}$ را ورودی iام واحد jام و $y_{rj}$ را خروجی rام واحد jام در نظر بگیریم، فرم مضربی مدل RAM به‌صورت زیر خواهد بود:

1. Cross-evaluation-based weighted linear optimization
2. Range Adusted Model (RAM)
3. Cooper, Park & Pastor

رابطه ۴)

$$Max \sum_{i=1}^{s} u_r y_{ro} - \sum_{r=1}^{m} v_i x_{io} + w$$

$$\boldsymbol{st}:$$

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

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

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

آزاد در علامت W

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

رابطه ۵)

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

رابطه ۶)

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

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 به‌طورکلی ثابت بودن همه ورودی‌ها در مقایسه اقلام موجودی، مدل رم بدون ورودی به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

رابطه ۷)

$$Z=\text{Max}\left(\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{r0} + w\right)$$

St:

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

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

$$u_r \geq 0$$

آزاد در علامت W

رابطه ۸)

$$R_r^+ = \overline{y_r} - \underline{y_r}$$

$$\overline{y_r} = max\{y_{rj}, j = 1, \dots, n\}$$

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

که در آن، $u_r$ وزن $r$امین معیار؛ $y_{rj}$ بازده واحد $j$ام در $r$امین معیار و $w$ متغیر آزاد در علامت است. بازده $R_r^+$ به‌صورت 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 $J = O$ 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.

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

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

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

کافی است توجه شود که $R_r^+ = \overline{y_r} - \underline{y_r}$ بزرگ‌ترین تفاوت بین دو مقدار هر خروجی است. مدل رم یک مدل غیرشعاعی است یعنی هنگام محاسبه بازده یک قلم، فقط به‌دلیل 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 اقلام، هم ارزیابی با وزن‌های منطقی‌تری انجام می‌شود و هم تفکیک‌پذیری نتایج مجدداً بهبود می‌یابد.

## روش پیشنهاد شده

در پژوهش حاضر به‌دلیل ضعف مدل آر، مدل غیرشعاعی رم بدون ورودی در محاسبه کارایی متقاطع اقلام 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 به‌صورت زیر است:

**مرحله نخست:** ابتدا ماتریس کارایی متقاطع اقلام موجودی را بر اساس مدل رم بدون ورودی محاسبه می‌کنیم. این ماتریس به‌صورت 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 به‌عنوان خروجی آن قلم قلمداد کرد که هر چه بیشتر باشد بهتر است. در نتیجه بار دوم هر ستون جدول کارایی متقاطع به‌عنوان 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:

رابطه ۱۱)

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

St:

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

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

$$u_i \ge 0$$

آزاد در علامت W

به‌طوری که:

$$R_i^+ = \overline{E_i} - \underline{E_i}$$

$$\overline{E_i} = max\{E_{ij}.j = 1, \dots, n\}$$

$$\underline{E_i} = min\{E_{ij}.j = 1, \dots, n\}$$

که در آن اندیس j نشان‌دهنده هر یک از واحدهاست $u_i$ وزن iامین قلم (در جدول کارایی متقاطع)، $E_{ij}$ کارایی متقاطع واحدj بر اساس وزن‌های واحدi 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$E_{ij}$ به‌جای $y_{rj}$ و نماد $E_{r0}$ به‌جای $y_{r0}$ آمده تا نشان دهد در اینجا مقادیر کارایی متقاطع به‌جای 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. به‌کارگیری این روش

افزایش تفکیک‌پذیری نتایج را در پی خواهد داشت. بنابراین در پژوهش حاضر به‌دلیل 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 ٤٧ قلم موجودی و طبقه‌بندی آنها با استفاده از دو مدل مطرح‌شده**

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

**ادامه جدول ۱**

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

## 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 به‌صورت 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 مطرح‌شده**

