

مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی ABC چند معیاره

موجودی

جعفر رضائی *

منصور اسماعیل زاده **

چکیده

در این مقاله روشی برای مقایسه مدل‌های مختلف طبقه‌بندی ABC چند معیاره موجودی ارائه می‌شود. هدف، ارائه روشی کمی برای مقایسه مدل‌های مختلف طبقه‌بندی ABC چند معیاره موجودی است. روش ارائه شده بسیار ساده و برای مقایسه مدل‌های مختلف طبقه‌بندی ABC چند معیاره موجودی بدون محدودیت تعداد مدل‌ها قابل کاربرد است. مدل‌های مورد استفاده در این مقاله شامل مدل انگک، مدل فان و ژوو، مدل بهینه یابی خطی موزون (آر - مدل) و طبقه‌بندی سنتی می‌باشند. طبقه‌بندی این چهار روش روی ۴۷ قلم موجودی آمده است. با استفاده از روش

* عضو هیأت علمی دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان jafarrezaei@gmail.com

** عضو هیأت علمی دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان esmailzadeh@yahoo.com

میانگین نیکوئی روش‌ها چهار مدل مذکور را مقایسه کرده و مناسب‌ترین آنها انتخاب می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل انگ مناسب‌ترین مدل و مدل سنتی در رتبه آخر قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: طبقه بندی چند معیاره موجودی، میانگین نیکوئی، مدل بهینه یابی خطی موزون (آر-مدل)، مدل فان و ژوو، مدل انگ.

مقدمه

تنوع قابل ملاحظه تقاضا و فعالیت‌های سطح شرکت، موسسات تولیدی را ناگزیر به تهیه اقلام متنوعی از مواد اولیه و محصولات تولیدی در انبارهای خود نموده است. این تنوع اقلام موجودی، شرکت‌ها را ناگزیر به طبقه بندی این اقلام و تدوین سیاست‌های موجودی اثر بخش می‌کند. طبقه بندی کلاسیک ABC از مشهورترین روش‌های طبقه بندی اقلام موجودی است. هدف اصلی از طبقه بندی ABC، متمرکز کردن تلاش برای کنترل شدید اقلام طبقه A، کنترل کمتر اقلام طبقه B و کنترل بسیار کم اقلام طبقه C می‌باشد [۸]. در طبقه بندی کلاسیک (سنتی) اقلام براساس دو معیار (قیمت واحد و مصرف سالیانه) یا به عبارت دیگر معیار واحد ارزش مصرف سالیانه طبقه بندی می‌شوند، اما در روش ABC چند معیاره علاوه بر معیار ارزش مصرف سالیانه (قیمت ضربدر مصرف) معیارهای دیگری نیز وجود دارند که در مدیریت موجودی مهم هستند [۲۰]. از جمله آنها می‌توان به زمان انتظار، از رده خارج شدن، در دسترس بودن، قابلیت جایگزینی، درجه بحرانی، قابلیت تعمیر، عمومیت داشتن، درجه اطمینان برای تامین، هزینه موجودی، کمیابی، قابلیت دوام، میزان سفارش، قابلیت ذخیره سازی و توزیع تقاضا اشاره کرد [۴، ۳، ۵ و ۱۲]. طبقه بندی چند معیاره موجودی، برای اولین بار توسط فلورس و وای بارک [۶۳] با به کارگیری روشی تحت عنوان ماتریس معیار مشترک^۱ مطرح گردید. این روش، به دلیل پیچیدگی کاربرد در مواردی که تعداد زیادی معیار از اهمیت برخوردار است، عمدتاً برای طبقه بندی دو معیاره موجودی مناسب است. به هر حال

مفهوم چند معیاره مطرح شده در آن مقالات، سرآغاز ارائه طیف وسیعی از مدل های تصمیم گیری چند معیاره^۱ (MCDM) در این زمینه گردید. در اینجا به مرور مختصری از این روش ها پرداخته می شود.

کوهن و ارنست [۷] با استفاده از تکنیک آماری تحلیل خوشه ای^۲ به ارائه روشی چند معیاره می پردازند که نیاز به داده های واقعی، استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی و یک رویه جمع آوری دارد. پرتوی و بارتون [۱۹] با استفاده از فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی^۳ (AHP) به طبقه بندی چند معیاره موجودی می پردازند. اگر چه روش ارائه شده توسط آنها قابلیت کاربرد برای طیف وسیعی از اقسام را دارد، ولی ورود اقسام جدید ممکن است رتبه اقسام قبلی را تغییر دهد. جوونیر و ارل [۸] با استفاده از یک الگوریتم ژنتیک برای بدست آوردن وزن معیارها با توجه به نقاط برش AB و BC به ارائه روشی چند معیاره می پردازند.

پونته و همکاران [۹]، یک مدل فازی برای طبقه بندی اقسام تولیدی مختلف در یک شرکت را ارائه کرده اند. این مدل با طبقه بندی کلاسیک مقایسه شده است. از آنجایی که طبقه های بدست آمده با استفاده از روش کلاسیک براساس اطلاعاتی در مورد هزینه ها و تقاضای یک دوره گذشته می باشد، در این روش به اطلاعات فازی جدید درباره آینده نیز اجازه ورود به مدل داده می شود.

پرتوی و آناندراجان [۱۰]، شبکه های عصبی مصنوعی^۴ را برای طبقه بندی موجودی ارائه دادند. ANNs یک تکنیک مبتنی بر هوش مصنوعی است که برای فرآیند طبقه بندی بکار برده می شود. ANN می تواند بهره گیری مدیر از روابط درک شده از توالی های کمی و کیفی (که مراحل میانی برای راهنمایی تصمیم گیرنده به قضاوت نهایی را فراهم می کند) را نشان دهد. این شبکه حداقل دو نقطه قوت بالقوه نسبت به بیشتر مدل های سنتی متناسب با مدل از قبیل رگرسیون دارند [۲۱]. آنها دو روش را در مدلشان توسعه دادند که عبارتند از: ترویج برگشتی^۵ و الگوریتم ژنتیک. اعتبار مدل های ارائه شده باتوانایی طبقه بندی آنها بر روی دو مجموعه از داده ها

