دانشور
رفتار
مدیریت و پیشرفت

Management and achievement

ارائه رهیافتی جدید برای مقایسه نتایج بکارگیری مدلهای طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی (مطالعه موردی: شرکت سایپا)

نویسندگان: عبدالحمید صفائی قادیکلائی*[1] و منصور اسماعیل زاده[2]

۱.استاد یار دانشگاه مازندران

۲.عضو هیات علمی دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان

*Email: ab.safaei@umz.ac.ir

● دریافت مقاله: ۸۷/۱/۲۵
● پذیرش مقاله:۸۹/٤/۱۲

Scientific-Research Journal of Shahed University Eighteenth Year No. 47-2 Jun.Jul.2011

دوماهنامه علمی– پژوهشی دانشگاه شاهد سال هجدهم– دوره جدید شماره ۲–۴۷ تیر ۱۳۹۰

چکیده

در حوزه طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی مدلهای متعددی توسط پژوهشگران در سطح جهان ارائه شده است. نتایج متفاوت طبقه بندی اقلام در این مدلها یک چالش جدی پیش روی اندیشمندان این حوزه از دانش می باشد. در این مقاله از تکنیک های ادغامی جهت مقایسه نتایج بدست آمده از مدلهای مختلف طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی استفاده شده است، مدل ارائه شده جهت تعیین مناسبترین مدل، بسیار ساده و قابل بکار گیری جهت مقایسه هر تعداد مدل مورد استفاده می باشد. در این مقاله از مدلهای وان لانگ، فان و ژوو، طبقه بندی آر- مدل و طبقه بندی سنتی بعلاوه یک مدل پیشنهادی که بهبود دهنده مدلهای فوق الذکر می باشد برای طبقه بندی ۱۰۰ قلم موجودی از انبارهای تولیدی داخلی شرکت سایپا استفاده شده است. بعد از طبقه بندی اقلام با استفاده از روش ادغامی میانگین رتبه ها نتایج طبقه بندی مدلها با هم مقایسه شده اند. نتایج نشان می دهد که مدل فان ژوو و مدل پیشنهادی به ترتیب با ۷٦٪ و ۷۵٪ مطابقت در رتبه های اول و دوم قرار گرفته اندو مدل.سنتی با ۱۹٪ مطابقت از این نظر در اولویت آخر قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: طبقه بندی چند معیاره موجودی (MCIC) ،بهینه سازی خطی موزون (R-MODEL)، **مدل** فان- ژوو و مدل وان لانگ

۱- مقدمه

در طبقه بندی کلاسیک (سنتی) اقلام بر اساس دو معیار (قیمت واحد و مصرف سالیانه) طبقه بندی می شدند (1) اما در روش ABC علاوه بر معیار ارزش مصرف سالیانه(قیمت ضربدر مصرف) معیار های دیگری نیز وجود دارند که در مدیریت موجودی مهم هستند از جمله آنها می توان به زمان انتظار، از رده خارج شدن، در دسترس بودن، قابلیت جایگزینی، درجه بحرانی، قابلیت تعمیر، عمومیت داشتن، درجه اطمینان برای تامین، هزینه موجودی، میزان تقاضای سالیانه، کمیابی، قابلیت دوام،میزان سفارش، قابلیت ذخیره سازی و توزیع تقاضا اشاره کرد (2,3,4)

در سالهای اخیر از مدلها ی زیادی جهت طبقه بندی چند معیاره موجودی استفاده شده است از جمله آنها می توان به مدل ماتریسی فلورس و وای بارک(5) که ماتریس معیار مشترک[1] نامیده شده است و برای طبقه بندیهای دو معیاره مناسب است، تکنیک آماری کوهن و ارنست(6) به نام تحلیل خوشه ای[2] که نیاز به داده های واقعی ، استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی و یک رویه جمع آوری دارد، فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی[3] که توسط توماس ال ساعتی[4] ارائه شده است، الگوریتم ژنتیک جوونیر و ارل (7) که در آن از الگوریتم ژنتیک برای بدست آوردن وزنهای معیارها با توجه به نقاط جدا شده ی AB وBC استفاده می شود، مدل فازی پونته(8) ، شبکه های عصبی مصنوعی[5] پرتوی و آناندراجان(9) ، مدل بهینه سازی خطی موزون رامانادان(1)، مدل بهینه سازی خطی توسعه یافته(مدل فان و ژوو) (10) ،مدل بهینه سازی خطی موزون وان لانگ(4) و مدل فازی رضائی(11) اشاره کرد.

در تمامی مدلها ئی که در بالا به آنها اشاره شد هر کدام بطور جداگانه یک مدل برای طبقه بندی چند معیاره موجودی ارائه کرده اند، که هر کدام از مدلهای فوق الذکر مزیتها و معایبی دارند و جهت تعیین اینکه کدام یک از این مدلها مناسبتر است تاکنون روشی که به صورت کمی باشد ارائه نشده است، ولی جوونیر و ارل(7) که از الگوریتم ژنتیک برای طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی استفاده کرده اند از AHP نیز استفاده کرده و برای تعیین مدل مناسب بین الگوریتم ژنتیک و تکنیک AHP، نظر مدیران با تجربه موجودی(روشی کاملاً کیفی) را به عنوان معیار قرار داده اند. بدین ترتیب که پس از طبقه بندی اقلام با مدلها ی انتخابی و توسط مدیران موجودی، طبقه بندی هر کدام از مدلها را با طبقه بندی مدیران موجودی مقایسه کرده و هر مدل که با نظر مدیران موجودی مطابقت بیشتری داشته باشد به عنوان مدل مناسبتر انتخاب شده است.

در این مقاله یک مدل ساده و قابل کاربرد برای مقایسه مدلها ی مختلف طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی ازائه شده است که در آن ابتدا به هر کدام از طبقات A،Bو C رتبه های ۱و۳و۵ داده شده سپس میانگین رتبه ی مدل های مختلف در هر قلم را بدست آورده و با مرتب کردن میانگین رتبه های هر قلم، آنها را طبقه بندی می کنیم. نهایناً با مطابقت دادن طبقه بندی مدلهای مورد استفاده با طبقه بندی مدل میانگین رتبه ها، مناسبترین مدل انتخاب شده است. در مقاله حاضر ابتدا مدلهای مختلف ABC مورد استفاده در طبقه بندی اقلام انبار تشریح می گردد. در ادامه با ترکیب مدل فان و ژوو با مدل وان لانگ مدل پیشنهادی پژوهش حاضر معرفی شده است. با توجه به امکان نتایج متفاوت این مدلها در طبقه بندی اقلام بخش بعدی مقاله معرفی روش میانگین رتبه ها برای ارزیابی مقایسه ای این نتایج متفاوت طبقه بندی اقلام خواهد بود. مطالعه موردی(شرکت سایپا) و بحث در یافته ها و نتیجه گیری و پیشنهادات بخشهای پایانی مقاله حاضر را به خود اختصاص داده است.

۲- مدل های مورد استفاده ABC در طبقه بندی اقلام

۲-۱- طبقه بندی سنتی ABC

در طبقه بندی کلاسیک (سنتی) اقلام بر اساس دو معیار (قیمت واحد و مصرف سالیانه) طبقه بندی می شوند

[1] joint criteria matrix
[2] Cluster Analysis
[3] Analytical Hierarchy Process(AHP)
[4] Saaty
[5] Artificial Neural Networks (ANNs)

دوماهنامه علمی – پژوهشی دانشور رفتار / مدیریت و پیشرفت / دانشگاه شاهد / تیر ۹۰ / سال هجدهم / شماره ۲-۴۷
Daneshvar (Raftar) Management and Achievement / Shahed University / 18th Year / 2011-12 / No.47-2

بدین ترتیب که برای هر قلم کالا قیمت واحد را در مصرف سالیانه اش ضرب کرده و یک معیار به نام ارزش مصرف سالیانه بدست می آید، سپس آنها را به صورت نزولی مرتب کرده و با توجه به سیاستهای مدیریت (در صد تشکیل دهنده ی هر طبقه) اقلام طبقه بندی می شوند.