| قطعه | مصرف سالانه | قیمت (ریال) | زمان انتظار (روز) | نتایج اجرای مدل‌ها | | | طبقه‌بندی ABC | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | مدل CE-WLO | مدل پیشنهادی | مدل آر | مدل CE-WLO | مدل پیشنهادی | مدل آر |
| d1 | ۲۵۰۱۰۰ | ۳۵ | ۳۰ | ۰/۵۷ | ۰/۴۵ | ۰/۶۷ | B | B | B |
| d2 | ۱۵۱۴۰۰ | ۵۴ | ۳۰ | ۰/۴۰ | ۰/۳۱ | ۰/۴۷ | B | B | B |
| d3 | ۴۱۶۲۰۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۰/۸۴ | ۰/۶۹ | ۱/۰۰ | A | A | A |
| d4 | ۷۰۲۰۰ | ۴۵ | ۳۰ | ۰/۲۷ | ۰/۲۰ | ۰/۳۰ | C | C | C |
| d5 | ۱۶۸۴۰۰ | ۱۶۰ | ۳۰ | ۰/۴۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | B | B | B |
| d6 | ۷۹۴۰۰ | ۱۰۰ | ۳۰ | ۰/۲۸ | ۰/۲۱ | ۰/۳۲ | B | C | B |
| d7 | ۱۵۰۰ | ۱۶۳۵۰ | ۳۰ | ۰/۱۶ | ۰/۱۱ | ۰/۱۷ | C | C | C |
| d8 | ۲۰۰۰ | ۹۶۰۰ | ۴۵ | ۰/۲۳ | ۰/۱۸ | ۰/۲۵ | C | C | C |
| d9 | ۱۵۰۰ | ۱۶۷۵۰ | ۴۵ | ۰/۲۳ | ۰/۱۸ | ۰/۲۵ | C | C | C |
| d10 | ۶۰۰۰ | ۲۷۲۰۰ | ۴۵ | ۰/۲۴ | ۰/۱۹ | ۰/۲۶ | C | C | C |
| d11 | ۸۵۰۰ | ۲۵۹۰۰ | ۴۵ | ۰/۲۵ | ۰/۱۹ | ۰/۲۷ | C | C | C |
| d12 | ۸۰۰۰ | ۱۴۷۵ | ۴۵ | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ | ۰/۲۶ | C | C | C |
| d13 | ۵۰۰۰ | ۸۸۶ | ۴۵ | ۰/۲۳ | ۰/۱۸ | ۰/۲۵ | C | C | C |
| d14 | ۴۰۰۰ | ۱۳۵۰ | ۴۵ | ۰/۲۳ | ۰/۱۸ | ۰/۲۵ | C | C | C |
| d15 | ۷۶۷۰۰ | ۷۵۸ | ۴۵ | ۰/۳۵ | ۰/۲۸ | ۰/۴۰ | B | B | B |
| d16 | ۴۰۰۰ | ۸۷۰۰ | ۳۰ | ۰/۱۶ | ۰/۱۱ | ۰/۱۷ | C | C | C |
| d17 | ۴۰۰۰ | ۸۷۰۰ | ۳۰ | ۰/۱۶ | ۰/۱۱ | ۰/۱۷ | C | C | C |
| d18 | ۴۹۹۴ | ۵۲۲۰۰ | ۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۳ | ۰/۰۹ | C | C | C |
