

## ارزیابی و انتخاب تجهیزات گنتری کرین با استفاده از روش AHP گروهی

وحید عبدالله زاده، مشاور مرکز تحقیقات سازمان بنادر و کشتیرانی، [v.abdollahzadeh@gmail.com](mailto:v.abdollahzadeh@gmail.com)  
هاشم محلوچی، دانشیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف، [mahlooji@sharif.edu](mailto:mahlooji@sharif.edu)  
الناز کریم معجنی، کارشناس تحقیق و توسعه شرکت دورال، [elnazmoajeni@gmail.com](mailto:elnazmoajeni@gmail.com)

### چکیده

بنادر در سیستم حمل و نقل هر کشوری نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند بطوریکه از آنها بعنوان گلوگاه ارتباطی هر کشور با دنیای خارج یاد می‌شود و ماموریت اصلی آنها در سیستم حمل و نقل، تخلیه و بارگیری کالا از کشتی به بندر و برعکس می‌باشد؛ لذا کارآمدی ماموریت در گرو بکارگیری تجهیزات مناسب و کارآمد در آنها است. تجهیزات بندری بایستی بگونه‌ای انتخاب و طراحی شوند که پاسخگوی نیازهای مشتریان حمل و نقل دریایی در تخلیه و بارگیری کالا باشند. به همین دلیل ارزیابی و انتخاب تجهیزات به علت دخالت مستقیم آنها در عملیات بنادر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان وجود مدلی ریاضی با قابلیت کاربرد در سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری که مدیران را در ارزیابی و انتخاب این تجهیزات یاری رساند لازم و ضروری به نظر می‌رسد. فرایند تحلیل سلسله مراتب یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها در تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری است. این روش، روشی کمی برای اولویت بندی گزینه‌های مورد تصمیم‌گیری در محیط‌های چند معیاره بشمار می‌آید. این روش در موارد زیادی چون پیش‌بینی، برنامه ریزی استراتژیک، ارزیابی پیمانکاران و غیره کاربرد پیدا کرده است. برقراری ناسازگاری منطقی از قضاوت‌ها و همچنین امکان بکارگیری آن در تصمیم‌گیری گروهی دو مورد از ویژگی‌های مهم آن بشمار می‌رود. در این تحقیق با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتب گروهی مدلی طراحی شده که تصمیم‌گیرندگان و ارزیابی‌کنندگان فروشندگان تجهیزات خشکی بنادر را در انتخاب بهترین تجهیز یاری رساند.

واژه‌های کلیدی: تجهیزات بندری، گنتری کرین، روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی

### ۱- مقدمه

یکی از مهمترین مسائل سازمانهای تخصصی تامین تجهیزات عملیاتی آنهاست. کیفیت عملیات و متعاقباً کیفیت محصول ارائه شده توسط سازمانها ارتباط مستقیم با کیفیت تجهیزات آنها داشته و همواره مورد توجه ارائه‌کنندگان کالا و خدمات بوده است. صنعت حمل و نقل دریایی نیز به‌عنوان یکی از ارزان‌ترین روش‌های حمل و نقل از این امر مستثنی نبوده و همواره متولیان این صنعت در جهت ارتقاء کیفیت عملیات و الزامات آن از قبیل تجهیزات حمل و نقل و تخلیه- بارگیری و غیره بوده‌اند. در این مقاله ابتدا در قسمت اول به

بررسی تجهیزات بندری پرداخته و در قسمت دوم تجهیزات گنتری کرین بعنوان یکی از تجهیزات خشکی بنادر مورد بررسی قرار گرفته و در قسمت سوم مدل سلسله مراتبی مربوط به تجهیزات گنتری کرین طراحی و در نهایت مطالعه‌ای موردی در این زمینه ارائه خواهد شد.

## ۲- تجهیزات بندری

ایجاد تحولات و تغییرات ضروری در زمینه افزایش ظرفیت‌ها، تسهیلات و تجهیزات مدرن بندری مسئله‌ای است که در دهه اخیر توجه برنامه‌ریزان را بخود جلب کرده است بطوری که در بنادر موفق جهان شاهد دگرگونی و تحولات عظیم برای ایجاد قابلیت‌های بیشتر و امکانات بهتر برای پاسخگویی به نیاز امروز تجارت جهانی از طریق دریا می‌باشیم.

نگرش‌های اقتصادی صاحبان کالا و خطوط کشتیرانی در جهت کاهش هزینه تمام شده و کاهش هزینه حمل و نقل، صنعت کشتی سازی را به سمت ساخت کشتی‌های بزرگ (LARG SIZE) سوق داده و می‌رود تا کشتی‌ها با سایز بزرگ در آینده بسیار نزدیک جایگزین کشتی‌های فعلی (HANDI SIZE) گردند که به تبع آن بنادر نیز باید خود را با این واقعیت تطبیق داده و تناسبی منطقی را بین امکانات و تسهیلات خود و ویژگی‌ها و نیازهای این نوع کشتی‌ها برقرار نمایند. در غیر این صورت در آینده‌ای نه‌چندان دور بندری خواهند بود غیر کارا و به جهت در اختیار نداشتن امکانات متناسب با نیازهای روز به سرعت تقاضا برای استفاده از آنها کاهش یافته و یا به تعبیر دیگری استفاده از آنها هزینه‌زا خواهد بود. تجهیزات بنادر اغلب به سه دسته تقسیم می‌شوند:

## ۲-۱- تجهیزات خشکی

تجهیزاتی هستند که در تخلیه و بارگیری کالا از (به) کشتی کاربرد دارند. هر کالا با توجه به نوع، شکل، تعدد و تنوعی که دارد تجهیز متناسب با خود را نیاز دارد.