۲-۲- مدل بهینه یابی خطی موزون(آر-مدل)

فرض کنید که M قلم موجودی داریم می خواهیم این اقلام را بر اساس N معیار طبقه بندی کنیم. بازده قلم i را بر حسب هر معیار با y_{in} نشان می دهیم.همچنین فرض کنید که تمام معیارها با سطح اهمیت اقلام رابطهٔ مثبت دارند(7,9,12,13)یعنی قلمی که نمرهٔ بیشتری در این معیارها داشته باشد شانس بیشتری برای قرار گرفتن در طبقهٔ A را دارد. با این مفروضات مدل بهینه یابی خطی موزون در زیر آمده است:

$$
\begin{aligned}
&Max \quad \sum_{n=1}^{N} w_{in} y_{in} \\
&s.t. \\
&\sum_{n=1}^{N} w_{in} y_{mn} \le 1 \qquad (1) \\
&m = 1,2,\ldots,M \\
&w_{in} \ge 0
\end{aligned}
$$

(منبع: (۱))

در مدل(۱) یک تابع جمعی 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. وزنها با استفاده از مساله بهینه سازی برای محدودیتهایی که مجموع موزون محاسبه شده با استفاده از مجموعه ی مشابه وزنها برای تمام اقلام باید کوچکتر یا مساوی یک باشد، انتخاب شده اند.در مدل(۱) محدودیتها بصورت کوچکتر مساوی در نظر گرفته شده اند در غیر اینصورت (اگر محدودیتها بصورت بزرگتر مساوی در نظر گرفته شوند) همه اقلام نمره $+\infty$ را بدست خواهند آورد(چون تابع هدف ماکزیمم می باشد) که در اینصورت نمی توان همه اقلام با یک نمره مشابه را با یکدیگر مقایسه و طبقه مربوط به آنها را تعیین نمود. مدل (۱) به جای وزن دهی ذهنی یک مدل عینی برای طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی فراهم می کند. زمانی که مدل حل می‌شود، یک نمرهٔ بهینهٔ موجودی ر ا برای قلم i بدست می‌دهد. برای بدست آوردن نمرهای بهینه ی دیگراقلام موجودی، مدل به طور تکراری با تغییر دادن تابع هدف باید حل شود. سپس این نمره ها می‌توانند برای طبقه بندی اقلام موجودی مورد استفاده قرار گیرند. مدل فوق مشابه نوعی از مدلهای برنامه ریزی خطی مورد استفاده در تحلیل پوششی داده ها می باشد(15)آر-مدل همانند ایده تحلیل پوششی داده ها (1,16) هر قلم را قادر می سازد که وزنها را خودش برای تخمین نمره عملکردش انتخاب کند. وزنهای انتخاب شده توسط هر قلم تمایل به مطلوب کردن خودشان دارند. در نتیجه اگر یک قلم در معیاری معین ارزش زیاد داشته باشد توسط آر- مدل بدون توجه به ارزشهایش در معیار های دیگر، در طبقه A قرار خواهد گرفت. این امر ممکن است منجر به این شود که یک قلم با ارزش بالا در یک معیار بی اهمیت به طور نامناسب در طبقه A قرار گیرد و این موقعیت واقعی این قلم موجودی را بیان نمی کند. بعلاوه این نکته نیز قابل ذکر است که این مدل همچنین مرتبط با مدل مجموع وزین ساده[1] در تحلیل تصمیم چند معیاره است(14,17) زیرا تابع یکپارچه سازی هماتندی دارند با این تفاوت که در مدل(۱)وزنهای اقلام مختلف وابسته و قابل تغییرهستند در حالیکه در مدل مجموع وزین ساده آنها مستقل و ثابت هستند. (۱)

۲-۳- مدل فان و ژوو

در آر- مدل اگریک قلم در میان دیگر اقلام بازده بالائی در یک معیار معین داشته باشد، این قلم همیشه یک نمره بالائی را بدست خواهد آورد حتی اگر آن بازده های خیلی پائینی در معیار های 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 معیار های مهم

[1]Simple Additive Weighted (SAW)

به طور نامناسب در طبقه A قرار بگیرد که این، موقعیت واقعی این قلم موجودی را تعیین نمی کند. برای رفع این نقطه ضعف، آر-مدل را توسعه داده و یک مدل بهینه یابی خطی موزون مشابه آر- مدل(مدل ۳) ارائه می دهیم:
فرض کنید که M قلم موجودی داریم و می خواهیم این اقلام را بر اساس N معیار طبقه بندی کنیم. بازده قلم i را بر حسب هر معیار با y_{in} نشان می دهیم.
بنابراین داریم:

$$gI_i = Max \sum_{n=1}^{N} w_{in} y_{in}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} w_{in} y_{mn} \le 1 \qquad (2)$$
$$m = 1,2,...,M$$
$$w_{in} \ge 0$$

و

$$bI_i = Min \sum_{n=1}^{N} w_{in} y_{in}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} w_{in} y_{mn} \ge 1, \qquad (3)$$
$$m = 1,2,...,M$$
$$w_{in} \ge 0$$

(منبع: (۱۰))

مدل(2) همان آر- مدل(مدل ۱) می باشد ولی مدل (۳) شامل یک تابع هدف مینیمم سازی برای یکپارچه کردن عملکرد یک قلم موجودی بر حسب معیارهای مختلف جهت بدست آوردن شاخص منفی مورد استفاده قرار گرفته است. وزنها با استفاده از مساله بهینه سازی برای محدودیتهایی که مجموع موزون محاسبه شده با استفاده از مجموعه ی مشابه وزنها برای تمام اقلام باید کوچکتر یا مساوی یک باشد، انتخاب شده اند.در مدل(۳) محدودیتها بصورت بزرگتر مساوی در نظر گرفته شده اند در غیر اینصورت (اگر محدودیتها بصورت کوچکتر مساوی در نظر گرفته شوند) همه اقلام نمره صفر را بدست خواهند آورد(چون تابع هدف مینیمم می باشد) که در اینصورت نمی توان همه اقلام با یک نمره مشابه را با یکدیگر مقایسه و طبقه مربوط به آنها را تعیین نمود. gI_i و bI_i به ترتیب "شاخص مثبت" و "شاخص منفی" برای طبقه بندی چند معیاره موجودی می نامیم. شاخص منفی bI_i یک مدل طبقه بندی اضافی را برای اقلامی که با شاخص مثبت gI_i غیر قابل مقایسه اند، فراهم می کند. بعلاوه ما می توانیم با ترکیب دو شاخص، یک شاخص مختلط به صورت زیر بسازیم:

$$nI_i(\lambda) = \lambda \times \frac{gI_i - gI_i^-}{gI_i^* - gI_i^-} \oplus (1-\lambda) \times \frac{bI_i - bI_i^-}{bI_i^* - bI_i^-} \qquad (4)$$

بطوریکه:

$$gI_i^* = Max\{gI_i, i = 1,2,...,M\}, gI_i^- = Min\{gI_i, i = 1,2,...,M\},$$
$$bI_i^* = Max\{bI_i, i = 1,2,...,M\}, bI_i^- = Min\{bI_i, i = 1,2,...,M\},$$
$$0 \le \lambda \le 1$$

در رابطه (4)، λ یک پارامتر کنترل برای ترجیح تصمیم گیرنده در انتخاب شاخصهای منفی و یا مثبت می باشد. اگر λ برابر ۱ باشد nI_i نوع نرمال شده ی 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.

در مقایسه با آر- مدل، **مدل فان** و **ژوو** یک شاخص جامع تری را فراهم می کند، زیرا دو جنبه را در نظر می گیرد. همانند gI_i ، nI_i که شاخص مختلط نامیده می شود و نمره نهائی قلم i را نشان می دهد، یک شاخص استاندارد شده است که در بازه صفر تا یک قرار می گیرد. اگر یک قلم بزرگترین ارزش را در هر دو شاخص خوب و بد دارد، آن قلم نمره نهائی ۱ را خواهد گرفت و

در طبقه A قرار می گیرد. اگر یک قلم کمترین ارزشها را در هر دو شاخص خوب و بد داشته باشد، آن قلم نمره نهائی صفر را خواهد گرفت و در طبقه C قرار می گیرد.(۱۰)

۲-٤- مدل وان لانگ

فرض کنید که M قلم موجودی داریم می خواهیم این اقلام را بر اساس N معیار طبقه بندی کنیم بازده قلم Mدر معیارN با y_{mn} نشان داده می شود. همچنین فرض بر این است که همه معیار ها رابطه مثبت با سطح اهمیت موجودی دارند. دراین مدل تمام معیارها را طوری در نظر می گیریم که قابل مقایسه باشند. برای تبدیل بازده اقلام در مقیاس صفر تا یک از رابطه (۵) استفاده می شود. همچنین نیاز داریم که تصمیم گیرنده معیارهای مورد نظر را اولویت بندی کند برای این کار (اولویت بندی معیارها) از پرسشنامه و تکنیک AHP گروهی استفاده شده است.

$$\frac{y_{mn}-\min_{m=1,2,...,M}\{y_{mn}\}}{\max_{m=1.2.....M}\{y_{mn}\}-\min_{m=1,2,...,M}\{y_{mn}\}} \qquad (5)$$

