

کاربرد روش AHP در تصمیم‌گیری استراتژی بازسازی اقلام  
تعمیرپذیر در یک سیستم صنعت دفاعی کشور

کاربرد روش AHP در تصمیم‌گیری استراتژی بازسازی اقلام

تعمیرپذیر در یک سیستم صنعت دفاعی کشور

تهیه و تدوین: مهندس محمداقبر رضامند

(عضو هیأت علمی دانشگاه امام حسین (u))

چکیده

AHP «روش تصمیم‌گیری چند معیاره سلسله مراتبی» تکنیک نوینی است که در مدل‌های تصمیم‌گیری کاربرد مؤثری دارد. در این مقاله سعی شده است ضمن معرفی AHP، به صورت مختصر، کاربرد آن در یک نمونه عملی بیان شود و این نمونه عملی، تصمیم‌گیری استراتژیکی برای انجام بازسازی خودرو در یک سازمان دفاعی یا واگذاری آن به بخش خصوصی است.

برای استفاده از مدل AHP باید هدف، معیارهای کلان و معیارهای جزئی و سپس گزینه‌های مختلف سطح‌بندی شده و با تعیین وزن هر معیار و مقایسه دو دوئی معیارها به گزینه مطلوب دسترسی پیدا کرد.

در این مقاله وزن‌ها و نسبت ناسازگاری با استفاده از نرم‌افزاری که توسط آقای پرفسور ساعتی (ابداع‌گر این تکنیک) تهیه شده، محاسبه گردیده و با توجه به مراحل مدل AHP گزینه مطلوب پیشنهاد شده است.

شستشو	دمونتاژ کامل	انجام تعمیرات کامل و یا نوسازی
مونتاژ		تست نهایی

۱- مقدمه

بازسازی یکی از فعالیت‌های عمده تعمیراتی در سیستم‌های دفاعی است. خصوصاً این که متأسفانه زیرساخت صنعت کشور ما فناوری مونتاژ است و سازمان‌های دفاعی ما با انجام عملیات بازسازی درصدد دستیابی به اهداف زیر هستند:

۱- افزایش طول عمر تجهیزات و بکارگیری مجدد تجهیزات مستهلک شده بعد از بازسازی؛

۲- بهینه‌سازی تجهیزات و افزایش توانمندی‌های روز به روز تجهیزات.

بدیهی است که در اجرای بازسازی، مسائل و مشکلات عدیده و هزینه‌های قابل توجهی به سازمان تحمیل می‌شود.

طراحی مراکز بازسازی و تعیین ظرفیت این مراکز بستگی به درجه نگهداری و تعمیرات و صف انتظار تجهیزات سازمان برای تعمیر و بازسازی دارد و بر اساس طراحی انجام شده، تأمین نیروی انسانی آموزش دیده و متخصص، ایجاد سازمان مناسب و تجهیز و تهیه ابزار و تجهیزات و تست‌های مورد نیاز مرکز بازسازی و همچنین قطعات و بلوک‌های تجهیزاتی و تأمین بودجه مورد نیاز صورت می‌گیرد.

بازسازی را گاهی تعمیرات ادواری و یا دیوئی و یا حتی تعمیرات اساسی هم تعریف کرده‌اند [۱]. فرآیند بازسازی به طور خلاصه به صورت ذیل انجام می‌شود.

بر اساس نوع تجهیزات، این فعالیت‌ها به صورت خطی یا کارگاهی و یا بخشی خطی و بخشی کارگاهی انجام می‌شوند. در این فرآیند، تعدادی از قطعات و بلوک‌ها تعمیرپذیرند و تعمیر می‌شوند و تعدادی از قطعات دور ریز هستند و بخشی دیگر از قطعات تعویض می‌شوند.

همان طور که اشاره شد و آنچه که مسلم است وجود مشکلات اساسی در تأمین نیروی متخصص و فقدان انگیزه کافی در منابع انسانی موجود به دلایل مختلف و بالطبع پایین آمدن سطح کیفی و کمی خروجی مراکز بازسازی از یک طرف و وجود توانمندی تولید و بازسازی بخش عمده‌ای از اقلام و تجهیزات و قطعات در سایر بخش‌های صنعت دفاعی و یا بخش خصوصی، و وجود ظرفیت خاص در این بخش‌ها از طرف دیگر ما را در مقابل یک سؤال بسیار مهم قرار می‌دهد:

آیا ادامه فعالیت‌های بازسازی (در داخل سازمان مورد بررسی) توجیه‌پذیر است؟ یا این که باید از ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های سازمان‌های دیگر دولتی و خصوصی استفاده نمود؟

پاسخ به سؤال فوق نیازمند یک تصمیم‌گیری استراتژیک است.