1- Multi Criteria Decision Making

2- Cluster Analysis

3- Analytical Hierarchy Process(AHP)

آزمایش شده است. همچنین این روشها با تجزیه و تحلیل ممیزی چند فاز^۱ مقایسه شدند. نتایج نشان داد که این روشها پیشگویی‌های صحیح تری را نسبت به MDA دارند و همچنین تفاوت عمده‌ای بین دو روش توسعه داده شده وجود ندارد. ANNs دو مزیت عمده نسبت به مدل‌های قبلی دارد: اولاً ANNs روابط غیر خطی و تعامل بین متغیرها را پیدا می‌کند، ثانیاً نمونه‌های ارائه شده و برآوردهای تعیین شده از دقت ANN مستقل از فرضیات مختلف درباره توزیع متغیرها هستند. ANNs محدودیتهایی نیز دارند: اولاً تعداد متغیرهایی که می‌توانند در این مدل‌ها وارد شوند محدود هستند، ثانیاً بسیاری از متغیرهای کیفی با اهمیت و جدید ممکن است انسجام داخل مدل را دچار مشکل کند.

رضائی [۱۲] یک مدل فازی برای طبقه بندی چند معیاره موجودی ارائه کرده است که در آن از تئوری مجموعه‌های فازی و AHP فازی استفاده شده است. در این روش نخست معیارهای مرتبط را انتخاب می‌کنیم سپس اوزان معیارها را با استفاده از AHP فازی تعیین می‌کنیم. در مرحله بعد یک نمره برای هر قلم با توجه به هر معیار به عنوان عدد فازی مثلثی^۲ در نظر گرفته می‌شود و نمره نهایی برای هر قلم با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی محاسبه می‌شود. سرانجام با استفاده از اصل مقایسه اعداد فازی نمره‌های نهایی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. سپس تمام اقلام در سه طبقه طبق نمره‌های نهایی شان قرار می‌گیرند. روش ارائه شده برای یک شرکت تولیدی کاشی واقع شده در ایران بکار برده شده است.

جدیدترین مدل‌های ارائه شده در سالهای اخیر شامل مدل بهینه یابی خطی موزون رامانادان [۲]، مدل بهینه یابی خطی توسعه یافته مدل فان و ژوو، [۱۱] و مدل بهینه یابی خطی موزون انگک [۵] می‌باشند. در این سه مدل از تکنیک‌های بهینه یابی تحقیق در عملیات استفاده شده است. به دلیل تشابه زیاد این سه مدل در این مقاله از آنها برای طبقه‌بندی نمونه انتخابی استفاده شده است. که در ادامه تشریح خواهند شد.

با توجه به گستردگی مدل‌های ارائه شده، به نظر می‌رسد انتخاب مدل مناسب،

چالشی تازه در این زمینه باشد. این مقاله، به ارائه روشی (میانگین نیکوئی روش ها) بر ای مقایسه مدل های مختلف طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی می پردازد. در این روش پس از بدست آوردن میزان نیکوئی روش ها در تخصیص هر کدام از اقلام به طبقات سه گانه، میانگین نیکوئی روش ها را بدست آورده و در نهایت با مقایسه میانگین نیکوئی روش ها با یکدیگر، اولویت بندی صورت می گیرد و بدین ترتیب مناسب ترین روش تعیین می شود. در ادامه پس از معرفی چهار مدل مورد استفاده در مقاله، تشریح مدل پیشنهادی و ارائه مثال، مقاله با خلاصه ای از نتایج و پیشنهادات خاتمه می یابد.

مدل های مورد مقایسه

در این بخش به ارائه مختصری از چهار مدل کلاسیک، مدل بهینه یابی خطی موزون، مدل فان و ژوو و مدل انگ می پردازیم. هر کدام از مدل های بهینه یابی خطی موزون، فان و ژوو و انگ دارای یک مدل بهینه یابی خطی بوده که از بسیاری جهات شبیه به هم هستند. به همین دلیل، جهت تشریح نحوه عملکرد روش ارائه شده در این مقاله از آنها استفاده شده است. طبقه بندی سنتی ABC نیز جهت مقایسه نتایج آن در کنار این مدلها مورد استفاده قرار گرفته است.

طبقه بندی سنتی ABC

اصل پارتو یا قاعده $80/20$ بیان می کند که برای بسیاری از وقایع، 80 درصد اثرات از 20 درصد علل ناشی می شوند. این قاعده برای اولین بار توسط ویلفردو پارتو (اقتصاددان معروف ایتالیایی) مطرح شد و جوزف جوران این نام را بر آن نهاد. پارتو مشاهده کرد که 80 درصد زمین های ایتالیا تحت مالکیت 20 درصد جامعه است. این قاعده یک قاعده سر انگشتی در بسیاری از حوزه های مدیریت است. یکی از رایج ترین کاربردهای آن در طبقه بندی موجودیهاست. در این طبقه بندی، کالاها به ترتیب نزولی ارزش پولی سالانه شان (قیمت واحد ضربدر مصرف سالانه) طبقه بندی می شوند. بر این اساس، کالاها به سه طبقه A، B و C تقسیم می شوند (به این کار تجزیه و تحلیل پارتو نیز می گویند). کالاهای طبقه A دارای بیشترین ارزش