در مدل وان لانگ ابتدا معیارها را باتکنیک AHP گروهی اولویت بندی می کنیم. یک وزن غیر منفی w_{mn} تعریف می کنیم که وزن قلم mدر معیار n می باشد. بعد از اینکه معیارها با استفاده از تکنیک AHP گروهی مقایسه و اولویت بندی شدند آنها برای تمام اقلام به صورت نزولی مرتب می شوند. یعنی: $w_{m1} \geq w_{m2} \geq ... \geq w_{mn}$. نمره قلم M (با S_m نشان داده شده) به عنوان مجموع موزون اندازه های عملکرد قلم با چندین معیار بیان می شود.(تابع هدف) یک مدل بهینه یابی خطی موزون برای قلم M در زیر نشان داده شده است(مدل ۵) محدودیت ۲ یک محدودیت نرمال شده است. محدودیت ۳ در واقع تضمین توالی درجه بندی معیار ها می باشد.یعنی: $w_{m1} \geq w_{m2} \geq ... \geq w_{mn}$ این مدل نیز همانند مدل DEA وزنها را به طور وابسته بدست می دهد زمانی که مدل (٦) برای هر قلم حل می شود، نمره و ارزش وزنها خود بخود بدست می آید. بنابراین هیچ نیازی به ارزش وزنی از قبل تعیین شده نداریم. همانطور که ملاحظه می کنید هیچ تابع پارامتریکی، قبل از نمره دهی تعریف نشده است، بنابراین مدل درمفهوم یک مدل
غیر پارامتریک می باشد.
مدل (٦) برای هر قلم موجودی یک مدل برنامه ریزی خطی حل می کند. به هر حال این عمل نیاز به یک بهینه ساز خطی قابل دسترس برای تصمیم گیرنده دارد. بنابراین تغییری در آن ایجاد می کنیم. مدل ساده شده می تواند به آسانی بدون بهینه ساز خطی حل شود:

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

$$s.t.$$

$$(2) = \sum_{n=1}^{N} w_{mn} = 1 \qquad (6)$$

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

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

ودر نظر بگیرید:

$$u_{mN} = w_{mN}$$
$$m = 1,2,...,M$$

بنابراین محدودیت ۲ و ۳ را می توان بصورت زیر در نظر گرفت:

$$\sum_{n=1}^{N} n u_{mn} = 1 \qquad (8)$$
$$m = 1,2,...,M$$

و

$$u_{mn} \geq 0$$
$$m = 1,2,...,M$$
$$n = 1,2,...,N$$

با بسط سمت چپ (۸) و جایگزینی (۷) داریم:

$$\sum_{m=1}^{N} nu_{mn} = u_{m1} + 2u_{m2} + 3u_{m3} + \ldots + Nu_{mN}$$
$$= (w_{m1} - w_{m2}) + 2(w_{m2} - w_{m3}) + 3(w_{m3} - w_{m4} + \ldots + N(w_{iN})$$
$$= \sum_{m=1}^{N} w_{mn}$$
$$= 1$$

همچنین در نظر بگیرید که:

$$x_{mn} = \sum_{k=1}^{n} y_{mk} \qquad (9)$$
$$m = 1,2,\ldots,M$$

نمره S_m برای هر قلم با u_{mn} و x_{mn} برای $n = 1,2,\ldots,N$ بیان شده است:

$$S_m = \sum_{n=1}^{N} w_{mn} y_{mn} = \sum_{n=1}^{N} u_{mn} x_{mn} \qquad (10)$$

با جایگزینی (۷) و (۹) در سمت راست (۱۰) و بسط آن، داریم:

$$\sum_{n=1}^{N} u_{mn} x_{mn} = \sum_{n=1}^{N-1} \left((w_{mn} - w_{m(n+1)}) \sum_{k=1}^{m} y_{mk} \right) + u_{mN} \sum_{k=1}^{N} y_{mk}$$
$$= ((w_{m1} - w_{m2}) y_{m1}) + ((w_{m2} - w_{m3})(y_{m1} + y_{m2})) + ((w_{m3} - w_{m4})(y_{m1} + y_{m2} + y_{m3})) + \ldots$$
$$+ ((w_{m(N-1)} - w_{mN})(y_{m1} + y_{m2} + \ldots + y_{m(N-1)})) + w_{mN}(y_{m1} + y_{m2} + \ldots + y_{mN})$$
$$= (w_{m1} y_{m1} - w_{m2} y_{m1}) + (w_{m2} y_{m1} + w_{m2} y_{m2} - w_{m3} y_{m1} - w_{m3} y_{m2})$$
$$+ (w_{m3} y_{m1} + w_{m3} y_{m2} + w_{m3} y_{m3} - w_{m4} y_{m1} - w_{m4} y_{m2} - w_{m4} y_{m3}) + \ldots$$
$$+ (w_{m(N-1)} y_{m1} + w_{m(N-1)} y_{m2} + \ldots + w_{m(N-1)} y_{m(N-1)} - w_{mN} y_{m1} - w_{mN} y_{m2} - \ldots - w_{mN} y_{m(N-1)})$$
$$+ (w_{mN} y_{m1} + w_{mN} y_{m2} + \ldots + w_{mN} y_{mN})$$
$$= w_{m1} y_{m1} + w_{m2} y_{m2} + \ldots + w_{mN} y_{mN}$$
$$= \sum_{n=1}^{N} w_{mn} y_{mn}$$

بعلاوه برای تمام اقلام داریم:

$$w_{mn} = \sum_{k=n}^{N} u_{mk} \qquad (11)$$
$$n = 1,2,\ldots,N$$

از آنجائی که $u_{mn} \geq 0, n = 1,2,\ldots,N$ محدودیت غیر منفی را برای تمام w_{mn} احراز می کنیم. بر اساس این تغییر می توانیم مدل (٦) را به مدل زیر برای تمام اقلام موجودی تبدیل کنیم:

$$(P_2) = Max S_m = \sum_{n=1}^{N} u_{mn} x_{mn}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} n u_{mn} = 1 \qquad (12)$$
$$u_{mn} \geq 0, n = 1,2,\ldots,N.$$

مدل (۱۲) یک نوع برنامه ریزی خطی در شکل کنونیکال با یک محدودیت مساوی است. این مدل دال بر این است که تنها یک جواب غیر صفر برای u_{mn} وجود دارد و بقیه u_{mn} ها صفر خواهند بود. (چون یک محدودیت دارد و تعداد متغیرهای اساسی برابر تعداد محدودیتها می باشد)بعلاوه تنها متغیر تصمیم غیر صفر ($u_{mn} \geq 0$) مساوی با ۱ تقسیم بر j می باشد. بنابراین نمره S_m هرقلم موجودی می تواند به سادگی با عنوان زیر تعریف شود :

$$Max_{n=1,2,\ldots,N} = \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} y_{mk}\right) \qquad (13)$$

دوماهنامه علمی – پژوهشی دانشور رفتار / مدیریت و پیشرفت / دانشگاه شاهد / تیر ۹۰ / سال هجدهم / شماره ۲-۴۷

به طور جایگزین نمره S_m می تواند از مدل دوگان (۱۲) بدست آید. مدل دوگان (۱۲) با متغیر دوگان Zi به صورت زیر می باشد:

$$(P2dual)\ \min z_i$$
$$s.t.$$
$$z_i \geq \frac{1}{j} x_{mn} \qquad (14)$$
$$j = 1,2,...,N$$

حداقل Zi برای قلم I دقیقا" همان $\max_{j=1,2,...,N}(\frac{1}{n}x_{mn})$ است. که این نیز همان $\max_{n=1,2,...,N}(\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} y_{mk})$ که متغیر تصمیم در مساله اصلی (مدل ٦) می باشد است. برای بدست آوردن نمره هر قلم مراحل زیر انجام می گیرد:

مرحله ۱- تمامی میانگین های تجمعی را با استفاده ازرابطه زیرمحاسبه کنید.

$$\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_{mk}, n = 1,2,...,N.$$

مرحله ۲- میانگین ها را مقایسه و ماکزیمم آنها را انتخاب کنید. این مقدار نشان دهنده ی نمره قلم M می باشد.

مرحله ۳- نمره های S_m را بطور نزولی مرتب کنید.

مرحله ٤- اقلام موجودی را با استفاده از اصل تحلیل ABC گروهبندی کنید.