| d19 | ۱۴۵۰۰ | ۵۰۳۲۸ | ۳۰ | ۰/۱۹ | ۰/۱۴ | ۰/۲۰ | C | C | C |
| d20 | ۳۴۵۰۰ | ۳۵۲۹۱/۲۵ | ۳۰ | ۰/۲۲ | ۰/۱۶ | ۰/۲۴ | C | C | C |
| d21 | ۴۷۰۰۰ | ۲۶۸۰ | ۴۵ | ۰/۳۰ | ۰/۲۴ | ۰/۳۴ | B | B | B |
| d22 | ۳۴۷۰۰ | ۱۴۸۰ | ۴۵ | ۰/۲۸ | ۰/۲۲ | ۰/۳۱ | C | C | C |
| d23 | ۷۰۰۰ | ۲۱۸۰ | ۴۵ | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ | ۰/۲۶ | C | C | C |
| d24 | ۳۹۰۱۰۰ | ۲۴۰ | ۳۰ | ۰/۸۰ | ۰/۶۵ | ۰/۹۵ | A | A | A |
| d25 | ۲۶۲۱۰۰ | ۲۴۰ | ۳۰ | ۰/۵۹ | ۰/۴۷ | ۰/۶۹ | B | B | A |
| d26 | ۳۲۰۰۰ | ۱۷۹۷۶ | ۶۰ | ۰/۳۶ | ۰/۳۰ | ۰/۳۹ | B | B | B |
| d27 | ۳۰۰۰۰ | ۱۹۱۰۰ | ۶۰ | ۰/۳۶ | ۰/۲۹ | ۰/۳۹ | B | B | B |
| d28 | ۴۰۷۰۰ | ۳۳۹۰۰ | ۳۰ | ۰/۲۳ | ۰/۱۷ | ۰/۲۵ | C | C | C |
| d29 | ۶۵۰۰ | ۳۰۹۷۰ | ۳۰ | ۰/۱۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۸ | C | C | C |
| d30 | ۱۲۰۰۰ | ۲۲۸۰۰ | ۳۰ | ۰/۱۸ | ۰/۱۲ | ۰/۱۹ | C | C | C |
| d31 | ۵۰۰۰ | ۲۹۶۰۰ | ۵۰ | ۰/۲۷ | ۰/۲۱ | ۰/۲۹ | C | C | C |
| d32 | ۱۳۰۰۰ | ۲۸۴۵۰ | ۵۰ | ۰/۲۸ | ۰/۲۲ | ۰/۳۰ | C | B | C |
| d33 | ۱۹۰۰۰ | ۲۵۵۰۰ | ۵۰ | ۰/۲۹ | ۰/۲۳ | ۰/۳۱ | C | B | B |
| d34 | ۱۶۰۰۰ | ۲۲۷۰۰ | ۵۰ | ۰/۲۸ | ۰/۲۳ | ۰/۳۱ | C | B | C |
| d35 | ۸۶۱۱۳ | ۱۹۰۳۴/۴۲ | ۹۰ | ۰/۶۰ | ۰/۵۲ | ۰/۶۶ | B | B | B |
| d36 | ۶۳۰۴۰ | ۱۹۰۳۴/۴۲ | ۹۰ | ۰/۵۶ | ۰/۴۹ | ۰/۶۲ | B | B | B |
| d37 | ۵۲۰۰۰ | ۱۹۸ | ۹۰ | ۰/۵۴ | ۰/۴۶ | ۰/۵۹ | B | B | B |
| d38 | ۴۰۰۰ | ۳۹۴۷۴ | ۱۲۰ | ۰/۶۲ | ۰/۵۶ | ۰/۶۸ | B | B | B |
| d39 | ۲۵۵۰۰ | ۰ | ۹۰ | ۰/۵۰ | ۰/۴۳ | ۰/۵۴ | B | B | B |
| d40 | ۲۵۰۰ | ۳۹۴۷۴ | ۱۲۰ | ۰/۶۲ | ۰/۵۶ | ۰/۶۸ | B | B | B |
| d41 | ۱۳۵۰۰ | ۰ | ۹۰ | ۰/۴۸ | ۰/۴۱ | ۰/۵۱ | B | B | B |