هستند. این طبقه، شامل تعداد کمی از کل کالاها (۵ الی ۲۰ درصد) است که ارزش پولی آنها ۷۰ الی ۸۰ درصد ارزش پولی کل موجودیها است. به عنوان یک قانون عمومی ۲۰ درصد اقلام، ۸۰ درصد ارزش پولی سالانه موجودیها را تشکیل می‌دهند. تمام کالاهای طبقه A معمولاً به صورت ماهانه شمارش می‌شوند و پیش بینی‌های صحیح تقاضا و جزئیات نگهداری دقیقی برای اقلام این طبقه لازم است. کالاهای طبقه B ارزش متوسطی دارند و معمولاً ۳۰ الی ۴۰ درصد اقلام هستند که ارزش پولی آنها حدوداً معادل ۱۵ درصد ارزش پولی کل موجودی است، معمولاً تمام کالاهای طبقه B به صورت فصلی شمارش می‌شوند. کالاهای طبقه C ارزش کمتری دارند. این کالاها معمولاً بخش بزرگی از موجودی‌ها هستند (۴۰ الی ۵۰ درصد) که ارزش پولی آنها تقریباً ناچیز است و فقط حدود ۵ الی ۱۰ درصد ارزش پولی موجودی را تشکیل می‌دهند. معمولاً تمام کالاهای طبقه C به صورت سالانه شمارش می‌شوند. اکثر مواقع این شمارش فیزیکی بر تخمین مبتنی است. در طبقه بندی کلاسیک که در بالا به آن اشاره شد، اقلام بر اساس دو معیار (قیمت واحد و مصرف سالیانه) طبقه بندی می‌شدند. بدین ترتیب که برای هر قلم، قیمت واحد در مصرف سالیانه اش ضرب شده و یک معیار به نام ارزش مصرف سالیانه بدست می‌آید، سپس آنها را به صورت نزولی مرتب کرده و با توجه به سیاست‌های مدیریت (درصد تشکیل دهنده هر طبقه) اقلام طبقه بندی می‌شوند.

مدل بهینه یابی خطی موزون (آر-مدل)

فرض کنید که M قلم موجودی داریم و می‌خواهیم این اقلام را بر اساس N معیار طبقه بندی کنیم. بازده قلم i را بر حسب هر معیار با y_{in} نشان می‌دهیم. همچنین فرض کنید که تمام معیارها با سطح اهمیت اقلام رابطه مثبت دارند [۸، ۱۰، ۱۳ و ۱۴] یعنی قلمی که نمره بیشتری در این معیارها داشته باشد شانس بیشتری برای قرار گرفتن در طبقه A دارد. با این مفروضات مدل بهینه یابی خطی موزون در زیر آمده است [۲]:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \sum_{n=1}^N w_{in} y_{in} \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_{n=1}^N w_{in} y_{mn} \leq 1 \quad (1) \\
 & m = 1, 2, \dots, M \\
 & w_{in} \geq 0
 \end{aligned}$$

در مدل (۱) یک تابع مجموع موزون برای یکپارچه کردن عملکرد یک قلم موجودی بر حسب معیارهای مختلف جهت بدست آوردن یک نمره واحد (تابع هدف) مورد استفاده قرار گرفته است. در مدل (۱) محدودیتها بصورت کوچکتر مساوی در نظر گرفته شده‌اند در غیر اینصورت (اگر محدودیتها بصورت بزرگتر مساوی در نظر گرفته شوند) همه اقلام نمره $+\infty$ را بدست خواهند آورد (چون تابع هدف ماکزیمم می‌باشد) که در اینصورت نمی‌توان همه اقلام با یک نمره مشابه را با یکدیگر مقایسه و طبقه مربوط به آنها را تعیین نمود. محدودیت ۱ تضمین می‌کند که نمره اقلام عددی بین صفر و یک خواهد شد. واضح است که به تعداد اقلام محدودیت خواهیم داشت. مدل (۱) به جای وزن دهی ذهنی، یک مدل عینی برای طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی فراهم می‌کند. زمانی که مدل حل می‌شود، یک نمره بهینه موجودی برای قلم i بدست می‌دهد. بدیهی است که به تعداد اقلام (N بار) باید مدل ۱ را حل نمود. برای بدست آوردن نمره های بهینه اقلام موجودی، مدل به طور تکراری با تغییر دادن تابع هدف باید حل شود. سپس این نمره‌ها می‌توانند برای طبقه بندی اقلام موجودی مورد استفاده قرار گیرند. مدل فوق مشابه نوعی از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی مورد استفاده در تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد [۱۴] آر - مدل همانند ایده تحلیل پوششی داده‌ها [۲ و ۱۷] هر قلم را قادر می‌سازد که وزنها را خودش برای تخمین نمره عملکردش انتخاب کند. وزنها انتخاب شده توسط هر قلم تمایل به مطلوب کردن خودشان دارند. در نتیجه اگر ارزش یک قلم در معیاری خاص، از ارزش سایر اقلام موجودی در همان معیار خاص بیشتر باشد، آنگاه بدون توجه به ارزشهای دیگر، در طبقه A قرار خواهد گرفت. این امر ممکن است منجر به این شود که یک قلم با ارزش بالا در یک معیار

بی‌اهمیت به طور نامناسب در طبقه A قرار گیرد و این موقعیت واقعی این قلم موجودی را بیان نمی‌کند. بعلاوه این نکته نیز قابل ذکر است که این مدل همچنین مرتبط با مدل مجموع وزین ساده^۱ در تحلیل تصمیم چند معیاره است [۱۸، ۱۵]. زیرا تابع یکپارچه سازی مشابه‌ای دارند با این تفاوت که در مدل (۱) وزنهای اقلام مختلف وابسته و قابل تغییر هستند در حالی که در مدل مجموع وزین ساده آنها مستقل و ثابت هستند.

مدل فان و ژوو

در آر - مدل اگر یک قلم در میان دیگر اقلام بازده بالایی در یک معیار داشته باشد، این قلم همیشه یک نمره بالایی را بدست خواهد آورد حتی اگر آن، بازده خیلی پائینی در معیارهای دیگر داشته باشد. این ممکن است منجر به موقعیتی شود که یک قلم با بازده بالا در یک معیار غیر مهم و بازده پائین در دیگر معیارهای مهم به طور نامناسب در طبقه A قرار بگیرد که این، موقعیت واقعی این قلم موجودی را تعیین نمی‌کند. برای رفع این نقطه ضعف، فان و ژوو، آر - مدل را توسعه داده و یک مدل بهینه یابی خطی موزون مشابه آر - مدل ارائه کرده‌اند:

در این مدل برای طبقه بندی M قلم موجودی بر اساس N معیار فرض رابطه مثبت همه معیارها با سطح اهمیت اقلام بر قرار نمی‌باشد و این تفاوت اصلی آر - مدل و مدل فان و ژوو می‌باشد. بازده قلم i بر حسب هر معیار با y_{in} نشان داده می‌شود:

$$bI_i = \text{Min} \sum_{n=1}^N w_{in} y_{in}$$

و s.t. $\sum_{n=1}^N w_{in} y_{mn} \geq 1, m = 1, 2, \dots, M, ,$
 $w_{in} \geq 0, n = 1, 2, \dots, N.$

$$gI_i = \text{Max} \sum_{n=1}^N w_{in} y_{in}$$

$$s.t. \sum_{n=1}^N w_{in} y_{mn} \leq 1, m = 1, 2, \dots, M.,$$

$$w_{in} \geq 0, n = 1, 2, \dots, N.$$

که در آن w_{in} نشاندهنده وزن قلم i در معیار n می باشد. gI_i و bI_i به ترتیب "شاخص مثبت" و "شاخص منفی" بر ای طبقه بندی چند معیاره موجودی هستند. شاخص منفی bI_i یک روش طبقه بندی اضافی را برای اقلامی که با شاخص مثبت gI_i غیر قابل مقایسه اند، فراهم می کند. در این مدل برای بدست آوردن نمره نهایی اقلام با ترکیب دو شاخص، یک شاخص مختلط به صورت زیر بدست می آید:

$$nI_i(\lambda) = \lambda \times \frac{gI_i - gI_i^-}{gI_i^* - gI_i^-} \oplus (1 - \lambda) \times \frac{bI_i - bI_i^-}{bI_i^* - bI_i^-}$$

بطوری که

$$gI_i^* = \text{Max}\{gI_i, i = 1, 2, \dots, M\}, \quad gI_i^- = \text{Min}\{gI_i, i = 1, 2, \dots, M\},$$

$$bI_i^* = \text{Max}\{bI_i, i = 1, 2, \dots, M\}, \quad bI_i^- = \text{Min}\{bI_i, i = 1, 2, \dots, M\},$$

$$0 \leq \lambda \leq 1$$

λ یک پارامتر کنترل بر ای ترجیح تصمیم گیرنده در انتخاب شاخص های منفی و یا مثبت می باشد. اگر λ برابر ۱ باشد nI_i نوع نرمال شده شاخص مثبت gI_i خواهد بود. اگر λ برابر صفر باشد nI_i نوع نرمال شده شاخص منفی bI_i خواهد بود. اگر مدیران موجودی ترجیح قوی نداشته باشند، $\lambda = 0.5$ یک انتخاب عادلانه و منطقی خواهد بود.

مدل انگ

در این مدل برای طبقه بندی M قلم موجودی بر اساس N معیار مفروضات زیر بر قرار است:

- تمام معیارها با سطح اهمیت اقلام رابطه مثبت دارند یعنی قلمی که نمره بیشتری در این معیارها داشته باشد شانس بیشتری برای قرار گرفتن در طبقه A دارد.
- تمام معیارها طوری در نظر گرفته می شوند که قابل مقایسه باشند. برای تبدیل بازده

اقلام در مقیاس صفر تا یک از رابطه زیر استفاده می شود:

$$\frac{y_{mn} - \min_{m=1,2,\dots,M} \{y_{mn}\}}{\max_{m=1,2,\dots,M} \{y_{mn}\} - \min_{m=1,2,\dots,M} \{y_{mn}\}}$$

- تصمیم گیرنده باید معیارهای مورد نظر را اولویت بندی کند. اگر بازده قلم i بر حسب هر معیار با y_{in} نشان داده شود، مساله بهینه یابی خطی موزون مرتبط با مدل انگک بر ای قلم M بصورت زیر خواهد بود:

$$(P_1) = \text{Max} S_m = \sum_{n=1}^N w_{mn} y_{mn}$$

s.t.

$$(2) = \sum_{n=1}^N w_{mn} = 1$$

$$(3) = w_{mn} - w_{m(n+1)} \geq 0, n = 1, 2, \dots, (N-1)$$

$$(4) = w_{mn} \geq 0, n = 1, 2, \dots, N$$

محدودیت ۲ یک محدودیت نرمال شده است. محدودیت ۳ در واقع تضمین توالی درجه بندی معیارها است. یعنی: $w_{m1} \geq w_{m2} \geq \dots \geq w_{mn}$. مدل فوق برای هر قلم موجودی، یک مساله برنامه ریزی خطی حل می کند. به هر حال این عمل نیاز به یک بهینه یاب خطی قابل دسترس برای تصمیم گیرنده دارد. به همین دلیل یک تغییر برای ساده کردن مدل اتخاذ شده است. مدل ساده شده می تواند به آسانی بدون بهینه یاب خطی حل شود (۵ رابینید).

روش پیشنهادی برای مقایسه مدلها

یکی از راههایی که همواره جهت تعیین میزان عملکرد یک سیستم مورد استفاده قرار می گیرد، محک زنی یا مقایسه با بهترین عملکرد^۱ است. در حوزه ارزیابی عملکرد، محک زنی عبارتست از فعالیت رو به جلو جهت مقایسه فرآیند، فعالیت، محصول و خدمات سازمان در مقابل بهترینهای شناخته شده مشابه، به طوری که بهترینهای تعریف شده چالشی اما قابل دستیابی باشند [۲۳]. معمولاً سازمانها وضعیت