فرآیند هیچ نیازی به بهینه ساز خطی ندارد و برای گروههای وسیعی از اقلام که توسط مدیران فاقد آموزش تخصصی کنترل می شوند، به آسانی قابل اجرا است. لازم به ذکر است که در صورت تغییر رتبه بندی معیارها توسط تصمیم گیرنده، حساسیت تغییر برای نمره یک قلم موجودی می تواند با بررسی موقعیت حداکثر میانگین های تجمعی صورت گیرد.(٤)

۳- تلفیق دو مدل

مدل **وان لانگ** نیز همانند **آر- مدل** رابطه ی تمام معیارها را با سطح اهمیت اقلام مثبت در نظر گرفته است ولی مدل **فان و ژوو** این نقطه ضعف را ندارد بعلاوه **آر- مدل** و مدل **فان و ژوو** نیز یک نقطه ضعف مشترک دارند که آن محاسبات طولانی است که باید برای هر قلم موجودی انجام شود ولی مدل **وان لانگ** این نقطه ضعف را ندارد، بنابراین ما می توانیم با ترکیب دو مدل **وان لانگ** و **فان و ژوو** این معایب را بر طرف کنیم، در اینجا ما یک مدل جهت رفع این معایب ارائه می دهیم. در این مدل پیشنهادی مشابه عملیاتی که مدل **فان و ژوو** روی مدل بهینه یابی خطی موزون(آر- مدل) انجام می دهد، روی مدل **وان لانگ** انجام می دهیم:

فرض کنید که M قلم موجودی داریم می خواهیم این اقلام را بر اساس N معیار طبقه بندی کنیم. بازده قلم mدر معیارn را با y_{mn} نشان داده می شود. دراین مدل تمام معیارها را طوری در نظر می گیریم که قابل مقایسه باشند. برای تبدیل بازده اقلام در مقیاس صفر تا یک از رابطه (۵) استفاده می شود .همچنین تصمیم گیرنده باید معیار ها را اولویت بندی کند.

در این مدل پیشنهادی برای بدست آوردن شاخص های منفی، مدل (٦) را باتابع هدف Min در نظر گرفته و برای بدست آوردن شاخص های مثبت همان مدل (٦) را در نظرمی گیریم ، سپس با ترکیب این دو شاخص نمره نهائی هر قلم را محاسبه می کنیم، شاخص منفی bI_m یک مدل طبقه بندی اضافی را برای اقلامی که با شاخص مثبت gI_{mn} غیر قابل مقایسه اند، فراهم می کند.

فرمول ترکیب کردن دو شاخص منفی و مثبت مدل پیشنهادی نیز در مقایسه با فرمول ترکیب کردن دو شاخص منفی و مثبت مدل **فان و ژوو** تغییر خواهد کرد و آن بدین دلیل است که برای هر قلم به تعداد N عدد شاخص مثبت و منفی خواهیم داشت.

$$MaxS_m = \sum_{n=1}^{N} w_{mn} y_{mn}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} w_{mn} = 1 \qquad (15)$$
$$w_{mn} - w_{m(n+1)} \geq 0, n = 1,2,...,(N-1)$$
$$w_{mn} \geq 0, n = 1,2,...,N$$

در مدل (۵) محدودیت ها برای تمام اقلام ثابت هستند بنابراین منطقه موجه برای تمام مدلها نیز ثابت خواهد بود و فقط جواب بهینه با توجه به ضرایب (y_{mn}) متغیرها (w_{mn}) تغییر خواهد کرد. همچنین اگر تابع هدف این مدل بصورت Min نوشته شود در منطقه موجه آن هیچ تاثیری نخواهد داشت(بدلیل ثابت بودن محدودیت ها). با توجه به این توضیحات و مفروضات مدل، می توان دو مدل مربوط به شاخص های منفی و مثبت را بصورت زیر در نظر گرفت:

$$gI_{mn} = MaxS_m = \sum_{n=1}^{N} w_{mn} y_{mn}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} w_{mn} = 1 \qquad (16)$$
$$w_{mn} - w_{m(n+1)} \geq 0$$
$$w_{mn} \geq 0, n = 1,2,...,N.$$

$$bI_{mn} = MinS_m = \sum_{n=1}^{N} w_{mn} y_{mn}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} w_{mn} = 1 \qquad (17)$$
$$w_{mn} - w_{m(n+1)} \geq 0$$
$$w_{mn} \geq 0, n = 1,2,...,N.$$

پس از اعمال تغییرات جهت ساده کردن، مدلها (۱۵) و (۱۶) بصورت زیر در خواهند آمد. (لازم به ذکر است که برای بدست آوردن مدلهای زیر تغییر متغیر $\left[u_{mn} = w_{mn} - w_{m(n+1)}\right]$ در نظر گرفته شده است).

$$gI_{mn} = MaxS_m = \sum_{n=1}^{N} u_{mn} x_{mn}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} n u_{mn} = 1 \qquad (18)$$
$$u_{mn} \geq 0, n = 1,2,...,N.$$

$$bI_{mn} = MinS_m = \sum_{n=1}^{N} u_{mn} x_{mn}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{n=1}^{N} n u_{mn} = 1 \qquad (19)$$
$$u_{mn} \geq 0, n = 1,2,...,N.$$

دو مدل (۱۷) و (۱۸)تنها یک جواب غیر صفر برای u_{mn} دارند و بقیه u_{mn} ها صفر خواهند بود. بعلاوه تنها متغیر تصمیم غیر صفر(u_{mn}) باید مساوی با $\frac{1}{n}$باشد. بنابراین می توان دو مدل را بصورت زیر نیز در نظر گرفت:

$$gI_{mn} = Max_{n=1,2,...,N} = (\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} y_{mk}) \quad (20)$$
$$bI_{mn} = Min_{n=1,2,...,N} = (\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} y_{mk}) \quad (21)$$

برای بدست آوردن نمره بهینه ی هر قلم موجودی مراحل زیر باید انجام گیرد:

مرحله ۱- تمام میانگین های تجمعی gI_{mn} را با استفاده از رابطه زیرمحاسبه کنید.

$$gI_{mn} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_{mk}, n = 1,2,...,N.$$

مرحله ۲- میانگین های تجمعی gI_{mn} را مقایسه و ماکزیمم و می نیمم آنها را انتخاب کرده و در دو ستون جداگانه بنویسید. ستون مربوط به ماکزیمم ها مقادیر gI_{mn} یکپارچه شده را نشان می دهد و ستون مربوط به می نیمم ها مقادیر bI_{mn} یکپارچه شده را نشان می دهد.

مرحله ۳- با استفاده از رابطه (۲۲) نمره ی بهینه هر قلم را بدست آورید.

$$nI_m(\lambda) = \lambda \times \frac{gI_{mn} - gI_{mn}^{-}}{gI_{mn}^{*} - gI_{mn}^{-}} \oplus (1-\lambda) \times \frac{bI_m - bI_m^{-}}{bI_m^{*} - bI_m^{-}} \qquad (22)$$

بطوریکه:

$$gI_{mn}^{*} = Max \max\{gI_{mn}, i = 1,2,...,M\}, gI_{mn}^{-} = Min \max\{gI_{mn}, i = 1,2,...,M\},$$
$$bI_m^{*} = Max \min\{bI_m, i = 1,2,...,M\}, bI_m^{-} = Min \min\{bI_m, i = 1,2,...,M\},$$
$$0 \le \lambda \le 1$$

در رابطه (۲۲)، λ یک پارامتر کنترل برای ترجیح تصمیم گیرنده در انتخاب شاخصهای منفی و یا مثبت می باشد. اگر λبرابر ۱ باشد nI_m نوع نرمال شده ی شاخص مثبت gI_{mn}خواهد بود. اگر λ برابر صفر باشد nI_m نوع نرمال شده شاخص منفی bI_{mn} خواهد بود. برای دیگر موارد مدل یک توافق بین دو شاخص را می سازد. اگر مدیران موجودی ترجیح قوی نداشته باشند، $\lambda = 0.5$ یک انتخاب عادلانه و منطقی خواهد بود.

gI_{mn} و bI_{mn}ها برای هر قلم به تعداد N عدد می باشد که طبق رابطه ی مربوط به محاسبه ی gI_{mn} برای بدست آوردن نمره ی یکپارچه شده ی آنها باید Max آنها انتخاب شود از طرفی برای وارد کردن gI_{mn}در فرمول مرحله ٤ مدل مجدداً باید از بین نمره های یکپارچه شده، Max وMin آنها را انتخاب کرد. به همین دلیل gI^{*}_{mn}و gI^{-}_{mn} به ترتیب $Max\max$و $Min\max$ ، gI_{mn}ها و bI^{*}_{mn}و bI^{-}_{mn}به ترتیب $Max\min$و $Min\min$، bI_m ها در نظر گرفته شده اند.

مرحله ٤ – نمره های حاصل از مرحله ۳ را بصورت نزولی مرتب کنید.

مرحله ۵- اقلام موجودی را با استفاده از اصل تحلیل ABC طبقه بندی کنید.