عواملی که تضاد و تعارض را در این مسئله بوجود می‌آورند عمدتاً به دو بخش تقسیم می‌گردند:

۱- استراتژیک بودن بعضی از فعالیت‌های بازسازی در راستای پشتیبانی از مأموریت سازمان مورد نظر، به طوری که با انتقال این فعالیت‌ها به محیط خارج از سازمان این تردید پیش می‌آید که آیا در مواقع نیاز و بحرانی، این مراکز نیازمندی‌های سازمان را با در نظر گرفتن اولویت‌ها و ضرورت‌ها تأمین خواهند کرد، و آیا اساساً در صورت بروز بحران، سازمان در انجام مأموریت خود آسیب‌پذیر نخواهد بود.

این عامل تفکر ادامه بازسازی را در داخل سازمان و در بین مدیران تقویت می‌کند

۲- مشکلاتی که بواسطه بازسازی، گریبانگیر سازمان شده است، به شرح زیر می‌باشند:

الف: بزرگ شدن سازمان و پیچیده شدن نظام کنترلی

ب: عدم توجیه اقتصادی اغلب فعالیت‌های بازسازی

ج: کاهش انگیزه‌های نیروی انسانی در بخش بازسازی

تفکر انتقال فعالیت‌های بازسازی به بیرون از سازمان باعث تقویت مدیران می‌شود.

برای این تصمیم‌گیری بایستی مجموعه عوامل و پارامترهایی که در تحلیل مسئله دخالت دارند را در نظر گرفت و با ارزیابی گزینه‌های ممکن پاسخ مناسب را پیشنهاد نمود. بنابراین، با توجه به تعداد و تنوع شاخص‌های مؤثر در ارزیابی اعم از کمی و کیفی، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای تحلیل مسئله انتخاب شد.

## ۲- آشنایی با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد<sup>۴</sup> به عبارت دیگر، فلسفه این روش مبتنی بر شناسایی عوامل و شاخص‌ها و دسته‌بندی آنها با توجه به ساختار مسئله و مقایسه دو، دوئی آنها برای تعیین میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها و نهایتاً مقایسه دو، دوئی گزینه‌ها نسبت به شاخص‌ها می‌باشد<sup>۵</sup>

## ۳- اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

توماس ال ساعتی (بنیان گذار این روش) چهار اصل زیر را به عنوان اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین، مقررات را بر این اصول بنا نهاده است، این اصول عبارتند از:

اصل ۱- شرط معکوسی (Reciprocal Condition): اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر  $\frac{1}{n}$  خواهد بود.

اصل ۲- اصل همگنی (Homogeneity) عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند، به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی نهایت یا صفر باشد.

اصل ۳- وابستگی (Dependency): هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و یا به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

اصل ۴- انتظارات (Expectations): هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد فرآیند ارزیابی باید مجدداً صورت گیرد [۲]. بنابراین (AHP) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه است که قادر است با مقایسه دو، دویی شاخص‌ها و گزینه‌ها، وزن‌ها و اولویت‌ها آنها را محاسبه کند، در اغلب مسائل تصمیم‌گیری، به شاخص‌های کیفی بر می‌خوریم که جمع‌آوری اطلاعات و تحلیل واقعی آنها، با روش‌های آماری و کلاسیک، خطای زیادی را موجب خواهد شد. تعدد شاخص‌ها، وجود تضاد بین شاخص‌ها و عدم دقت در اطلاعات از جمله مواردی است که این روش‌ها توانایی خود را در مقابل آنها از دست می‌دهند، اساس کار (AHP) بر دو نکته استوار است:

۱- چیدن شاخص‌ها از کلان به خرد به طور سلسله مراتبی که اصطلاحاً درخت تصمیم نامیده می‌شود.