بطور عمده این تجهیزات از لحاظ عملیات به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- تجهیزات مرتبط با تخلیه و بارگیری که کالا را از روی کشتی به اسکله و یا از روی اسکله بر روی کشتی قرار می‌دهد.
- ۲- تجهیزات حمل از اسکله به محوطه‌ها و انبارهای بندر و یا بالعکس.

۳- تجهیزاتی که در محوطه‌ها و انبارهای بندری، کالاهای عمومی را دپو کرده صفافی<sup>۱</sup> می‌نماید و بعلاوه آنها را روی وسایل حمل مثل کامیون، واگن جهت خروج از بندر بارگیری کرده و یا از وسایل حمل تخلیه و در محوطه‌های بندری جهت بارگیری به کشتی قرار می‌دهند.

تجهیز اسکله‌ها به این تجهیزات، علاوه بر اینکه سرعت تخلیه و بارگیری را در مقایسه با بکارگیری تجهیزات مشابه بر روی کشتی افزایش می‌دهد، موجب می‌شود تا کالا از وابستگی به جرثقیل کشتی که معمولاً برای استفاده در مواقع خاص است و برای تخلیه و بارگیری منظم و مداوم طراحی نشده است، رها شود.

## ۲-۲- تجهیزات دریایی

تجهیزاتی هستند که کشتی‌ها را در امر تخلیه و بارگیری پشتیبانی می‌نمایند این کار با کمک در پهلو دهی و جدا سازی‌ها انجام می‌شود و نیز در فعالیت‌هایی برای کمک رسانی به افراد و کشتی‌های دچار سانحه شرکت می‌کنند. یکی دیگر از کاربردهای این تجهیزات لایروبی محدوده لنکرگاه و اسکله‌ها می‌باشد. فعالیت دیگری که در محدوده تجهیزات دریایی تعریف شده است سرویس دهی به کشتی‌های مراجعه کننده به بندر است.

## ۲-۳- تجهیزات مخابراتی

این تجهیزات بطور عمده جهت اطلاع رسانی و برقراری ارتباط با کشتی‌ها (پیامهای ایمنی، اطلاعات هواشناسی و غیره)، ضبط و نگهداری مکالمات کشتی‌ها، ارسال و دریافت پیام بصورت کامپیوتری نصب و راه اندازی می‌شوند.

## ۳- اهمیت تصمیم‌گیری در مورد تجهیزات بنادر

۱ چیدن بار در محوطه انبارها

یکی از مهمترین مسائلی که در بنگاه‌های خدمات رسانی به‌عنوان مسئله‌ای رقابتی مطرح می‌شود، رضایت مشتری است. رضایت مشتری رابطه مستقیم با کیفیت خدمات ارائه شده و رابطه عکس با هزینه آن دارد. یکی از عواملی که در کیفیت خدمات تخلیه و بارگیری ارائه شده توسط بنادر تاثیر می‌گذارد، تجهیزات آن است و از بین تجهیزات بنادر، تجهیزات مربوط به خشکی رابطه تنگاتنگی با امر تخلیه و بارگیری دارند. همین مسئله اهمیت و لزوم تمرکز بیشتر بر روی تجهیزات بندری و خصوصاً تجهیزات خشکی را آشکار می‌سازد.

#### ۴- تجهیزات گنتری کرین

حمل و نقل کانتینری به علت هزینه پایین حمل و نقل کالا یکی از روش‌های حمل و نقل برجسته و چیره در دو دهه اخیر بشمار رفته و پیش‌بینی می‌شود در قرن جاری نیز به همین شکل ادامه یابد. رشد روز افزون حمل و نقل کانتینری موجب توجه بیشتر به تجهیزات کانتینری نیز شده است، که از این قبیل می‌توان به کشتی‌های کانتینری و جرثقیل‌های کانتینری اشاره کرد. جرثقیل‌های کانتینری، جرثقیل‌های ریلی و یا لاستیکی هستند که برای حمل کانتینر از روی کشتی به محوطه تخلیه و بارگیری و برعکس، در محدوده بارگیری کشتی‌های کانتینری نصب می‌شوند؛ این جرثقیل با استفاده از نیروی کشش کابل کانتینر را از روی کشتی حمل کرده و بر روی کامیون و یا تجهیزات حمل و نقل بندری قرار می‌دهد و عکس این عمل در زمان بارگیری کشتی‌های کانتینری صورت می‌گیرد. این جرثقیل‌ها با عنوان گنتری کرین شناخته می‌شوند. بسته به نوع طراحی کشتی‌های کانتینری، جرثقیل‌های کانتینری نیز بگونه‌ای طراحی شده‌اند که پاسخگوی نیازهای این کشتی‌ها باشند.

#### ۵- مبانی نظری

##### ۵-۱- روش AHP

روش AHP که بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و مبهم پیشنهاد شده از طریق مقایسه‌های زوجی بر سه اصل زیر بنا نهاده شده است.

۱- برپایی یک ساختار سلسله مراتبی برای مسئله

۲- برقراری ترجیحات از طریق مقایسه‌های زوجی (به‌صورت نرخ نهایی جانشینی)

۳- برقراری سازگاری منطقی از اندازه‌گیری‌ها

یکی از مزایای روش AHP محاسبه ناسازگاری تصمیم‌گیری‌ها است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

تعریف: چنانچه  $A(a_{ij})$  یک ماتریس  $m \times m$  باشد در صورتی این ماتریس سازگار است که  $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$  باشد.