٤- مدل میانگین رتبه ها جهت مقایسه مدلها ی طبقه بندی و انتخاب مناسبترین آنها

جوونیر جهت مقایسه نتایج مدلهای طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی با یکدیگر از نظر مدیران موجودی(روشی کاملاً کیفی) استفاده کرده است. در این مقاله قصد بر آن است که از یک مدل کمی جهت مقایسه مدلها با یکدیگر بهره گرفته شود که با توجه به ماهیت موضوع(طبقه بندی اقلام در ۳ طبقه A، B وC) می توان براحتی از مدل میانگین رتبه ها بهره گرفته و مدلها را با یکدیگر مقایسه کرد. در ادامه به تشریح نحوه استفاده از مدل میانگین رتبه ها جهت مقایسه مدلها ی مختلف طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی می پردازیم:

اگر مدلها ی مورد مقایسه را با $D_i, (i = 1,2,...,I)$ و تعداد اقلام را با $N_i, (i = 1,2,...,n)$ نشان دهیم هر کدام از مدلها ی انتخابی، اقلام را در یکی از سه طبقه A، B و یا C قرار خواهند داد.

جدول ۱. طبقه بندی مدلها ی مختلف از اقلام انتخابی(طبقه ها بصورت فرضی در نظر گرفته شده است)

روش / اقلام	D_I	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5 .....
N_1	A	A	A	B	B	C
N_2	A	B	C	B	A	C
N_3	A	A	A	B	B	.....B
N_4	B	A	A	C	B	C
N_5	B	B	B	B	B	.....B
.						.
.						.
.						.
N_n	C	C	A	B	B	C

به هر کدام از طبقاتA ، B و C به ترتیب رتبه های ۱و۳و۵ داده می شود، سپس میانگین رتبه های هر قلم موجودی با استفاده از رابطه زیر بدست آمده است.

$$\mu_n = \frac{(1\times D_A)+(3\times D_B)+(5\times D_C)}{I} \qquad (23)$$

در رابطه (۲۳) D_A، D_B و D_C تعداد مدلها ئی هستند که قلم n را به ترتیب در طبقات A، B وC قرار داده اند، و I تعداد کل مدلها ست.

در مرحله بعد میانگین های بدست آمده را بصورت صعودی مرتب کرده و با توجه به طیف زیر طبقه بندی اقلام صورت می گیرد.

- اگر میانگین رتبه ها بزرگتر یا مساوی ۱ و کوچکتر از ۲,۳۳ باشد قلم در طبقه A قرار می گیرد.
- اگر میانگین رتبه ها بزرگتر یا مساوی ۲,۳۳ و کوچکتر از ۳,٦٦باشد قلم در طبقه B قرار می گیرد.
- اگر میانگین رتبه ها بزرگتر یا مساوی ۳,٦٦ و کوچکتر یا مساوی ۵ باشد قلم در طبقه C قرار می گیرد.

درآخرین مرحله جهت انتخاب مناسبترین مدل طبقه بندی هر کدام از مدلها را با طبقه بندی بدست آمده از این مدل مقایسه کرده و با اندازه گیری درصد مطابقت طبقه بندی مدلها با طبقه بندی مدل، مدلها را اولویت بندی می کنیم(جدول ۲)

۵- مطالعه موردی

جهت مقایسه مدلها و انتخاب مناسبترین آنها ما از ۱۰۰ قلم موجودی از ۵ انبار (از هر انبار ۲۰ قلم انتخاب شده اند) شرکت سایپا در ایران استفاده کردیم(جدول ۳). ما برای طبقه بندی چهار معیار قیمت واحد، زمان انتظار، ضریب مصرف و تقاضای سالیانه را در نظر گرفته ایم. همچنین از ١٤ تصمیم گیرنده برای اولویت بندی معیارها با استفاده ازتکنیک AHP گروهی استفاده کرده ایم. تکنیک AHP گروهی اهمیت معیارها را بصورت زیر تعیین کرده است: زمان انتظار> تقاضای سالیانه> قیمت واحد> ضریب مصرف. ۱۰۰ قلم و اندازه های عملکردشان در معیار های ملاحظه شده در جدول ۳ آمده است.

۶- طبقه بندی نمونه انتخابی

در تمامی مدلهای مورد استفاده در این مقاله (بجزء روش سنتی که از طبقه بندی مدیریان موجودی استفاده شده است)پس از بدست آوردن نمره های نهائی اقلام و مرتب کردن آنها بصورت نزولی برای تعیین تعداد اقلام طبقه های مختلف از طیف لیکرت استفاده شده است. یعنی:

اگر نمره قلم بزرگتر یا مساوی ۰,٦٦ و کوچکتریا مساوی ۱ باشد قلم در طبقه A قرار می گیرد.

- اگر نمره قلم بزرگتر یا مساوی ۰,۳۳ و کوچکتر از ۰,٦٦ باشد قلم در طبقه B قرار می گیرد.
- اگر نمره قلم بزرگتر یا مساوی ۰ و کوچکتر یا ۰,۳۳ باشد قلم در طبقه C قرار می گیرد.

۶-۱- طبقه بندی اقلام با استفاده از مدل سنتی

جهت طبقه بندی اقلام با استفاده از مدل سنتی ابتدا ارزش مصرف سالیانه را بدست آوردیم، سپس ارزش مصرف سالیانه را به صورت نزولی مرتب و نهایتاً اقلام را طبقه بندی کردیم.(ستون ۳ در جدول ٤)

۶-۲- طبقه بندی اقلام با استفاده از آر- مدل

جهت طبقه بندی اقلام با استفاده از آر- مدل، ابتدا مدل بهینه سازی خطی مربوط به آر- مدل را ساخته و با استفاده از نرم افزار Lingo، نمره های اقلام را بدست آورده، سپس نمره ها را بصورت نزولی مرتب کرده و نهایتاً اقلا را طبقه بندی می نمائیم.(ستون ٤ در جدول ٤)

۶-۳- طبقه بندی اقلام با استفاده از فان و ژوو

جهت طبقه بندی اقلام با استفاده ازمدل فان و ژوو، علاوه بر مدل بهینه سازی خطی مربوط به آر- مدل، مدل بهینه سازی خطی مرتبط با ان و ژوو را نیز ساخته و با استفاده از نرم افزار Lingo، نمره های اقلام را بدست آورده،

دوماهنامه علمی – پژوهشی دانشور رفتار / مدیریت و پیشرفت / دانشگاه شاهد / تیر ۹۰ / سال هجدهم / شماره ۲-۴۷
Daneshvar (Raftar) Management and Achievement / Shahed University / 18th Year / 2011-12 / No.47-2

سپس نمره ها را بصورت نزولی مرتب کرده و نهایتاً اقلام را طبقه بندی می نمائیم.(ستون ۵در جدول ٤)

۶-٤- طبقه بندی اقلام با استفاده از مدل وان لانگ

همانطور که قبلاً در ابتدای بخش ٦ اشاره کردیم، از تکنیک AHP گروهی برای تعیین اهمیت معیارها استفاده شده است. در مرحله بعد با انجام دادن گامهای مربوط به مدل وان لانگ، نمره های اقلام را بدست می آوریم سپس نمره ها را بصورت نزولی مرتب کرده و نهایتاً اقلام را طبقه بندی می نمائیم.(ستون ٦ در جدول ٤)

۶-۵- طبقه بندی اقلام با استفاده از مدل یکپارچه شده

شاخص خوب در این مدل همان نمره های مربوط به مدل وان لانگ می باشند. اما برای بدست آوردن شاخص بد باید از میان میانگین های تجمعی محاسبه شده می نیمم آنها نیز انتخاب شود. سپس یک شاخص مختلط با ترکیب کردن شاخص های خوب و بد بدست می آوریم. با مرتب کردن نمره های بدست آمده به صورت نزولی طبقه مربوط به هر قلم را تعیین می نمائیم. (ستون ۷ در جدول ٤)

۷- مقایسه مدلهای طبقه بندی با استفاده از میانگین رتبه ها و انتخاب مناسبترین مدل

برای این منظور ما رتبه های ۱، ۳ و ۵ را به ترتیب به طبقه هایA، B و C اختصاص داده ایم. سپس میانگین رتبه ها را برای هر قلم بدست می آوریم. میانگین های بدست آمده را بصورت صعودی مرتب کرده و بر اساس طیف لیکرت طبقه اقلام را تعیین می نمائیم. در مرحله بعد ما «در صد مطابقت» طبقه بندی هر کدام از مدلها با طبقه بندی بدست آمده از روش میاگین رتبه ها را بدست می آوریم. مدلی که بیشترین «در صد مطابقت» را دارد به عنوان مناسبترین شناخته می شود.(جدول۲)

جدول ۲. نتایج اولویت بندی مدلها با استفاده از میانگین رتبه ها

اولویت	مدل و درصد مطابقت
اولویت اول	مدل فان و ژوو با ۷٦٪ مطابقت
اولویت دوم	مدل پیشنهادی با ۷۵٪ مطابقت
اولویت سوم	مدل وان لانگ با ٦٤٪ مطابقت
اولویت چهارم	آر- مدل با ۵۷٪ مطابقت
اولویت پنجم	مدل سنتی با ۱۹٪ مطابقت

۸- نتیجه گیری و پیشنهادات

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود. اولویتهای اول و دوم به مدل فان وژوو و مدل پیشنهادی اختصاص یافته است و این امر می تواند به دلیل نداشتن نقاط ضعف مدلهای قبلی در مدل پیشنهادی می باشد مدل فان و ژوو نیز هرچند مشکل محاسبات طولانی را دارد ولی با در نظر گرفتن دو جنبه منفی و مثبت معیارها توانسته در اولویت دوم قرار گیرد. بنابراین در طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی در نظر گرفتن نوع رابطه معیارها(مثبت یا منفی) با نمره اقلام از اهمیت ویژه ای بر خوردار است. به عنوان مثال مدل وان لانگ و آر- مدل با در نظر گرفتن رابطه مثبت تمام معیارها در اولویت های آخر قرارا گرفته اند.مدل سنتی نیز به دلیل اینکه فقط دو معیار قیمت واحد و مصرف سالیانه را در نظر می گیرد، رتبه آخر را به خود اختصاص داده است.