فعلی خودشان را با وضعیت بنچ مارک یا بهترین (الگو) مقایسه کرده و شکاف بین این دو وضعیت را تحلیل می کنند. سپس راهکارهایی جهت پرکردن این شکاف تدوین و اجرا می نمایند. سازمانی که نزدیکترین فاصله را با وضعیت بنچ مارک دارد به عنوان بهترین سازمان در میان رقبایش خواهد بود. یکی از مشکلاتی که معمولاً در این تحلیل بوجود می آید تعیین الگو یا بهترین است. اگر چه در برخی موارد با اهمیت دادن به یک یا چند معیار می توان الگوی مناسبی انتخاب نمود (مثلاً نوآورترین سازمان یا سودآورترین سازمان) ولی گاهی تعیین این الگو یا بهترین، خود چالشی اساسی است [۲۴]. در صورتی که بخواهیم مفهوم مطرح شده را به بحث مقایسه مدل های مختلف در یک زمینه علمی تعمیم دهیم معمولاً چالش پیش رو این خواهد بود که بهترین چیست؟ برای مثال در حوزه طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی، مدل های متعددی توسط پژوهشگران ارائه شده است که نتایج متفاوتی بدست داده اند. حال برای مقایسه نتایج طبقه بندی چند مدل با یکدیگر، باید یک معیار به عنوان بنچ مارک داشته باشیم که نتایج آن از تمامی مدلها بهتر باشد. با مقایسه نتایج طبقه بندی مدل های مختلف با نتایج مدلی که به عنوان بنچ مارک در نظر گرفته شده است و بدست آوردن درصد تطابق آنها براحتی می توان درجه مناسب بودن مدل را تعیین نمود. ولی همانگونه که قبلاً گفته شد سوال اصلی این است که بنچ مارک کدام است؟ آیا می توان یکی از مدل های مطرح شده را به عنوان بهترین برگزید؟ چگونه؟ جوونیر و ارل [۸] نظر مدیران با تجربه موجودی (روشی کاملاً کیفی) را به عنوان معیار (بنچ مارک) در نظر گرفته اند. بدین ترتیب که نتایج طبقه بندی مدل های مختلف را با نتایج طبقه بندی کاملاً ذهنی مدیر موجودی مقایسه و مناسبترین مدل را تعیین کرده اند. اگر چه این روش تا حدودی رضایت بخش است، ولی از آنجا که بر اساس مطالعات روان شناختی معلوم شده است که ذهن انسان معمولاً قادر نیست بیش از 2 ± 7 عامل را بصورت همزمان تحلیل کند [۲۳] نتایج بدست آمده توسط مدیران نیز نمی تواند آنچنان قابل اتکاء باشد. بر این اساس لزوم استفاده از روشی با استحکام بیشتر احساس می شود. در این مقاله ما بدنبال یک روش کمی جهت مقایسه نتایج طبقه بندی مدل های مختلف هستیم. با توجه به اینکه

در حوزه طبقه بندی ABC هیچ روشی به عنوان پنج مارک وجود ندارد ما را بر آن داشت تا به ارائه روشی بدیع تحت عنوان «روش میانگین نیکوئی» پردازیم. از این روش می توان در مقایسه مدل های مشابه در حوزه های مختلف استفاده نمود.

تشریح روش پیشنهادی

اگر مدل های مورد مقایسه را با $D_j, (j=1,2,\dots,J)$ و تعداد اقلام را با $N_i, (i=1,2,\dots,N)$ نشان دهیم. روش پیشنهادی شامل مراحل زیر خواهد بود:
مرحله اول: ابتدا جدولی بصورت زیر طراحی می شود، در ستون مربوط به طبقات A تا K روشهایی که قلم i را در طبقه مربوطه قرار داده اند، می نویسیم.

جدول ۱. فراوانی طبقه بندی روش های مختلف ($i=1,2,\dots,N$)

طبقات اقلام	A	B	...C	K
۱	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> روشهایی که قلم i را در طبقه k قرار داده اند </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> روشهایی که قلم i را در طبقه C قرار داده اند </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> روشهایی که قلم i را در طبقه B قرار داده اند </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> روشهایی که قلم i را در طبقه K قرار داده اند </div>
۲				
.				
.				
N				

مرحله دوم: با توجه به جدول مرحله اول امتیاز هر کدام از روش ها در هر قلم (میزان نیکوئی روش ها در تخصیص هر کدام از اقلام به طبقات سه گانه) را با استفاده از رابطه زیر بدست می آوریم:

$$\mu_{jik} = \frac{D_{ik}}{J} \quad \text{for } (i=1,2,\dots,N, \quad k=A,B,C,\dots,K, \quad j=1,2,\dots,J) \quad (1)$$

به طوری که M_{jik} میزان نیکوئی روش j در تخصیص قلم i به طبقه k ، D_{ik} تعداد روشهایی که قلم i را در طبقه k قرار داده اند و J تعداد کل روشهای مورد استفاده جهت طبقه بندی اقلام می باشند.

مرحله سوم: در این مرحله میانگین نیکوئی هر روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K M_{jik}}{N} \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, J \quad (2)$$

در رابطه فوق $\sum_{k=1}^K M_{jik}$ امتیاز روش زدر قلم i (میزان نیکویی روش زدر قلم i) می باشد. بدیهی است که به ازاء هر i و j فقط یک M_{jik} غیر صفر داریم. مرحله چهارم: در آخرین مرحله میانگین های بدست آمده از مرحله سوم را بصورت نزولی مرتب کرده که بیشترین آنها مناسب ترین روش را تعیین می کند.

آزمون مدل

در این بخش ابتدا ۴۷ قلم موجودی را با استفاده از مدل های سنتی، آر-مدل، فان و ژوو و انگ و در نظر گرفتن سه معیار مصرف سالیانه، میانگین هزینه واحد و زمان انتظار طبقه بندی کرده (جدول ۲) سپس با استفاده از روش پیشنهادی آنها را با یکدیگر مقایسه و اولویت بندی خواهیم کرد.

جدول ۲. طبقه بندی اقلام با استفاده از مدل های مورد استفاده در مقاله

قلم	مصرف سالیانه	میانگین هزینه واحد	زمان انتظار (روز)	طبقه بندی مدل انگ (۱)	طبقه بندی مدل فان و ژوو (۲)	طبقه بندی آرمدل (۳)	طبقه بندی کلاسیک (۴)
۲	۵۶۷۰	۲۱۰	۵	A	A	A	A
۱	۶۴.۵۸۴۰	۴۹۰۹۲	۲	A	A	A	A
۳	۱۲.۵۰۳۷	۷۶.۲۳	۴	A	A	A	A
۴	۵۶.۴۷۶۹	۷۳.۲۷	۱	A	C	B	A
۵	۸.۳۴۷۸	۵۷۰۹۸	۳	A	B	B	A
۱۰	۵.۲۴۰۷	۵.۱۶۰	۴	A	A	C	A
۹	۵۲.۲۴۲۳	۴۴.۷۳	۶	A	A	B	A
۶	۶۷.۲۹۳۶	۲۴.۳۱	۳	A	C	A	C
۸	۲۶۴۰	۵۵	۴	B	B	B	A
۷	۲۸۲۰	۲.۲۸	۳	B	C	C	A
۱۳	۱۰۳۸	۵.۸۶	۷	A	A	A	B
۲۹	۶۸.۲۶۸	۳۴.۱۳۴	۷	A	A	A	A
۱۴	۲.۸۸۳	۴.۱۱۰	۵	B	A	B	B
۱۸	۵۹۴	۵.۴۹	۶	B	A	B	B