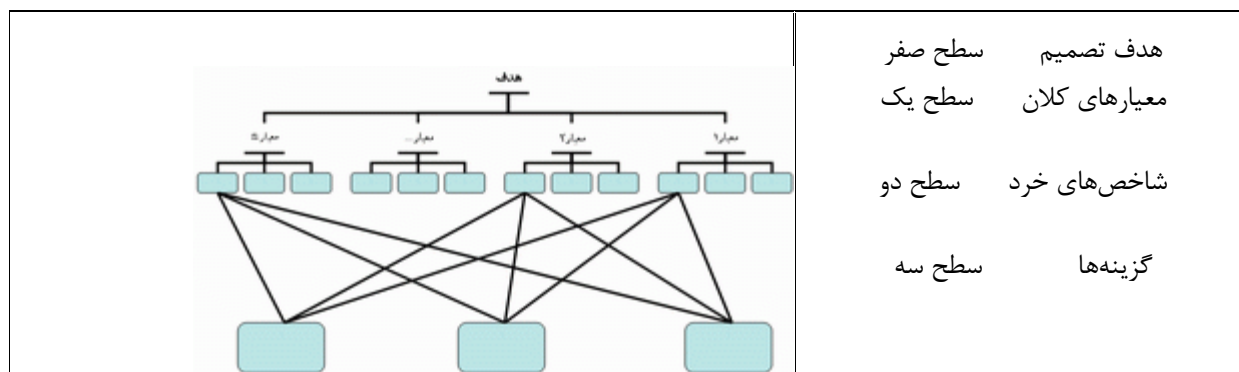
۲- مقایسه دو، دویی اجزای این درخت در هر سطح نسبت به اجزای سطح بالاتر

در سطح اول معیارهای کلان نسبت به هدف دو به دو با هم مقایسه می‌شوند. در سطح دوم شاخص‌های خرد نسبت به معیارهای سطح بالاتر و نهایتاً گزینه‌های تصمیم دو به دو با شاخص‌های خرد مقایسه می‌شوند.

برای مقایسه می‌توان از جدول نمونه زیر استفاده کرد. اگر اهمیت شاخص ۱ نسبت به شاخص ۲ یکسان باشد عدد ۱ در ماتریس مقایسه وارد می‌گردد. اگر اهمیت شاخص ۱ نسبت به شاخص ۲ ضعیف باشد (اهمیت قدری مهم‌تر باشد) عدد ۳ در ماتریس وارد می‌شود. اگر عکس این رابطه صادق باشد عدد ۱۳ وارد می‌شود.

اعداد ۲، ۴، ۶، ۸ می‌توان به عنوان مقادیر میانی این جدول بکار برد، یعنی اگر در مقایسه بین دو عضو ماتریس بین اهمیت زیاد و اهمیت خیلی زیاد تردید باشد، آن گاه عدد ۶ وارد جدول مقایسه می‌شود.

اهمیت یکسان	۱
اهمیت ضعیف	۳
اهمیت زیاد	۵
اهمیت خیلی زیاد	۷
اهمیت مطلق	۸



شکل 1- درخت تصمیم‌گیری در روش در حالت کلی 4- روش محاسبه وزن‌ها در AHP

اگر  $W_i$  (  $i = 1, \dots, n$  ) وزن نهایی شاخص عضو  $i$ ام در یک سطح خاص باشد آن گاه اهمیت شاخص  $i$ ام نسبت به  $i$ ام به صورت زیر خواهد بود .

$$a_{ij} = W_i / W_j$$

که  $a_{ij}$  درایه‌های ماتریس مقایسه هستند، بنابراین :

$$W_j = W_i \cdot a_{ij}$$

$$W_j \cdot a_{ji} = W_i \cdot a_{ji} \cdot a_{ij}$$

خواهد بود .

ماتریس  $A$  سازگار است اگر رابطه  $a_{ij} = 1/a_{ji}$  .

برای  $n = 1, 2, \dots, K$  بردار  $(W_1, W_2, \dots, W_n)$  ویژه متناظر با بزرگ‌ترین مقدار ماتریس  $A$  می‌باشد .