از آنجا که قضاوت‌ها به درک افراد، اطلاعات ارائه شده به آنها و همچنین حالات روحی آنها بستگی دارد معمولاً در قضاوت‌ها ناسازگاری وجود دارد.

با استفاده از بردار ویژه، یک اندازه‌گیری طبیعی از میزان ناسازگاری (CI) اطلاعات موجود در ماتریسی مانند A به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1}$$

ساعتی نشان می‌دهد که  $\lambda_{\max}$  (بیشترین مقدار بردار ویژه) برای یک ماتریس عکس‌پذیر، همیشه بزرگتر یا مساوی با بعد ماتریس (m) بوده و این مقدار برای یک ماتریس با سازگاری کامل برابر با m خواهد بود، به این ترتیب  $\lambda_{\max} - m$  یک اندازه‌گیری مناسب از درجه ناسازگاری یک ماتریس است [۲].

ساعتی شاخص CI را با یک شاخص تصادفی (RI) نیز مقایسه کرد، به‌طوری‌که RI به‌ازای مقادیر مختلف m توسط تولید ماتریس‌های تصادفی A و محاسبه میانگین CI از آن ماتریس‌ها به وجود آمده است.

”نرخ ناسازگاری“ (CR)، با معلوم بودن RI طبق جدول (۱)، با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود؛

جدول ۱- شاخص ناسازگاری تصادفی

$m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.0	0.0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

بنا به توصیف ساعتی چنانچه  $CR \leq 0.1$  باشد سازگاری ماتریس پذیرفته می‌شود [۶].

## ۵-۲- روش AHP گروهی (G-AHP)

ملاحظه شد که در روش AHP پایه، مقایسه‌های زوجی به‌ازای هر ماتریس توسط یک تصمیم‌گیرنده صورت می‌گیرد ولی ممکن است در یک تصمیم‌گیری به‌جای یک تصمیم‌گیرنده از چندین تصمیم‌گیرنده استفاده شود و لازم باشد تا نظر همگی آنها در تصمیم‌گیری لحاظ شود.

برای تلفیق نظرات تصمیم‌گیرندگان در تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از AHP دو دیدگاه مختلف وجود دارد:

### ۱- تلفیق قضاوت‌های افراد (ماتریس‌های تصمیم‌گیری) (AIJ)

در این حالت با استفاده از ماتریس‌های منفرد، ماتریس تصمیم‌گیری گروهی تشکیل می‌شود. درایه‌های این ماتریس  $(a_{ij}^G)$  از طریق میانگین هندسی موزون درایه‌های ماتریس‌های منفرد به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$a_{ij}^G = \left\{ \prod_{K=1}^n (a_{ijk})^{\beta_K} \right\}^{\frac{1}{\sum \beta_K}} = \left\{ \prod_{K=1}^n (a_{ijk})^{\beta_K} \right\} , \quad i, j = 1, \dots, m, \quad K = 1, \dots, n \quad (4)$$

به‌طوریکه  $\beta_K$  و  $a_{ijk}$  به‌ترتیب معرف میزان اهمیت و تأثیر گذاری تصمیم‌گیرنده  $K$  ام و درایه ماتریس مقیاسات منفرد تصمیم‌گیرنده  $K$  ام می‌باشند.

### ۲- تلفیق اولویت‌های ایجاد شده توسط تصمیم‌گیرندگان برای آلترناتیوهای مختلف (AIP)

در این حالت ابتدا از ماتریس‌های قضاوت منفرد، وزن‌هایی اولویت آلترناتیوها برای تصمیم‌گیرنده  $K$  ام  $(w_i^K)$ ،  $K = 1, \dots, n$  محاسبه شده ( $n$  نشان دهنده تعداد تصمیم‌گیرندگان است) و سپس از طریق محاسبه میانگین هندسی وزن‌های منفرد برای هر آلترناتیو، وزن اولویت گروهی آلترناتیو  $(W_i^G)$  به‌دست می‌آید که به‌صورت زیر می‌باشد:

$$W^G = (W_i^G) ; \quad W_i^G = \prod_{K=1}^n (w_i^K)^{\beta_K} \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

به‌طوریکه  $\beta_K$  معرف میزان و اهمیت تأثیر گذاری تصمیم‌گیرنده  $K$  ام بوده و  $W^G$  ماتریسی  $1 \times m$  است که نشان دهنده وزن‌های تلفیق شده، تصمیم‌گیرندگان منفرد در رابطه با هر یک از آلترناتیوهاست.

در هر دوی حالات فوق هر تصمیم‌گیرنده با توجه به تخصص و مسئولیت خود تأثیرات متفاوتی بر تصمیم نهایی می‌گذارد ( $\beta_K$ ).

به‌علاوه فرض می‌شود  $\sum_{K=1}^n \beta_K = 1$  است.

<sup>2</sup>- Aggregation of Individual Judgement

<sup>3</sup>- Aggregation of Individual Priorities

در این حالت پس از تلفیق نظرات اعضای گروه، ماتریس‌هایی به ابعاد هریک از ماتریس‌های منفرد ایجاد می‌شود که محاسبه وزن‌های محلی و وزن‌های نهایی و همچنین ناسازگارهای هریک از ماتریس‌ها و ناسازگاری کلی تصمیم‌گیری دقیقاً مانند روش AHP پایه صورت می‌گیرد [۵].