مدلهائی که جنبه های مثبت و منفی معیارها با سطح عملکرد موجودی را در نظر گرفته اند با اختلاف فاحشی در درصد مطابقت با طبقه بندی روش میانگین رتبه ها در اولویتهای نخست قرار گرفته اند بنابراین پیشنهاد می شود در طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی مدلهائی که هم جنبه منفی و هم جنبه مثبت معیارها را در نظر می گیرند نسبت به مدلهای دیگری که این ویژگی را نداشته ترجیح داده شوند حتی اگراین مدل ها دارای مزیتهای دیگری از جمله سادگی محاسبات باشند.

مدلها ی مورد استفاده در این مقاله شامل مدل وان لانگ، مدل فان و ژوو، آر- مدل، طبقه بندی سنتی و مدل

پیشنهادی می باشند که هر کدام از این مدلها توضیح و آزمون آنها روی ۱۰۰ قلم موجودی انتخاب شده از انبارهای تولیدی داخلی شرکت سایپا بر اساس چهار معیار قیمت واحد، ضریب مصرف،زمان انتظار و میزان سفارش سالیانه نیز آمده است. پس از مقایسه مدلها با استفاده از مدل ارائه شده مدل فان و ژوو و مدل پیشنهادی در اولویت های نخست و مدلهای وان لانگ، آر- مدل و مدل سنتی در اولویتهای آخر قرار گرفته اند. پژوهش در زمینه مقایسه مدلها ی ارائه شده دراین مقاله با مدلها ی دیگری از قبیل تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، الگوریتم ژنتیک ، الگوریتم شبکه های عصبی مصنوعی و... همچنین مطالعه کامل روشهای ارائه شده در زمینه طبقه بندی ABC چند معیاره موجودی و تعیین مزیتها و معایب آنها و اولویت بندی آنها با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی می تواند موجب توسعه موضوع طبقه بندی ABCچند معیاره موجودی شود. از جمله معیارهائی که می توان برای استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی در نظر گرفت می توان به درجه کمی بودن روش، درجه کیفی بودن روش، پیچیدگی محاسباتی روش، نوع رابطه ای که روش برای معیارها با سطح عملکرد اقلام در نظر گرفته است و... اشاره کرد.

۷- منابع ومآخذ

1. R. Ramanathan, (2006), ABC inventory classification with multiple criteria using weighted linear optimization, Computers & Operations Research 33, 695–700
2. B.E. Flores, D.C. Whybark, (1986), Multiple criteria ABC analysis. International Journal of Operations and Production Management,
3. T.E.Vollmann, W.L. Berry, D.C. Whybark, fourth ed. (1997), Manufacturing Planning and Control Systems. McGraw-Hill, Boston.
4. W.L. Ng, (2007), A simple classifier for multiple criteria ABC analysis, European Journal of Operational Research 177,344–353
5. B.E. Flores, & D.C. Whybark, (1987), Implementing multiple criteria ABC analysis. Journal of Operation Management; 7(1), 79-84
6. M.A. Cohen, R. Ernst, (1988), Multi-item classification and generic inventory stock control policies. Production and Inventory Management Journal 29(3):6–8.
7. H.A. Guvenir, E. Erel, (1998), Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm, European Journal of Operational Research 105, 29-37
8. 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.
9. FY. Partovi, M. Anandarajan, (2002), Classifying inventory using an artificial neural network approach. Computers & Industrial Engineering; 41:389–404.
10. 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
11. J.Rezaei, (2007), A Fuzzy Model for Multi-Criteria Inventory Classification, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Analysis of Manufacturing Systems, AMS
12. P.Hautanierni, T.Pirttila, (1999), The choice of replenishment policies in an MRP environment. International Journal of Production Economics; 59:85-92
13. P.W. Stonebraker, G.K. Leong, (1994), Operations strategy: focusing competitive excellence. Allyn and Bacon: Boston
14. E.Triantaphyllou,, (2000), Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, Boston,
15. A.Charnes, W.W. Cooper, A.Y.Lewin, L.M.Seiford, (1994), Data envelopment analysis: theory methodology and applications. Kluwer Boston
16. 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
17. V.Belton, T. Stewart, (2001), Multi-criteria Decision Analysis: An Integrated Approach, Kluwer Academic Publishers, Boston

۱۸.مومنی، منصور، (۱۳۸۵) مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ اول، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران،

جدول ۳ . لیست نمونه انتخابی ازانبارهای تولیدی داخلی شرکت سایپاو مشخصات آنها

انبارها: ۱- انبار قوای محرکه ۲- انبار مواد اولیه(استاندارد) ۳- انبار شاسی ٤- انبار مونتاژ ۵- انبار مواد اولیه(کارتنی)

تامین کنندگان: ۲- مگاموتور ۳- سازه گستر ۱۱- تدارکات ۱۷- قالبها

ردیف	کد کالا	تامین کننده کالا	قیمت واحد (ریال)	ضزیب مصرف	زمان انتظار(روز)	میزان سفارش سالیانه	انبار کالا
1	۵۳۷۲۰۰۲۰۱۰	۳	109024	1	2	400000	1
2	۵۳۷۳۳۷۰۰۴۷	۳	266056	5	1	2000000	1
3	۵۳۷۳۳۷۰۰۳۹	۳	26087	4	4	1600000	1
4	۵۳۷۴۱۵۰۰۱۶	۳	194578	1	2	400000	1
5	۵۳۷۵۰۰۶۰۱۶	۳	3287	1	4	400000	1
6	۵۳۷۵۰۱۶۰۱۱	۳	563۲8	1	3	400000	1
7	۵۳۷۶۰۰۰۹۴۱	۲	4090636	1	1	400000	1
8	۵۳۷۶۰۲۰۰۶۳	۲	6951845	1	1	400000	1
9	۵۳۷۶۰۴۷۰۷۷	۳	491375	1	2	400000	1
10	۵۳۷۶۱۲۰۰۱۷	۲	6881473	1	1	400000	1
11	۵۳۷۶۱۶۲۰۵۴	۳	6851	1	2	400000	1
12	۵۳۷۶۱۹۰۰۲۳	۳	21000	1	4	400000	1
13	۵۳۷۶۲۰۵۰۱۲	۲	1008406	1	1	400000	1
14	۵۳۷۶۲۰۶۰۱۹	۲	4100000	1	1	400000	1
15	۵۳۷۶۲۵۵۰۱۰	۳	76654	1	2	400000	1
16	۵۳۷۶۲۸۷۰۱۹	۳	222894	1	2	400000	1
17	۵۳۷۶۴۰۰۰۳۶	۳	94860	1	2	400000	1
18	۵۳۷۶۴۲۰۱۰۰	۳	209746	1	2	400000	1
19	۵۳۷۶۵۰۰۲۹۴	۳	231454	1	1	400000	1
20	۵۳۷۶۴۵۰۱۸۱	۳	91698	1	4	400000	1
21	5541002644	۳	311	1	10	400000	2
22	5376118071	۳	503	1	10	400000	2
23	5376000968	۳	347	4	10	1600000	2
24	5376510036	۱۱	2500	1	10	400000	2
25	5541003268	۳	31	1	10	400000	2
26	5376057609	۳	2594	1	10	400000	2
27	5541001311	۳	119	2	10	800000	2
28	5376137017	۳	148	1	10	400000	2
29	5376137025	۳	211	1	10	400000	2
30	5376027025	۳	700	1	8	400000	2
31	5376148027	۳	148	1	8	400000	2
32	5376198024	۳	1581	1	8	400000	2
33	5376000844	11	2000	5	10	2000000	2
34	5376439013	۳	2495	4	10	1600000	2
35	5376392017	۳	264	1	10	400000	2
36	5376047034	۳	1200	4	10	1600000	2
37	5376278036	۳	167200	1	5	400000	2
38	5542004020	۳	576	1	10	400000	2
39	5376430067	۳	422	1	10	400000	2
40	5376440011	۳	228	1	10	400000	2
41	۵۳۷۱۰۰۲۰۳۲	۳	60770	1	2	400000	3
42	۵۳۷۶۴۳۷۰۱۰	۳	92374	1	2	400000	3
43	۵۳۷۶۰۵۹۲۲۹	۳	4821	1	8	400000	3