اگر ماتریس کاملاً سازگار باشد آن گاه تمام مقادیر ویژه آن مساوی صفر است بجز یکی که مساوی می‌باشد، بنابراین بردار ویژه متناظر با  $n$  بردار وزن‌ها خواهد بود. یعنی :

$$AW = nW$$

$$(A - nI)W = O$$

این رابطه یک دستگاه معادلات تایی با  $n$  متغیر خواهد بود. [۲]

از آنجایی که در مقایسه ذهنی ممکن است که سازگاری کامل پیش نیاید، لذا بردار متناظر با بزرگ‌ترین مقدار ویژه ( $\max$ )

$$: \max I) W = O (A - \text{بنابراین}$$

محاسبه سازگاری ماتریس :  $A$

همان گونه که بیان شد در مقایسه ذهنی، احتمال زیادی وجود دارد که ماتریس  $A$  ناسازگار باشد که در این صورت :

$$k_j. a_{ik} - a_{ij} < a$$

حال این سؤال پیش می‌آید که میزان ناسازگاری را چطور محاسبه کنیم، اندیس ناسازگاری از رابطه زیر بدست می‌آید

$$\text{Consistency Index} = CI \quad IC.I. =$$

برای نسبت ناسازگاری از رابطه زیر استفاده می‌کنیم

$$C.R = C.I.R.I$$

که در آن  $C.R$  نسبت ناسازگاری (Consistency Ratio) و  $R.I$  اندیس تصادفی (Random) می‌باشد  $R.I$  میانگین  $C.R$  هر ماتریس  $n * n$  است که درایه‌های آن به طور تصادفی از مقادیر جدول یک تولید شده‌اند و به طور تجربی بدست آمده است. طبق توصیه پروفیسور ساعتی اگر مقدار کمتر از  $0/1$  باشد آن گاه قضاوت‌های ذهنی را می‌توان قابل قبول دانست. در غیر این صورت باید در قضاوت‌های دو تایی ماتریس  $A$  تجدید نظر نمود. در حالت عمومی برای یک ماتریس  $n * n$  (به  $n-1$ ) مقایسه دو دویی نیاز است.

۵- تصمیم‌گروهی با AHP

اگر در مقایسات دو دویی ماتریس و نهایتاً تعیین وزن شاخص‌ها بیش از یک تصمیم‌گیرنده مشارکت داشته باشد. در این صورت هر یک از آنها مبادرت به قضاوت دو دویی کرده و یک ماتریس مقایسه را ارائه می‌دهند. پس از رفع ناسازگاری هر یک از آنها، میانگین هندسی درایه‌های ماتریس‌ها را نظیر به نظیر محاسبه کرده و ماتریس میانگین را مبنای محاسبه وزن‌ها قرار می‌دهیم. دلیل استفاده از میانگین هندسی این است که با این کار خاصیت معکوس ماتریس حفظ می‌شود یعنی  $j_i 1 = i_j a$

۶- نرم افزارهای [ AHP ۳ ]

نرم افزارهای متعددی برای AHP به بازار عرضه شده است که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

۱- Expert Choice این نرم‌افزار که توسط پروفیسور ساعتی نوشته شده است، قابلیت‌های متنوعی دارد، از جمله تحلیل حساسیت و تعیین قضاوت یا قضاوت‌هایی که بیشترین خطا را در سازگاری ایجاد می‌کند؛

۲- Criterium این نرم‌افزار نیز توانایی ورود اطلاعات به صورت متنوع را دارد؛

فرآیند طرح تصمیم‌گیری برای بازسازی اقلام تعمیرپذیر در سازمان مورد بررسی به صورت زیر اجرا شده است:

۶-۱- مرحله اول: انتخاب گزینه‌ها

برای تصمیم‌گیری تعمیرات بازسازی گزینه‌های زیر در نظر گرفته شده است.

۱- طبق معمول، امر بازسازی کاملاً در داخل سازمان انجام شود؛

۲- امر بازسازی به بیرون از سازمان محول شود.

۲-۶- مرحله دوم: ساختن سلسله مراتبی

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله می‌باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. شکل «۲» سلسله مراتبی انتخاب تصمیم‌گیری برای سازمان مورد بررسی را نشان می‌دهد. سطح صفر تابع هدف شکل «۲» تصمیم را نشان می‌دهد و سطح یک پنج معیار کلان سازمان را نشان می‌دهد. که عبارتند از: عوامل انسانی، عوامل اقتصادی، عوامل استراتژیک، عوامل مدیریتی و عوامل فنی و فناوری سطح دو تا پنج، پارامترهای خرد را دربر می‌گیرد. سطح شش سطح تحتانی است که شامل گزینه‌های تصمیم است.