## ۶- مرور ادبیات

روش AHP برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی مطرح گردید، که بعداً افراد متعددی در مورد زمینه‌های مختلف این تکنیک تحقیقاتی را انجام داده و موجب گسترش این روش شدند. بطوریکه این تکنیک در حال حاضر قابل پیاده شدن در تصمیم‌گیری‌های گروهی نیز می‌باشد. مقالات متعددی در زمینه نواقص و کمبودهای و در بعضی اوقات، رد روش تحلیل فرایند سلسله مراتب منتشر شده است و انتقادات زیادی در مورد آن وجود دارد، عمده‌ترین ایرادی که برای این روش گرفته می‌شود پدیده عکس‌پذیری اولویت‌ها<sup>۱</sup> است بدین صورت که اگر شرایط AHP بگونه‌ای تغییر یابد که آترناتیو و یا معیاری خنثی (دارای ارزشی کاملاً برابر با یکی از آترناتیوها و یا معیارهای موجود) به مدل اضافه شود ترتیب اولین و دومین آترناتیو عکس خواهد شد. در این زمینه همواره دو دیدگاه وجود دارد اولین دیدگاه مربوط به متخصصین اقتصاد و رفتار شناسی است که معتقد به پدیده عکس‌پذیری اولویت‌ها در تصمیم‌گیری بوده و آن را جزء لاینفک تصمیم‌گیری می‌شناسند و دیدگاه دوم مربوط به متخصصین تحقیق در عملیات و تئوری مطلوبیت می‌باشد که پدیده عکس‌پذیری آترناتیوها را از نواقص روش AHP بشمار می‌آورند. ساعتی معتقد است که روش خوب روشی است که در شرایطی که نیاز به عکس‌پذیری اولویت‌ها باشد امکان آن را ایجاد و زمانی که نیاز به حفظ اولویت‌های ایجاد باشد آن را حفظ نماید. ساعتی برای برطرف کردن این پدیده روش محاسبه اوزان به طریق ایده‌آل<sup>۲</sup> را مطرح کرده که در آن نرمال کردن وزن‌ها از طریق تقسیم کلیه وزن‌ها بر بیشترین وزن ایجاد شده صورت می‌گیرد [۷].

با همه این اوصاف نکته‌ای که در مورد همه منتقدین روش AHP وجود دارد این است که هیچ‌کدام از منتقدین این روش نتوانسته‌اند روشی جایگزینی ارائه دهند، بطوری که در دنیای واقعیت با در نظر گرفتن پیچیدگی‌های چنین مسائلی، قابل پیاده سازی باشد. بعلاوه بسیاری از محققین روش AHP را تکنیک مناسبی برای تصمیم‌گیری گروهی می‌دانند و دلیل آن قابلیت ترکیب نظرات افراد گروه و کمک به تصمیم‌گیرندگان در درک درست مسئله تصمیم‌گیری و بسیاری مسائل دیگر می‌باشد که در ذیل بصورت مختصر به آنها اشاره می‌شود:

فارمن و دیر<sup>۳</sup> ادعا کردند که AHP وقتی در تصمیم‌گیری گروهی بکار رود می‌تواند نتایج ذیل را در بر داشته باشد:

۱- در نظر گرفتن مقادیر تکی، معیارهای محسوس و نامحسوس در فرآیند تصمیم‌گیری گروهی

۲- تمرکز بحث بر روی اهداف بجای گزینه‌های انتخاب

۳- ادامه یافتن بحث تا موقعی که تمام اطلاعات مرتبط در دسترس مورد بررسی قرار گیرند.

همچنین آنها معتقدند که AHP روش مناسبی برای تصمیم‌گیری گروهی بوده می‌تواند در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری گروهی کاربرد داشته باشد. آنها ابراز داشتند که AHP می‌تواند تصمیم‌گیرندگان گروهی در ساختار بندی مسائل پیچیده و نیمه ساختار یافته یاری کرده و روشی برای ترکیب معیارهای محسوس و نامحسوس با توجه به اهداف متعددی که جزء ذات هر مسئله تصمیم‌گیری است ارائه نماید [۸].

Sousk, Bard همچنین عنوان کردند که “از دیدگاه ایجاد توافق، AHP شکل قابل حصولی از اطلاعات را فراهم کرده و روشی منطقی برای ترکیب قضاوت‌ها ارائه می‌کند. تأثیرات قضاوت‌های فردی بسادگی از طریق محاسبات اعمال شده و سریعاً قابل تجدید نظر می‌باشد.”

در بسیاری از تحقیقات و مطالعات انجام شده از روش AHP برای تصمیم‌گیری گروهی کمک گرفته‌اند. Touminen, Korpela از این تکنیک برای تعیین اهداف لوجستیک توزیع و تجزیه دپارتمان لوجستیکی پروژه استفاده کرده‌اند. یافته‌های این دو روش AHP را به علت قابلیت و هدایت جلساتی بسیار ساختار یافته در تصمیم‌گیری گروهی، بعنوان روشی کارا و انعطاف پذیر معرفی کرد.