44	۵۳۷۶۴۳۳۰۱۵	۳	16358	1	3	400000	3
45	۵۳۷۶۵۸۰۰۱۸	۳	15278	1	5	400000	3
46	۵۳۷۶۵۸۰۰۵۰	۳	1703	1	5	400000	3
47	۵۳۷۶۳۵۶۰۲۹	۳	71098	1	2	400000	3
48	۵۳۷۶۳۵۸۰۱۳	۳	19541	1	3	400000	3
49	۵۳۷۶۳۵۰۰۲۰	۳	19502	1	3	400000	3
50	۵۳۷۶۷۰۰۱۲۹	۱۷	116280	1	2	400000	3
51	۵۳۷۶۷۰۰۱۶۱	۱۷	149295	1	2	400000	3
52	5376129120	۳	3004	1	4	400000	3
53	5376433090	۳	10812	1	4	400000	3
54	5376433147-5376433201	۳	6271	2	8	800000	3
55	5376433163-5376433228	۳	6078	2	8	800000	3
56	5376433180-5376433244	۳	3256	2	8	800000	3
57	5376433279-5376433295	۳	5270	2	8	800000	3
58	5376620176	۱۷	12885	1	4	400000	3
59	5376620370	۱۷	27890	1	4	400000	3
60	5376530169	۳	18324	1	5	400000	3
61	5376362070	۳	717	2	10	800000	4
62	5376001913	۳	14595	1	8	400000	4
63	5376051015	۳	14229	1	2	400000	4
64	5376610138	۳	56389	1	3	400000	4
65	5376294015	۳	6156	2	8	800000	4
66	5376444017	۳	398	7	10	2800000	4
67	5376294023	۳	6156	2	8	800000	4
68	5376130110	۳	23650	1	8	400000	4
69	5376072012	۳	10225	1	8	400000	4
70	5376153012	۳	19648	1	5	400000	4
71	5376252010	۳	46785	1	4	400000	4
72	5376610278	۳	56389	1	3	400000	4
73	5376660127	۳	21080	1	8	400000	4
74	5376186026	۳	1507	2	5	800000	4
75	5376151010	۳	2540	2	8	800000	4
76	5376334017	۳	1813	1	8	400000	4
77	5376282017	۳	8532	1	5	400000	4
78	5376610014	۳	3974	1	3	400000	4
79	5544003013	۳	861	2	10	800000	4
80	5376291016	۳	3636	2	4	800000	4
81	5376690115	۳	13280	1	4	400000	5
82	۵۳۷۶۱۵۶۰۲۰	۳	33174	1	4	400000	5
83	5376059075	۳	3036	2	5	800000	5
84	5376193014	۳	864	2	10	800000	5
85	5376134034	۳	1528	2	10	800000	5
86	5376117016	۳	503	4	5	1600000	5
87	5376217010	۳	2278	2	5	800000	5
88	۵۳۷۶۲۷۲۰۲۰	۳	18919	1	5	400000	5
89	5376118330	۳	450	4	10	1600000	5
90	5376294031	۳	3557	3	5	1200000	5
91	5376370021	۳	2024	1	5	400000	5
92	5376231013	۳	14334	1	5	400000	5

دوماهنامه علمی – پژوهشی دانشور رفتار / مدیریت و پیشرفت / دانشگاه شاهد / تیر ۹۰ / سال هجدهم / شماره ۲-۴۷
Daneshvar (Raftar) Management and Achievement / Shahed University / 18th Year / 2011-12 / No.47-2

93	5376180290	۲	25300	1	5	400000	5
94	۵۳۷۶۲۹۵۰۱۱	۳	16089	1	4	400000	5
95	۵۳۷۶۵۹۰۱۴۵	۳	151776	1	3	400000	5
96	5376149040	۳	475	6	10	2400000	5
97	۵۳۷۶۲۰۰۱۰۰	۳	40425	1	5	400000	5
98	۵۳۷۶۱۳۰۱۸۷	۳	22273	1	4	400000	5
99	۵۳۷۶۰۵۵۰۳۷	۳	17180	1	3	400000	5
100	۵۳۷۶۰۰۱۸۵۹	۳	70350	1	4	400000	5

جدول ٤ . طبقه بندی نمونه انتخابی با استفاده از مدلهای مورد استفاده و مدل پیشنهادی

انبارها: ۱- انبار قوای محرکه ۲- انبار مواد اولیه(استاندارد) ۳- انبار شاسی ٤- انبار مونتاژ ۵- انبار مواد اولیه(کارتنی)

ردیف	کد کالا	طبقه بندی مدل سنتی	طبقه بندی آر- مدل	طبقه بندی مدل فان و ژوو	طبقه بندی مدل وان لانگ	طبقه بندی مدل پیشنهادی	انبار کالا
1	۵۳۷۲۰۰۲۰۱۰	A	C	C	C	C	1
2	۵۳۷۳۳۷۰۰۴۷	A	A	B	B	C	1
3	۵۳۷۳۳۷۰۰۳۹	A	B	A	B	B	1
4	۵۳۷۴۱۵۰۰۱۶	A	C	C	C	C	1
5	۵۳۷۵۰۰۶۰۱۶	C	B	C	B	C	1
6	۵۳۷۵۰۱۶۰۱۱	A	C	C	C	C	1
7	۵۳۷۶۰۰۰۹۴۱	A	B	C	C	C	1
8	۵۳۷۶۰۲۰۰۶۳	A	A	B	B	C	1
9	۵۳۷۶۰۴۷۰۷۷	A	C	C	C	C	1
10	۵۳۷۶۱۲۰۰۱۷	A	A	B	C	C	1
11	۵۳۷۶۱۶۲۰۵۴	C	C	C	C	C	1
12	۵۳۷۶۱۹۰۰۲۳	B	B	C	B	C	1
13	۵۳۷۶۲۰۵۰۱۲	A	C	C	C	C	1
14	۵۳۷۶۲۰۶۰۱۹	A	B	C	C	C	1
15	۵۳۷۶۲۵۵۰۱۰	B	C	C	C	C	1
16	۵۳۷۶۲۸۷۰۱۹	A	C	C	C	C	1
17	۵۳۷۶۴۰۰۰۳۶	A	C	C	C	C	1
18	۵۳۷۶۴۲۰۱۰۰	A	C	C	C	C	1
19	۵۳۷۶۵۰۰۲۹۴	A	C	C	C	C	1
20	۵۳۷۶۴۵۰۱۸۱	A	B	C	B	C	1
21	5541002644	C	A	B	A	A	2
22	5376118071	C	A	B	A	A	2
23	5376000968	C	A	A	A	A	2
24	5376510036	C	A	B	A	A	2
25	5541003268	C	A	B	A	A	2
26	5376057609	C	A	B	A	A	2
27	5541001311	C	A	B	A	A	2
28	5376137017	C	A	B	A	A	2
29	5376137025	C	A	B	A	A	2
30	5376027025	C	A	B	A	B	2
31	5376148027	C	A	B	A	B	2
32	5376198024	C	A	B	A	B	2
33	5376000844	B	A	A	A	A	2
34	5376439013	B	A	A	A	A	2
35	5376392017	C	A	B	A	A	2
36	5376047034	C	A	A	A	A	2
37	5376278036	A	B	C	B	C	2
38	5542004020	C	A	B	A	A	2
39	5376430067	C	A	B	A	A	2