شکل ۲ نتایج پرسش نامه‌ها از افراد خبره و محاسبه ضریب وزنی هر سطح با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice پرفسور ساعتی به صورت نمودارهای میله‌ای تهیه شده که به دلیل حجم زیاد آن در این قسمت نیامده فقط به ضریب وزنی و عناوین شاخص‌ها اکتفا گردیده و به صورت جدول در ادامه می‌آید:

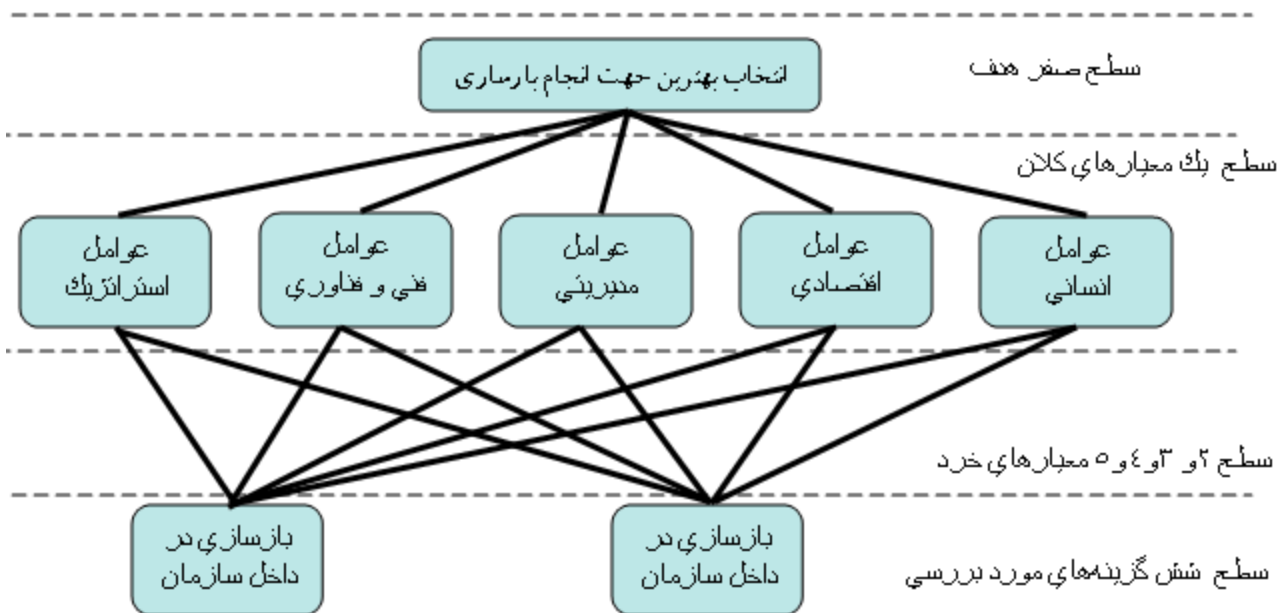
جدول ضرایب شاخص‌های مؤثر در امر بازسازی در سطح یک

عنوان شاخص	ضریب وزنی
عوامل مدیریت و سیستمی	۰/۱۰۵
عوامل فنی و فناوری	۰/۱۵۵
عوامل اقتصادی	۰/۱۵۴
عوامل نیروی انسانی	۰/۱۵۵
عوامل استراتژیک	۰/۴۳۱

جدول ضریب وزنی شاخص‌های مؤثر در امر بازسازی در سطح دو

عنوان شاخص	ضریب وزنی
کنترل هزینه	۰/۰۱۳
توان ایجاد	۰/۰۳۸
سهولت مدیریت	۰/۰۲۹
سهولت ارتباط	۰/۰۲۱
تحقیق و توسعه	۰/۰۱۷
دانش فنی	۰/۰۴۱
ظرفیت‌ها و توانایی‌ها	۰/۰۳۶
پشتیبانی قطعات	۰/۰۲۶
تضمین کیفیت	۰/۰۳۲
هزینه	۰/۰۹۸
درآمد	۰/۰۵۳

۰/۰۶۸	معیشتی و انگیزشی
۰/۰۸۴	تشکیلاتی
۰/۱۲۳	مأموریت
۰/۰۵۷	امنیتی و حفاظتی
۰/۰۸۳	در دسترس
۰/۱۶۵	فرصت‌ها و تهدیدها