روش AHP در تصمیم‌گیری گروهی در موارد متعددی بکار رفته که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود: "تصمیم‌گیری گروهی در محیط‌های چند معیاره: مطالعه موردی انتخاب نرم‌افزار با استفاده از روش AHP" عنوان تحقیق دیگری است که در آن گزارشی از نتیجه کاربرد روش AHP برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری گروهی در مورد انتخاب فروشنده سیستم‌های ایجاد کننده چند رسانه‌ای است. سه نوع از این سیستم‌ها انتخاب و با استفاده از روش AHP اولویت بندی شدند. این کار با استفاده از گروهی ۶ نفره از مهندسين نرم افزار با تجربه که در مورد نحوه استفاده از روش AHP آموزشهای لازم را دیدند، صورت گرفت. در انتها مطالعه‌ای تجربی در مورد کارایی روش جدید در مقایسه با روش از قبل استفاده شده صورت گرفت. نتایج مطالعه کارایی بیشتر روش AHP را در مقایسه باروش قبلی نشان می‌دهد. همچنین مشخص شد که این روش در ایجاد توافق لازم بین اعضای تصمیم‌گیرنده توانایی بیشتری دارد [۱۶].

کاربرد AHP در انتخاب فروشنده سیستم‌های ارتباطی تحقیقی است که انتخاب فروشنده سیستم‌های ارتباطی برای شرکت‌های عرضه کننده خدمات ارتباطی را به علت هزینه سرمایه گذاری خیلی بالای آن‌ها ارتباط مستقیم موفقیت این سیستم‌ها با فروشنده آن‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفته و در این ارزیابی از روش AHP گروهی برای تعیین بهترین فروشنده استفاده شده است [۸]. کاربرد AHP در انتخاب پیمانکاران پروژه‌های عمرانی، که دارای تحقیق نحوه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش AHP پایه مورد ارزیابی قرار گرفته و بهترین پیمانکار انتخاب شده است [۸]. یکی دیگر از کاربردهای روش AHP تصمیم‌گیری در مورد مکانیابی بین‌المللی صنایع مختلف می باشد که در آن با در نظر گرفتن معیارهای مختلف پس از طراحی سلسله مراتب مناسب و انجام مقایسات زوجی سطوح اولیه و امتیازدهی مستقیم آلترناتیوها در سطح ما قبل آخر به تصمیم‌گیری در مورد بهترین محل برای صنعت خاصی پرداخته شده است [۱۸].

## ۷- معیارهای ارزیابی تجهیزات گنتری کرین

دیکسون ۲۳ معیار را برای انتخاب فروشنده مناسب شامل کیفیت، توزیع، سابقه عملکرد، گارانتی، قیمت، قابلیت‌های فنی و موقعیت مالی معرفی کرد. برخی از محققین معیارهای اصلی انتخاب تجهیزات را در سه دسته مالی، فنی و عملیاتی تقسیم کرده‌اند. در ادامه به تحلیل معیارهای بکاررفته در انتخاب تجهیزات گنتری کرین پرداخته خواهد شد.

### ۷-۱- معیارهای استراتژیک

دسته بندی عنوان شده در قسمت قبلی در اغلب تصمیم‌گیری‌ها برای انتخاب تجهیزات بکار می‌رود. در مسئله مورد مطالعه ما کیفیت عملیات ارتباط مستقیم با مسائل فنی و اجزاء تشکیل دهنده آن دارد. بر اساس اصل وابستگی لازم است تا شاخه‌های مختلف سلسله مراتب طراحی شده مستقل از همدیگر بوده و هر معیار با معیارهای سطح فوقانی خود ارتباط داشته باشد، این نتیجه حاصل می‌شود، که اگر کیفیت عملیات بعنوان یک معیار استراتژیک در کنار سایر معیارهای استراتژیک در سطوح بالاتر قرار گیرد نیازهای مسئله مورد بررسی را تا حد امکان برآورده خواهد کرد. همچنین یکی از محدودیت‌های هر سازمان و بنگاه تجاری منابع موجود آن است و همواره سعی در جهت بهره‌برداری بهینه از این منابع جزء اهداف و فعالیت‌های هر سازمان و یا بنگاه تجاری به شمار می‌آید. بدین ترتیب معیارهای استراتژیک که در آنها دیدگاه‌های کلان حاکم بوده و استراتژی سازمان مد نظر است شامل دو مورد کیفیت عملیات و هزینه خواهد بود.

### ۷-۱-۱- معیارهای هزینه‌ای

معیارهایی هستند که نشان دهنده مسائل مالی تجهیز می‌باشند. هزینه‌های تجهیزات عمدتاً به هزینه‌های حال و آینده تقسیم‌بندی می‌شوند هزینه‌های حال شامل هزینه‌های اولیه‌ای می‌باشد که در بدو تامین تجهیز وجود دارد که عمدتاً شامل هزینه‌های تامین و نصب تجهیزات بوده و هزینه‌های آینده شامل هزینه‌هایی هستند که ناشی از عملیات سیستم می‌باشند که بعنوان مثال هزینه نگهداری و تعمیرات و غیره از این قبیل می‌باشند.

### ۷-۱-۲- معیارهای کیفیتی (کیفیت عملیات)

همانگونه که در قسمت قبل عنوان شد، یکی از مهمترین معیارهای استراتژیک در انتخاب تجهیزات کیفیت عملیات است. کیفیت عملیات تجهیزات بطور عمده به مسائل قبل از شروع به عملیات تجهیز بستگی دارد و لازم است تا مورد توجه خاص قرارگیرد. معیار کیفیت عملیات در بر گیرنده زیر معیارهای متعددی می‌باشد که بطور عمده می‌توان آنها را به دو دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

### ۷-۱-۲-۱- معیارهای عمومی

معیارهای عمومی در انتخاب تجهیزات معیارهایی هستند که برای انتخاب هر نوع تجهیز و حتی هر نوع کالایی در رابطه با کیفیت عملیات آن، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این معیارها عمدتاً در کیفیت عملیات هر نوع تجهیز دخالت دارند. معیارهای مربوط به فروشنده از این قبیل معیارها هستند.