40	5376440011	C	A	B	A	A	2
41	۵۳۷۱۰۰۲۰۳۲	B	C	C	C	C	3
42	۵۳۷۶۴۳۷۰۱۰	A	C	C	C	C	3
43	۵۳۷۶۰۵۹۲۲۹	C	A	B	A	B	3
44	۵۳۷۶۴۳۳۰۱۵	B	C	C	C	C	3
45	۵۳۷۶۵۸۰۰۱۸	B	B	C	B	C	3
46	۵۳۷۶۵۸۰۰۵۰	C	B	C	B	B	3
47	۵۳۷۶۳۵۶۰۲۹	B	C	C	C	C	3
48	۵۳۷۶۳۵۸۰۱۳	B	C	C	C	C	3
49	۵۳۷۶۳۵۰۰۲۰	B	C	C	C	C	3
50	۵۳۷۶۷۰۰۱۲۹	A	C	C	C	C	3
51	۵۳۷۶۷۰۰۱۶۱	A	C	C	C	C	3
52	5376129120	C	B	C	B	C	3
53	5376433090	B	B	C	B	B	3
54	5376433147-5376433201	B	A	A	B	A	3
55	5376433163-5376433228	B	A	A	A	C	3
56	5376433180-5376433244	C	A	A	A	C	3
57	5376433279-5376433295	B	A	A	A	C	3
58	5376620176	B	B	C	C	C	3
59	5376620370	B	B	C	C	C	3
60	5376530169	B	B	C	C	C	3
61	5376362070	C	A	A	C	C	4
62	5376001913	B	A	B	B	C	4
63	5376051015	B	C	C	C	C	4
64	5376610138	B	C	C	C	C	4
65	5376294015	B	B	A	A	B	4
66	5376444017	C	A	A	A	A	4
67	5376294023	B	A	A	A	B	4
68	5376130110	B	B	A	B	A	4
69	5376072012	B	B	A	B	A	4
70	5376153012	B	C	B	C	C	4
71	5376252010	B	C	B	C	C	4
72	5376610278	B	C	C	C	C	4
73	5376660127	B	B	A	B	B	4
74	5376186026	C	B	B	B	B	4
75	5376151010	C	A	A	A	B	4
76	5376334017	C	B	A	B	B	4
77	5376282017	B	B	C	B	C	4
78	5376610014	C	C	C	C	C	4
79	5544003013	C	A	A	A	A	4
80	5376291016	C	B	C	B	C	4
81	5376690115	B	B	C	B	C	5
82	۵۳۷۶۱۵۶۰۲۰	B	B	C	B	C	5
83	5376059075	C	B	C	B	B	5
84	5376193014	C	A	A	A	A	5
85	5376134034	C	A	A	A	A	5
86	5376117016	C	B	C	B	B	5
87	5376217010	C	B	C	B	B	5
88	۵۳۷۶۲۷۲۰۲۰	B	B	C	B	C	5
89	5376118330	C	A	A	A	A	5
90	5376294031	B	B	B	B	B	5
91	5376370021	C	B	C	B	C	5
92	5376231013	B	B	C	B	C	5
93	5376180290	B	B	C	B	C	5
94	۵۳۷۶۲۹۵۰۱۱	B	B	C	B	C	5
95	۵۳۷۶۵۹۰۱۴۵	A	C	C	C	C	5
96	5376149040	C	A	A	A	A	5
97	۵۳۷۶۲۰۰۱۰۰	B	B	C	B	C	5
98	۵۳۷۶۱۳۰۱۸۷	B	B	C	B	C	5
99	۵۳۷۶۰۵۵۰۳۷	B	C	C	C	C	5
100	۵۳۷۶۰۰۱۸۵۹	B	B	C	B	C	5

دوماهنامه علمی – پژوهشی دانشور رفتار / مدیریت و پیشرفت / دانشگاه شاهد / تیر ۹۰ / سال هجدهم / شماره ۲-۴۷ ◆ Daneshvar (Raftar) Management and Achievement / Shahed University / 18th Year / 2011-12 / No.47-2

جدول ۵. میانگین رتبه های اقلام و طبقه بندی آنها

ردیف	کد کالا	میانگین رتبه های هر قلم	طبقه بندی اقلام	انبار کالا
1	۵۳۷۲۰۰۲۰۱۰	4.2	C	1
2	۵۳۷۳۳۷۰۰۴۷	2.6	B	1
3	۵۳۷۳۳۷۰۰۳۹	2.2	A	1
4	۵۳۷۴۱۵۰۰۱۶	4.2	C	1
5	۵۳۷۵۰۰۶۰۱۶	4.2	C	1
6	۵۳۷۵۰۱۶۰۱۱	4.2	C	1
7	۵۳۷۶۰۰۰۹۴۱	3.8	C	1
8	۵۳۷۶۰۲۰۰۶۳	2.6	B	1
9	۵۳۷۶۰۴۷۰۷۷	4.2	C	1
10	۵۳۷۶۱۲۰۰۱۷	3	B	1
11	۵۳۷۶۱۶۲۰۵۴	5	C	1
12	۵۳۷۶۱۹۰۰۲۳	3.8	C	1
13	۵۳۷۶۲۰۵۰۱۲	4.2	C	1
14	۵۳۷۶۲۰۶۰۱۹	3.8	C	1
15	۵۳۷۶۲۵۵۰۱۰	4.6	C	1
16	۵۳۷۶۲۸۷۰۱۹	4.2	C	1
17	۵۳۷۶۴۰۰۰۳۶	4.2	C	1
18	۵۳۷۶۴۲۰۱۰۰	4.2	C	1
19	۵۳۷۶۵۰۰۲۹۴	4.2	C	1
20	۵۳۷۶۴۵۰۱۸۱	3.4	B	1
21	5541002644	2.2	A	2
22	5376118071	2.2	A	2
23	5376000968	1.8	A	2
24	5376510036	2.2	A	2
25	5541003268	2.2	A	2
26	5376057609	2.2	A	2
27	5541001311	2.2	A	2
28	5376137017	2.2	A	2
29	5376137025	2.2	A	2
30	5376027025	2.6	C	2
31	5376148027	2.6	C	2
32	5376198024	2.6	C	2
33	5376000844	1.4	A	2
34	5376439013	1.4	A	2
35	5376392017	2.2	A	2
36	5376047034	1.8	A	2
37	5376278036	3.4	B	2
38	5542004020	2.2	A	2
39	5376430067	2.2	A	2
40	5376440011	2.2	A	2
41	۵۳۷۱۰۰۲۰۳۲	4.6	C	3
42	۵۳۷۶۴۳۷۰۱۰	4.2	C	3
43	۵۳۷۶۰۵۹۲۲۹	2.6	B	3
44	۵۳۷۶۴۳۳۰۱۵	4.6	C	3
45	۵۳۷۶۵۸۰۰۱۸	3.8	C	3
46	۵۳۷۶۵۸۰۰۵۰	4.2	C	3
47	۵۳۷۶۳۵۶۰۲۹	4.6	C	3

48	۵۳۷۶۳۵۸۰۱۳	4.6	C	3
49	۵۳۷۶۳۵۰۰۲۰	4.6	C	3
50	۵۳۷۶۷۰۰۱۲۹	4.2	C	3
51	۵۳۷۶۷۰۰۱۶۱	4.2	C	3
52	5376129120	4.2	C	3
53	5376433090	3.8	C	3
54	5376433147-5376433201	1.8	A	3
55	5376433163-5376433228	3	B	3
56	5376433180-5376433244	3.4	B	3
57	5376433279-5376433295	3	B	3
58	5376620176	4.2	C	3
59	5376620370	4.2	C	3
60	5376530169	4.2	C	3
61	5376362070	3.4	B	4
62	5376001913	3.4	B	4
63	5376051015	4.6	C	4
64	5376610138	4.6	C	4
65	5376294015	1.8	A	4
66	5376444017	1.8	A	4
67	5376294023	1.8	A	4
68	5376130110	2.2	A	4
69	5376072012	2.2	A	4
70	5376153012	3.8	C	4
71	5376252010	3.8	C	4
72	5376610278	4.6	C	4
73	5376660127	2.2	A	4
74	5376186026	3.8	C	4
75	5376151010	2.2	A	4
76	5376334017	2.6	B	4
77	5376282017	3.8	C	4
78	5376610014	5	C	4
79	5544003013	1.8	A	4
80	5376291016	4.2	C	4
81	5376690115	3.8	C	5
82	۵۳۷۶۱۵۶۰۲۰	3.8	C	5
83	5376059075	3.8	C	5
84	5376193014	1.8	A	5
85	5376134034	1.8	A	5
86	5376117016	3.8	C	5
87	5376217010	3.8	C	5
88	۵۳۷۶۲۷۲۰۲۰	3.8	C	5
89	5376118330	1.8	A	5
90	5376294031	3	B	5
91	5376370021	4.2	C	5
92	5376231013	3.8	C	5
93	5376180290	3.8	C	5
94	۵۳۷۶۲۹۵۰۱۱	3.8	C	5
95	۵۳۷۶۵۹۰۱۴۵	4.2	C	5
96	5376149040	1.8	A	5
97	۵۳۷۶۲۰۰۱۰۰	3.8	C	5
98	۵۳۷۶۱۳۰۱۸۷	3.8	C	5
99	۵۳۷۶۰۵۵۰۳۷	4.6	C	5
100	۵۳۷۶۰۰۱۸۵۹	3.8	C	5

دوماهنامه علمی – پژوهشی دانشور رفتار / مدیریت و پیشرفت / دانشگاه شاهد / تیر ۹۰ / سال هجدهم / شماره ۲-۴۷
◆ Daneshvar (Raftar) Management and Achievement / Shahed University / 18th Year / 2011-12 / No.47-2