۱۴ مطالعات مدیریت صنعتی، سال ششم، شماره ۱۷، پائیز ۸۶

قلم	مصرف سالیانه	میانگین هزینه واحد	زمان انتظار(روز)	طبقه بندی مدل انگ(۱)	طبقه بندی مدل فان و ژوو(۲)	طبقه بندی آرمدل(۳)	طبقه بندی کلاسیک(۴)
۱۲	۵.۱۰۴۳	۸۷.۲۰	۵	B	B	A	C
۱۵	۴.۸۵۴	۲.۷۱	۳	C	C	C	B
۱۹	۵۷۰	۵.۴۷	۵	B	B	A	C
۲۳	۵.۴۳۲	۵.۸۶	۴	B	B	B	C
۴۵	۴.۳۴	۴.۳۴	۷	B	B	B	B
۳۴	۸۹.۱۹۰	-۷.۷	۷	B	B	A	C
۴۰	۳۶.۱۰۳	۶۸.۵۱	۶	B	B	C	B
۳۱	۲۱۶	۷۲	۵	B	B	B	C
۲۰	۶.۴۶۷	۴۵.۵۸	۴	C	B	C	B
۲۲	۴۵۵	۶۵	۴	C	B	C	B
۱۶	۸۱۰	۴۵	۳	C	C	C	C
۳۹	۲.۱۱۹	۶.۵۹	۵	B	B	B	C
۳۳	۹۲.۱۹۷	۴۸.۴۹	۵	B	B	A	C
۱۷	۶۸.۷۰۳	۶۶.۱۴	۴	C	C	C	B
۲۱	۶.۴۶۳	۴.۲۴	۴	C	C	C	B
۳۷	۱۵۰	۳۰	۵	C	B	C	B
۱۱	۲.۱۰۷۵	۱۲.۵	۲	C	C	C	C
۲۷	۱۲.۳۳۶	-۳.۸۴	۱	C	C	C	C
۴۳	۷۸.۵۹	۸۹.۲۹	۵	C	C	C	B
۲۴	۴.۳۹۸	۲.۳۳	۳	C	C	C	C
۳۵	۸.۱۸۱	۶.۶۰	۳	C	C	C	C
۳۸	۸.۱۳۴	۴.۶۷	۳	C	C	C	C
۲۶	۴.۳۳۸	۸۴.۳۳	۳	C	C	C	C
۴۷	۳۸.۲۵	۴۶.۸	۵	C	B	B	B
۳۶	۲۸.۱۶۳	۸۲.۴۰	۳	C	C	C	C
۴۴	۳.۴۸	۳.۴۸	۳	C	C	C	C
۲۵	۵.۳۷۰	۵.۳۷۰	۱	C	C	B	C
۳۰	۲۲۴	۵۶	۱	C	C	C	C
۳۲	-۸.۲۱۲	-۲.۵۳	۲	C	C	C	C
۴۶	۸.۲۸	۸.۲۸	۳	C	C	C	C
۴۲	۴.۷۵	۷.۳۷	۲	C	C	C	C
۴۱	۲.۷۹	۱۹	۲	C	C	B	C

مرحله اول: جدول مربوط به تعیین تعداد روش ها در هر قلم را بصورت زیر طراحی می کنیم، در هر ستون روش هایی که قلم مربوطه را در هر طبقه قرار داده اند، آمده است. (در جدول زیر اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب نشان دهنده روش های انگ، فان و ژوو، آر-مدل و مدل کلاسیک می باشند)

جدول ۳. تعداد روش ها در هر قلم جهت به دست آوردن میزان نیکوئی روش

اقلام	طبقات			اقلام	طبقات		
	A	B	C		A	B	C
۲	1,2,3,4	...	...	۲۲	...	2,4	1,3
۱	1,2,3,4	...	...	۱۶	...	...	1,2,3,4
۳	1,2,3,4	...	...	۳۹	...	1,2,3	4
۴	1,4	3	2	۳۳	3	1,2	4
۵	1,4	2,3	...	۱۷	...	4	1,2,3
۱۰	1,2,4	...	3	۲۱	...	4	1,2,3
۹	1,2,4	3	...	۳۷	...	2,4	1,3
۶	1,3	...	2,4	۱۱	...	...	1,2,3,4
۸	4	1,2,3	...	۲۷	...	...	1,2,3,4
۷	4	1	2,3	۴۳	...	4	1,2,3
۱۳	1,2,3,	4	...	۲۴	...	...	1,2,3,4
۲۹	1,2,3,4	...	...	۳۵	...	...	1,2,3,4
۱۴	2	1,3,4	...	۳۸	...	...	1,2,3,4
۱۸	2	1,3,4	...	۲۶	...	...	1,2,3,4
۲۸	2	1,3,4	...	۴۷	...	2,3,4	1
۱۲	3	1,2	4	۳۶	...	...	1,2,3,4
۱۵	...	4	1,2,3	۴۴	...	...	1,2,3,4
۱۹	3	1,2	4	۲۵	...	3	1,2,4
۲۳	...	1,2,3	4	۳۰	...	...	1,2,3,4
۴۵	...	1,2,3,4	...	۳۲	...	...	1,2,3,4
۳۴	3	1,2	4	۴۶	...	...	1,2,3,4
۴۰	...	1,2,4	3	۴۲	...	...	1,2,3,4
۳۱	...	1,2,3	4	۴۱	...	3	1,2,4
۲۰	...	2,4	1,3				

مرحله دوم: با توجه به جدول مرحله اول و با استفاده از رابطه (۱) امتیاز هر کدام از

روش‌ها در هر قلم (میزان نیکوئی روش‌ها در تخصیص هر کدام از اقلام به طبقات سه گانه) در جدول ۴ آمده است.