### ۷-۱-۲-۲- معیارهای خاص

معیارهایی هستند که بسته به تجهیز ممکن است متفاوت باشند این معیارها به سه دسته عمده ذیل تقسیم می‌شوند:

#### الف) زیر معیارهای طراحی و مهندسی

معیارهایی که به قسمت‌های اصلی تجهیز مربوط می‌شوند یعنی قسمت‌هایی که در صورت بروز هرگونه مشکل در آنها عملیات اصلی تجهیز امکانپذیر نخواهد بود. در این معیارها حداقل استانداردها باید رعایت شود.

#### ب) معیارهای مربوط به امکانات و تجهیزات جانبی

معیارهایی که مربوط به اجزاء و قسمت‌های جانبی تجهیز می‌شوند. این قسمت‌ها بعنوان پشتیبان عملیات اصلی تجهیز بشمار می‌آیند و امکان بهره‌برداری از تجهیز را فراهم می‌کنند.

#### ج) مکانیزم‌ها و سیستم‌ها

این سیستم‌ها در عملکرد طبیعی تجهیز دخالت مستقیم نداشته و عملکرد بالای آنها موجب کیفیت بالای بهره‌برداری و قابلیت اطمینان بالای تجهیز می‌باشد به عنوان مثال سیستم‌ها و تجهیزات پیشگیری کننده از وقوع شرایط اضطراری در تجهیز جلوگیری کرده و یا در مواقع بروز شرایط اضطراری می‌توان با استفاده از آنها از توقف عملیات تجهیز جلوگیری کرد. در واقع این زیر معیارها تداوم عملیات تجهیز را تا حد امکان تضمین می‌کنند.

با توجه به موارد عنوان شده سلسله مراتب اولیه‌ای برای تجهیزات خشکی بنادر قابل ترسیم است. که در شکل نشان داده شده است.

### ۸- طراحی مدل سلسله مراتب تجهیزات گنتری کرین

در اولین مرحله تیم تصمیم‌گیری شامل ۵ نفر از کارشناسان متخصص ارزیابی تجهیزات خشکی بنادر انتخاب گردید، سپس با استفاده از مطالعات و ارزیابی‌های قبلی تعداد ۷۲ معیار استخراج شده و سلسله مراتب فیزیکی تجهیزات گنتری کرین تشکیل شد. در این سلسله مراتب تجهیز گنتری کرین در معیار استراتژیک طراحی و مهندسی به اجزاء اصلی تجهیز تقسیم و هریک از اجزاء اصلی نیز به اجزاء تشکیل دهنده خود تقسیم‌بندی شدند. تیم تصمیم‌گیری معتقد بودند که تجهیزات گنتری کرین با اجزاء تشکیل دهنده مشترک نیاز به ارزیابی در شاخه‌های مختلف ندارند و خصوصیات مشترکی بر آنها حاکم است به همین دلیل تیم تصمیم‌گیرنده به این نتیجه رسیدند که معیار طراحی و مهندسی به دو زیر معیار طراحی و اجزاء اصلی تقسیم شوند. به این ترتیب معیارهایی که مربوط به ماهیت محاسباتی و طراحی سیستم می‌شوند در دسته مربوط به طراحی و اجزاء مشترکی که در همه زیر بخشهای تجهیز قرار دارند و توسط فروشنده از تامین‌کنندگان مختلف خریداری و بر روی تجهیز نصب می‌شوند در دسته اجزاء تجهیز قرار می‌گیرند. در این شرایط و با حذف معیارهای مشترک تعداد معیارها در سطح ماقبل آخر به ۵۰ معیار کاهش یافت و تعداد معیارها در بعضی از شاخه‌ها از ۷ مورد پیشنهاد شده توسط آقای ساعتی بیشتر بوده و نیاز به حذف برخی از معیارهای دارای اهمیت پایین وجود داشت. برای کاهش معیارها تا حد قابل قبول دو روش پیش رو بود، یک روش استفاده از نظر سنجی و عقاید افراد متخصص در این زمینه و دیگری مراجعه به امتیازات اعمال شده در مطالعات قبلی در رابطه با معیارها توسط کارشناسان و متخصصین تجهیزات خشکی. به علت سادگی و زمان کمتر از روش دوم برای حذف برخی از معیارهای دارای اهمیت پایین استفاده گردید بدین صورت که در مطالعات قبلی کارشناسان بسته به تجربه خود به هریک از معیارهای عملیاتی وزن و اهمیتی با مقیاس ۱ تا ۱۲ قائل می‌شدند. بدین ترتیب نقطه ۳ (وزن و اهمیت ۳) بعنوان نقطه مرزی

برای معیارها انتخاب گردید و با انجام این کار که تقریباً ۶۵٪ معیارهای موجود را پوشش می‌داد تعداد معیارها در سطح ماقبل به ۳۰ معیار کاهش پیدا کرد. در این حالت هیچ شاخه‌ای دارای تعداد زیر معیار بیش از ۷ مورد نبود. بدین ترتیب سلسله مراتب مربوط به تجهیزات گنتری کرین طراحی شد.