**ادامه جدول ۲**

| قطعه | مصرف سالانه | قیمت (ریال) | زمان انتظار (روز) | نتایج اجرای مدل‌ها | | | طبقه‌بندی ABC | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | مدل CE-WLO | مدل پیشنهادی | مدل آر | مدل CE-WLO | مدل پیشنهادی | مدل آر |
| d42 | ۵۰۰۰ | ۴۹۳۴/۲۵ | ۱۲۰ | ۰/۶۱ | ۰/۵۴ | ۰/۶۷ | B | B | B |
| d43 | ۸۰۰۰ | ۸۲۲۳/۷۵ | ۱۲۰ | ۰/۶۲ | ۰/۵۵ | ۰/۶۷ | B | B | B |
| d44 | ۸۵۷۰۰ | ۲۶۳۱۶ | ۱۵۰ | ۰/۹۰ | ۰/۸۲ | ۰/۹۹ | A | A | A |
| d45 | ۴۰۰۰ | ۰ | ۱۸۰ | ۰/۹۲ | ۰/۹۸ | ۱/۰۰ | A | A | A |
| d46 | ۴۴۷۰۰ | ۳۹۴۷/۴ | ۱۲۰ | ۰/۶۸ | ۰/۶۰ | ۰/۷۴ | A | A | A |
| d47 | ۱۳۵۰۰ | ۱۶۴۴۷/۵ | ۱۲۰ | ۰/۶۳ | ۰/۵۶ | ۰/۶۸ | A | A | B |
| d48 | ۶۰۷۰۰ | ۶۷۲۰ | ۱۲۰ | ۰/۷۰ | ۰/۶۲ | ۰/۷۷ | A | A | A |
| d49 | ۸۶۷۰۰ | ۱۵۴۲۴ | ۱۲۰ | ۰/۷۵ | ۰/۶۷ | ۰/۸۲ | A | A | A |
| d50 | ۱۴۵۰۰ | ۱۲۱۶۰ | ۱۲۰ | ۰/۶۳ | ۰/۵۶ | ۰/۶۸ | A | A | A |
| d51 | ۵۰۰۰ | ۱۲۳۰۰ | ۱۲۰ | ۰/۶۱ | ۰/۵۵ | ۰/۶۷ | B | B | B |
| d52 | ۷۴۷۲/۴ | ۴۷۰۰۰ | ۱۵۰ | ۰/۷۸ | ۰/۷۱ | ۰/۸۴ | A | A | A |
| d53 | ۱۱۶۸۰ | ۴۷۰۰۰ | ۱۵۰ | ۰/۷۸ | ۰/۷۲ | ۰/۸۴ | A | A | A |
| d54 | ۱۶۷۲۴ | ۴۷۰۰۰ | ۱۵۰ | ۰/۷۹ | ۰/۷۳ | ۰/۸۵ | A | A | A |
| d55 | ۱۵۷۶۲/۸۷ | ۲۴۳۰ | ۱۸۰ | ۰/۹۳ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | A | A | A |
| d56 | ۳۴۲۸/۱ | ۲۵۰۰ | ۱۸۰ | ۰/۹۱ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | A | A | A |
| d57 | ۱۴۷۰/۴ | ۷۰۰۰۰۰ | ۱۵۰ | ۰/۹۸ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | A | A | A |
| d58 | ۱۱۹۳/۳ | ۶۰۰۰۰۰ | ۱۵۰ | ۰/۹۴ | ۰/۹۵ | ۰/۹۸ | A | A | A |
| d59 | ۲۹۰۸۹ | ۲۷۰۹/۴۶ | ۹۰ | ۰/۵۰ | ۰/۴۳ | ۰/۵۴ | B | B | B |
| d60 | ۱۳۱۴۰ | ۹۱۰۰ | ۹۰ | ۰/۴۸ | ۰/۴۱ | ۰/۵۱ | B | B | B |
| d61 | ۵۰۰۰ | ۳۱۲۳۲ | ۲۰ | ۰/۱۲ | ۰/۰۷ | ۰/۱۳ | C | C | C |
| d62 | ۵۰۰۰۰ | ۱۱۱۲ | ۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۵ | C | C | C |
| d63 | ۴۰۰۰۰ | ۱۳۸۱ | ۱۰ | ۰/۱۲ | ۰/۰۶ | ۰/۱۳ | C | C | C |
| d64 | ۱۵۰۰۰۰ | ۱۲۳۹ | ۱۰ | ۰/۳۰ | ۰/۲۱ | ۰/۳۶ | B | C | B |
| d65 | ۲۰۰۰۰۰ | ۳۷۲ | ۵ | ۰/۳۶ | ۰/۲۶ | ۰/۴۸ | B | B | B |
| d66 | ۵۰۰۰۰ | ۶۵۷۸ | ۱۵ | ۰/۱۶ | ۰/۱۰ | ۰/۱۸ | C | C | C |
| d67 | ۱۰۰۰۰ | ۱۰۸۶۴ | ۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | C | C | C |
| d68 | ۵۰۰۰۰ | ۳۷۴۶ | ۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۶ | C | C | C |
| d69 | ۵۰۰۰۰ | ۱۴۵۱ | ۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۵ | C | C | C |
| d70 | ۱۰۰۰۰ | ۷۹۴۸ | ۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | C | C | C |
| d71 | ۱۰۰۰۰ | ۱۱۸۴۲ | ۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | C | C | C |
| d72 | ۵۰۰۰۰ | ۱۷۰۶ | ۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۵ | C | C | C |
| d73 | ۵۰۰۰۰ | ۵۰۹ | ۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۵ | C | C | C |
| d74 | ۴۰۰۰۰ | ۴۵۱ | ۱۰ | ۰/۱۲ | ۰/۰۶ | ۰/۱۳ | C | C | C |
| d75 | ۱۰۰۰۰ | ۴۵۵۰ | ۱۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۱ | ۰/۰۸ | C | C | C |
| d76 | ۱۵۰۰۰ | ۲۸۴۵ | ۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | C | C | C |
| d77 | ۱۵۰۰۰۰ | ۳۹۳ | ۱۰ | ۰/۳۰ | ۰/۲۱ | ۰/۳۶ | B | C | B |
| d78 | ۳۰۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۴ | ۰/۱۱ | C | C | C |
| d79 | ۵۰۰۰۰ | ۷۶۴ | ۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۵ | C | C | C |
| d80 | ۱۰۰۰۰ | ۱۶۲۳۸ | ۱۵ | ۰/۱۰ | ۰/۰۴ | ۰/۱۱ | C | C | C |

## 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 حالی‌که 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) وLT (۴) است و d13 دارای AUC (۸۶/۵)، ADU (۱۰۳۸) و LT (۷) است وd10 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 قرارگرفته 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 وd64 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). Portfollio optimization by minimum absolute deviation of cross efficiencies. *Journalof 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 measurrs 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). Portfollio optimization by synthesis of cross efficiency and Game theory. *Journalof Industrial Management*, 8(4), 685-706. (*in Persian*)

Guvenir, 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.