برای نمونه امتیاز چهار روش در قلم ۴ بصورت زیر بدست آمده است:
با توجه به اینکه روش ۱ و ۴ در ستون A قرار گرفته است و تعداد کل روش‌ها برابر ۴ می‌باشد، بنابراین امتیاز روش ۱ در قلم ۴ برابر با $\frac{2}{4}$ خواهد بود و به همین ترتیب

امتیاز روش‌های ۳، ۲ و ۴ به ترتیب برابر خواهد بود با: $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{4}$ و $\frac{2}{4}$. به همین صورت امتیاز روش‌ها در اقلام دیگر نیز به دست آمده است.

مرحله سوم: در این مرحله میانگین نیکوئی هر روش با استفاده از رابطه (۲) محاسبه و در هر ستون آورده می‌شود. برای نمونه میانگین میزان نیکوئی روش ۱ بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_1 = \frac{(1+1+1+0.5+0.5+0.75+\dots+0.75)}{47} = 0.771277$$

جدول ۴: میزان نیکوئی (امتیاز) روش‌ها در اقلام مختلف و میانگین میزان نیکوئی روش‌ها

روش‌ها اقلام	طبقه بندی مدل انگ (۱)	طبقه بندی مدل فان و ژوو (۲)	طبقه بندی آرمدل (۳)	طبقه بندی کلاسیک (۴)
۲	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰.۵	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۵
۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
۱۰	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵
۹	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵
۶	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
۸	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۷	۰.۲۵	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵
۱۳	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۲۹	۱	۱	۱	۱
۱۴	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵	۰.۷۵
۱۸	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵	۰.۷۵
۲۸	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵	۰.۷۵

مقایسه روش های مختلف طبقه بندی... ۱۷

روش ها اقدام	طبقه بندی مدل انگ (۱)	طبقه بندی مدل فان و ژوو (۲)	طبقه بندی آرمدل (۳)	طبقه بندی کلاسیک (۴)
۱۲	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵	۰.۲۵
۱۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۱۹	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵	۰.۲۵
۲۳	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۴۵	۱	۱	۱	۱
۳۴	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵	۰.۲۵
۴۰	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵
۳۱	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۲۰	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
۲۲	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
۱۶	۱	۱	۱	۱
۳۹	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵	۰.۲۵
۱۷	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۲۱	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۳۷	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
۱۱	۱	۱	۱	۱
۲۷	۱	۱	۱	۱
۴۳	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵
۲۴	۱	۱	۱	۱
۳۵	۱	۱	۱	۱
۲۸	۱	۱	۱	۱
۲۶	۱	۱	۱	۱
۴۷	۰.۲۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۷۵
۳۶	۱	۱	۱	۱
۴۴	۱	۱	۱	۱
۲۵	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵
۳۰	۱	۱	۱	۱
۳۲	۱	۱	۱	۱
۴۶	۱	۱	۱	۱
۴۲	۱	۱	۱	۱
۴۱	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۷۵
میانگین نیکوئی روش	۰.۷۷۱۲۷۷	۰.۷۵	۰.۷۰۷۴۴۷	۰.۶۶۴۸۹۴

مرحله چهارم: با توجه به اینکه از میان میانگین‌های بدست آمده در مرحله سوم بیشترین آنها مربوط به مدل انگ و کمترین آنها مربوط به مدل سنتی می‌باشد. بنابراین مدل انگ مناسب‌ترین مدل و روش سنتی در رتبه آخر قرار می‌گیرد. ترتیب اولویت بندی روش‌ها بصورت زیر است.

جدول ۵. اولویت بندی روش‌های مورد استفاده بر اساس میانگین نیکوئی روش

رتبه روش	میانگین نیکوئی روش	روش طبقه بندی
اول	۰.۷۷۱۲۷۷	طبقه بندی مدل انگ
دوم	۰.۷۵	طبقه بندی مدل فان و زوو
سوم	۰.۷۰۷۴۴۷	طبقه بندی آر-مدل
چهارم	۰.۶۶۴۸۹۴	طبقه بندی کلاسیک

جمع بندی و نتیجه گیری

مدل‌های طبقه بندی ABC چند معیاره برای شرکتهای بزرگی که با تنوع و تعداد زیاد اقلام موجودی مواجه هستند می‌تواند بسیار مفید واقع شود. در زمینه طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی مدل‌های فراوانی ارائه شده اند، اما هر مدل روند خاصی را برای ارزیابی یک قلم موجودی دارد و اثر هر کدام از معیارها را به طریقی متفاوت در نمره نهایی یک قلم موجودی ارزیابی می‌نمایند. این امر موجب شده است که مدیران موجودی با یک نوع سر درگمی مواجه شوند که کدام مدل مناسبتر است؟ روشی که در این مقاله ارائه شده است این مشکل را برای شرکتهایی که با موجودی قابل ملاحظه‌ای مواجه هستند، حل می‌نماید زیرا می‌توان با در نظر گرفتن یک نمونه مناسب از موجودی‌های یک شرکت، به تعیین مدل‌های مناسب مورد استفاده در آن شرکت و سپس مناسبترین مدل از بین آنها پرداخت.

در این مقاله یک روش ساده برای مقایسه کمی مدل‌های طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی ارائه شد. روش ارائه شده شامل چهار مرحله است. ابتدا جدولی که متشکل از طبقات مختلف موجودی و روش‌هایی که اقلام را در این طبقات مختلف قرار داده‌اند طراحی می‌شود سپس با استفاده از روابط ارائه شده میزان نیکوئی

روش‌ها را بدست آورده و در نهایت با محاسبه میانگین نیکوئی روش‌ها، اولویت-بندی صورت می‌گیرد. روش ارائه شده بسیار ساده و قابل درک است و برای مقایسه روش‌ها در صورتی که تعداد روش‌ها بسیار زیاد باشد نیز براحتی قابل استفاده است. به عبارت دیگر شاید بتوان گفت با افزایش تعداد روش‌های مورد مقایسه، قابلیت اعتماد متدولوژی ارائه شده در این مقاله افزایش می‌یابد.