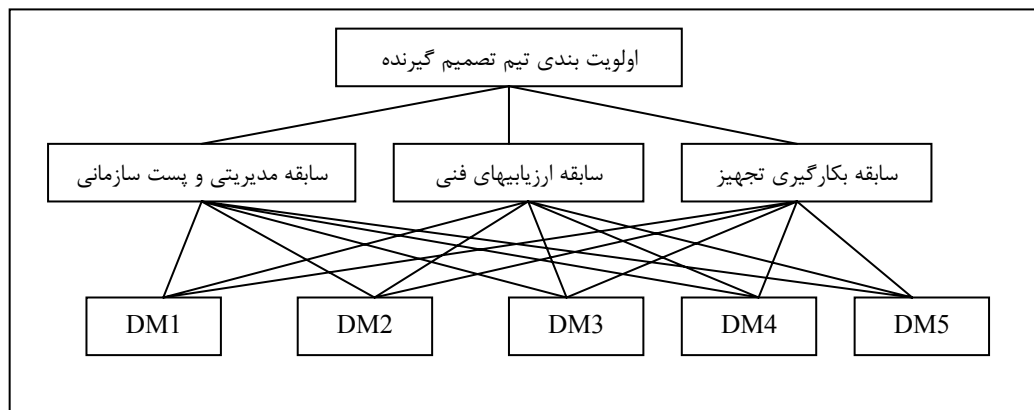
## ۹- مطالعه موردی

مدل طراحی شده بر روی یکی از خریدهای سازمان بنادر بعنوان نمونه پیاده شد. مسئله مورد مطالعه شامل انتخاب فروشنده تجهیزات گنتری کرین بندر امام می‌شد که در آن چهار شرکت با ارائه شرح خدمات در مناقصه شرکت کرده بودند. در این مطالعه تیمی متشکل از پنج نفر که در مرحله قبل تشکیل شده بود در مورد سلسله مراتب طراحی شده به توافق رسیدند. سپس مراحل ذیل تا دستیابی به جواب نهایی طی شد.

### ۹-۱- محاسبه وزن و اهمیت تصمیم‌گیرندگان

برای محاسبه میزان اهمیت تصمیم‌گیرندگان نیز می‌توان از روش AHP استفاده کرد به همین منظور می‌توان سلسله مراتبی از معیارهایی که برای ارزیابی تصمیم‌گیرندگان و میزان تاثیر آنها اهمیت دارد، از طریق خود گروه تصمیم‌گیری استخراج کرده و در طراحی سلسله مراتب مربوطه بکار برد.

بر این اساس تیم تصمیم‌گیرنده معیارهایی نظیر سابقه مدیریتی، سابقه در انجام ارزیابیهای فنی، پست سازمانی و سابقه بکارگیری تجهیزات در زمان عملیات آنها را مطرح کرده و تیم تصمیم‌گیرنده نسبت به هر یک از موارد عنوان شده مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند. سلسله مراتب تشکیل شده برای ارزیابی تیم تصمیم‌گیرنده به قرار نمودار شماره ۲ است. در این سلسله مراتب معیارهای پست سازمانی و سوابق مدیریتی باهم تلفیق شده اند و در نهایت سه معیار برای ارزیابی تصمیم‌گیرندگان بکار گرفته شده است. سلسله مراتب طراحی شده با استفاده از اطلاعات موجود در مورد هر یک از تصمیم‌گیرندگان مورد ارزیابی قرار گرفته و با استفاده از نرم افزار expert choice محاسبه شد. خلاصه نتایج وزن‌های تصمیم‌گیرندگان در جدول ذیل ارائه شده است.