شکل ۲ جدول ضریب وزنی شاخص‌های مؤثر در امر بازسازی در سطح سه

عنوان شاخص	ضریب وزنی
جذب ایده‌های جدید	۰/۰۰۵
فرصت‌های اطلاعاتی	۰/۰۰۴
ارتباط با مراکز تحقیق	۰/۰۰۸
دسترسی به اطلاعات فنی	۰/۰۱۲
نگهداری ماشین‌آلات	۰/۰۱۹
توسعه فناوری	۰/۰۱
توانایی سخت‌افزاری	۰/۰۰۹
توانایی تخصصی	۰/۰۲۷
هزینه‌های جاری	۰/۰۴۶
هزینه‌های ثابت	۰/۰۵۲
درآمد جاری	۰/۰۲۱
درآمد ثابت	۰/۰۳۲
جایگاه اجتماعی شغل	۰/۰۱۲
ارضای شغلی	۰/۰۱۹
مزایای جنبی	۰/۰۰۶
مسکن	۰/۰۰۸

۰/۰۰۶	وام
۰/۰۱۷	حقوق و مزایا
۰/۰۱	انتقالات
۰/۰۲۵	آموزش
۰/۰۱۵	ترفیع
۰/۰۳۴	جذب
۰/۰۳۴	امنیت اطلاعاتی
۰/۰۲۳	سوء استفاده‌های اجتماعی
۰/۰۲۶	انعطاف در تنظیم تقدماتها
۰/۰۳۱	تحویل به موقع ارقام
۰/۰۲۶	موقعیت مراکز
۰/۰۲۶	نیروی انسانی
۰/۰۷۱	انجام مأموریت
۰/۰۳۱	فنی و فناوری
۰/۰۳	جنبه‌های اقتصادی

جدول ضریب وزنی شاخص‌های مؤثر در امر بازسازی در سطح چهار

عنوان شاخص	ضریب وزنی
اطلاعات حاصل از تجربه	۰/۰۰۶
دسترسی به اطلاعات	۰/۰۰۶
هزینه آتی	۰/۰۲۲
هزینه فعلی	۰/۰۳
هزینه‌های حمل و نقل	۰/۰۰۴
هزینه‌های سربار	۰/۰۰۴
هزینه ابنیه و تأسیسات	۰/۰۰۶
هزینه تعمیر و نگهداری	۰/۰۱
عنوان شاخص	ضریب وزنی
هزینه استهلاك	۰/۰۰۸
هزینه انرژی	۰/۰۰۴
هزینه‌های نیروی انسانی	۰/۰۱
درآمد مازاد	۰/۰۰۸
ارزش افزوده	۰/۰۱۳
ارزش ابنیه	۰/۰۱۲
ارزش ماشین‌آلات	۰/۰۰۹
ارزش زمین	۰/۰۱۱



جدول ضریب وزنی شاخص‌های مؤثر در امر بازسازی در سطح پنج

عنوان شاخص	ضریب وزنی
هزینه‌های آتی نیروی انسانی	۰/۰۰۵
هزینه‌های آتی تأسیسات	۰/۰۰۶
هزینه‌های آتی زمین	۰/۰۰۴
هزینه‌های آتی ماشین‌آلات	۰/۰۰۷
هزینه فعلی نیروی انسانی	۰/۰۰۷
هزینه فعلی تأسیسات	۰/۰۱
هزینه فعلی زمین	۰/۰۰۶
هزینه فعلی ماشین‌آلات	۰/۰۰۷
درآمد بازیافت ضایعات	۰/۰۰۴
درآمد ظرفیت‌های خالی	۰/۰۰۴

با توجه به جدول ذیل که از ادغام اوزان سطوح مختلف ارزیابی به دست آمده به این نتیجه می‌رسیم که بازسازی خودرو باید در شرکت‌های خصوصی صورت پذیرد. وزن این گزینه ۰/۷۵ است که در مقایسه با گزینه بازسازی خودرو در داخل سازمان که وزنش ۰/۲۵ می‌باشد، به دست آمده است.

نتیجه بررسی بازسازی خودرو

نام گزینه جهت انجام بازسازی	ضریب وزنی
داخل سازمان	٪۲۵
شرکت‌های خصوصی	٪۷۵

پی‌نوشت‌ها

۱- Analytical Hierarchy Process

۲- نرم‌افزار Export Choice پرفسور ساعتی ابداع گر تکنیک AHP

منابع و مأخذ

۱- فقیهی، نظام‌الدین؛ مهندسی تعمیر و نگهداری؛

۲- قدسی‌پور، سیدحسین؛ مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP؛

۳- معماربانی، عزیزاله و عادل‌آذر؛ AHP تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری گروهی؛ دانش مدیریت، شماره ۲۷ و ۲۸