روش‌های مورد استفاده در این مقاله شامل چهار روش انگک، مدل فان و ژوو، آر-مدل و طبقه بندی کلاسیک می‌باشند که هر کدام از این روش‌ها نیز تشریح شده و طبقه بندی آنها از ۴۷ قلم موجودی براساس سه معیار مصرف سالیانه، میانگین هزینه واحد و زمان انتظار نیز آمده است. پس از مقایسه روش‌ها با مدل ارائه شده، مدل انگک در رتبه اول و روش سنتی (که فقط بر اساس دو معیار قیمت و مصرف طبقه بندی را انجام می‌دهد) در رتبه آخر قرار می‌گیرد. متدولوژی ارائه شده در این مقاله، روشی ساده و قابل فهم برای بسیاری از مدیران است که می‌توان از آن در بسیاری از موارد دیگر که نیاز به مقایسه چندین مدل باشد و مدل غالب یا برتری مطرح نباشد، استفاده نمود.

در مدل انگک ابتدا معیارها اولویت‌بندی می‌شوند اما در سه مدل (مدل فان و ژوو، آر-مدل و روش سنتی) دیگر بحث اولویت‌بندی معیارها مطرح نیست. این امر می‌تواند دلیلی بر ارجحیت مدل انگک نسبت به سه مدل (مدل فان و ژوو، آر-مدل و روش سنتی) دیگر باشد. همچنین به دلیل اینکه مدل فان و ژوو دو جنبه مثبت و منفی معیارها را مد نظر قرار می‌دهد در معیار مقایسه (میانگین نیکوئی روش) نمره‌ای خیلی نزدیک به مدل انگک بدست آورده است که این نیز می‌تواند دلیل ارجحیت این مدل نسبت به دو مدل دیگر (آر-مدل و روش سنتی) باشد. آر-مدل نیز بدلیل اینکه می‌تواند همه معیارهای مورد نظر در نمونه تحقیق را مد نظر قرار دهد نسبت به روش سنتی نمره بالاتری در معیار مقایسه (میانگین نیکوئی روش) بدست آورده است. یکی از مواردی که می‌تواند موجب توسعه پژوهش در این زمینه شود تلفیق مدلها با یکدیگر و ارائه مدلی که نقاط قوت مدل انگک و مدل فان و ژوو را داشته

باشد، است^۱. تحقیقات آتی همچنین می توانند پیرامون موضوعات زیر انجام شوند:

- * پژوهش در زمینه مقایسه روشهای ارائه شده در این مقاله با روشهای دیگری از قبیل تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی و....
- * ارائه روشهای ابتکاری دیگری از جمله روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) جهت مقایسه روشهای مختلف طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی.
- * اولویت بندی روشهای ارائه شده در زمینه طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی. از جمله معیارهایی که می‌توان برای استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی در نظر گرفت درجه کمی بودن روش، درجه کیفی بودن روش، پیچیدگی محاسباتی روش و نوع رابطه ای که روش برای معیارها با سطح عملکرد ارقام در نظر گرفته است، می باشند.

منابع و مأخذ

۱. صفائی قادیکلانی و همکاران، تلفیق دو مدل طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی، مطالعات مدیریت، شماره ۵۷، صص: ۱۵۶-۱۳۳، بهار ۸۷
- [2] R. Ramanathan, (2006), ABC inventory classification with multiple criteria using weighted linear optimization, *Computers & Operations Research* 33, 695-700
- [3] B.E. Flores, D.C. Whybark, (1986), multiple criteria ABC analysis. *International Journal of Operations and Production Management*,
- [4] T.E.Vollmann, W.L. Berry, D.C. Whybark, fourth ed. (1997), *Manufacturing Planning and Control Systems*. McGraw-Hill, Boston.
- [5] W.L. Ng, (2007), A simple classifier for multiple criteria ABC analysis, *European Journal of Operational Research* 177,344-353
- [6] B.E. Flores, & D.C. Whybark, (1987), Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operation Management*; 7(1), 79-84
- [7] M.A. Cohen, R. Ernst, (1988), Multi-item classification and generic inventory stock control policies. *Production and Inventory Management Journal* 29(3):6-8.
- [8] H.A. Guvenir, E. Erel, (1998), Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm, *European Journal of Operational Research* 105, 29-37
- [9] J.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.
- [10] FY. Partovi, M. Anandarajan, (2002), Classifying inventory using an artificial neural network approach. *Computers & Industrial Engineering*; 41:389-404.
- [11] P. Zhou & L. Fan, (2007), A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization, *European Journal of Operational Research* 182, 1488-1491
- [12] J. Rezaei, (2007), A fuzzy model for multi-criteria inventory classification, 6th International Conference on Analysis of Manufacturing Systems (AMS2007), Lunteren, Netherlands, May 11-16, 167-172.
- [13] P.Hautaniemi, T.Pirttila, (1999), The choice of replenishment policies in an MRP environment. *International Journal of Production Economics*; 59:85-92
- [14] P.W. Stonebraker, G.K. Leong, (1994), *Operations strategy: focusing competitive excellence*. Allyn and Bacon: Boston
- [15] E.Triantaphyllou, (2000), *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publishers, Boston,
- [16] A.Charnes, W.W. Cooper, (1994) A.Y.Lewin, L.M.Seiford, *Data envelopment analysis: theory methodology and applications*. Kluwer Boston
- [17] W.W. Cooper, L.M. Seiford. T.Tone, (2006), *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References*, Springer, New York
- [18] V. Belton, T. Stewart, (2001), *Multi-criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Kluwer Academic Publishers, Boston
- [19] FY. Partovi, J.Burton, (1993) Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. *International Journal of Production and Operations Management*; 13(9):29-44
- [20] E.A. Silver, D.F. Pyke, R. Peterson, (1998) third ed. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley & Sons, New York
- [21] C.M. Bishop, *Neural networks for pattern recognition*, New York: Oxford University Press, 1995
- [22] Balm, G, J.Benchmarking,(1992) *A practitioners Guide for Becoming and*

Staying Best of the Best, QPMA Press, Schaumburg, IL.

[23] L.Chen, and K. Ramani, (2000) A subjective design framework for conceptual design of polymeric processes with multiple parameters, *Research in Engineering Design*, vol 12, no 4 pp.220-234

[24]J. Balm, G, (1996), Benchmarking and gap analysis: what is the next milestone? *Benchmarking for Quality Management & Technology*, Vol. 3 No. 4, pp. 28-33. © MCB University Press, 1351-3036