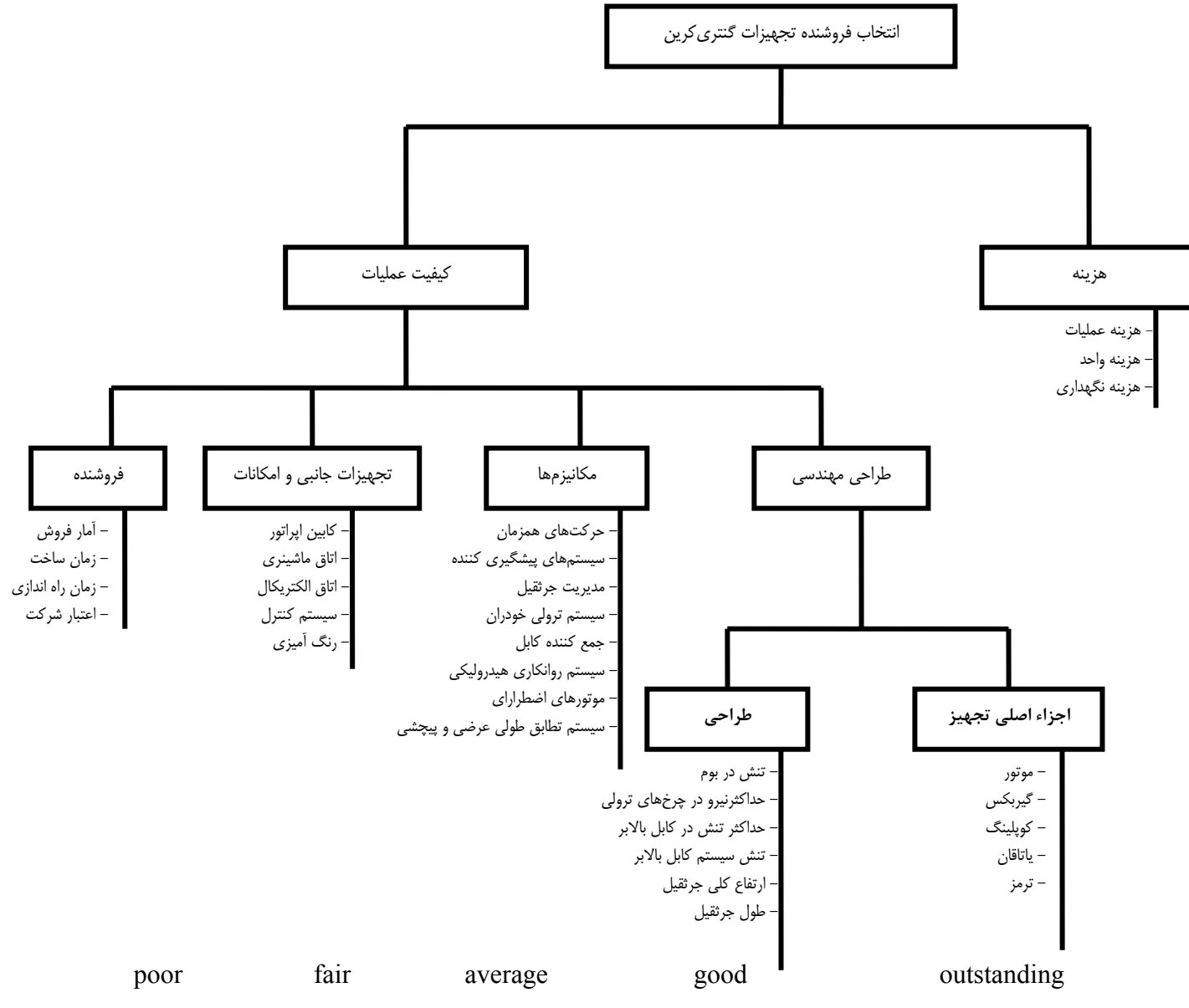


نمودار ۲- سلسله مراتب ارزیابی تیم تصمیم‌گیری

جدول ۲- وزن اهمیت اعضای تیم تصمیم‌گیری

DM5	DM4	DM3	DM2	DM1	تصمیم‌گیرنده
۰,۰۵۶	۰,۱۴۸	۰,۱۴۴	۰,۳۰۳	۰,۳۴۹	وزن





A1

A2

A3

A4

## ۹-۲- مقایسات زوجی و محاسبات

تیم تصمیم گیرنده در طی دو جلسه ۱/۵ ساعته مقایسات زوجی توافقی خود را در پرسشنامه‌هایی که به این منظور طراحی شده بود ارائه دادند. شرکت کنندگان در این جلسات شامل اعضای تیم تصمیم‌گیری و تجهیز کننده تیم بود. تجهیز کننده تیم فردی به شمار می‌رفت که آشنایی کامل با فرایند تحلیل سلسله مراتبی داشته و نیز قادر بود تا از نرم افزار Expert Choice بخوبی استفاده کند. این فرد در تصمیم‌گیری و قضاوت‌ها شرکت نکرده و فقط تیم را در بکارگی روش AHP یاری می‌رساند. پس از اینکه قضاوت‌های زوجی انجام گرفت تجهیز کننده تیم قضاوت‌ها را در نرم افزار Expert Choice اعمال کرده و نتایج بصورت جدول ذیل ارائه گردید. نتایج تحت دو سناریو استخراج گردید که در سناریوی اول اهمیت تمامی گزینه‌ها در رابطه با معیار قیمت واحد تجهیز یکسان در نظر گرفته شده است که نتایج این ارزیابی تحت عنوان ارزیابی‌های فنی و در سناریوی دوم قیمت واحد نیز در ارزیابی‌ها و محاسبات اعمال شده که تحت عنوان ارزیابی‌های فنی و مالی شناخته می‌شود.

جدول ۳- ناسازگاری بهبود یافته تصمیم گیرندگان

تصمیم‌گیرنده	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5	combined
ناسازگاری	۰,۰۹	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۹	۰,۰۷

جدول ۴- وزن اولویت‌های فنی شرکت‌ها

اولویت	گزینه	وزن	وزن تجمعی
۱	A1	۰,۳۵۲	۰,۳۵۲
۲	A3	۰,۲۱۸	۰,۶۷۰
۳	A2	۰,۲۱۶	۰,۷۸۶
۴	A4	۰,۲۱۴	۱

همانگونه که مشاهده می‌شود گزینه A1 با ۰,۳۵۲ امتیاز در رتبه اول، A3 در رتبه دوم، A2 و A4 در اولویت‌های سوم و چهارم فنی قرار دارند. از بین اعضای تیم تصمیم‌گیری دو نفر معتقد بودند که کیفیت عملیات دارای اهمیت بیشتری نسبت به هزینه‌ها است ولی بطور کلی تیم تصمیم‌گیرنده معتقد بودند که معیار هزینه اهمیت بیشتری نسبت به معیار کیفیت عملیات دارد. دلیل این امر تعیین الزامات از طرف تیم ارزیابی کننده تجهیزات بود که قطعات و قسمت‌های اصلی تجهیز به تامین کننده طی لیستی اعلام شده بود و تامین کننده ملزم گردیده بود تا از قطعات و قسمت‌های عنوان شده در طراحی و ساخت استفاده نماید.

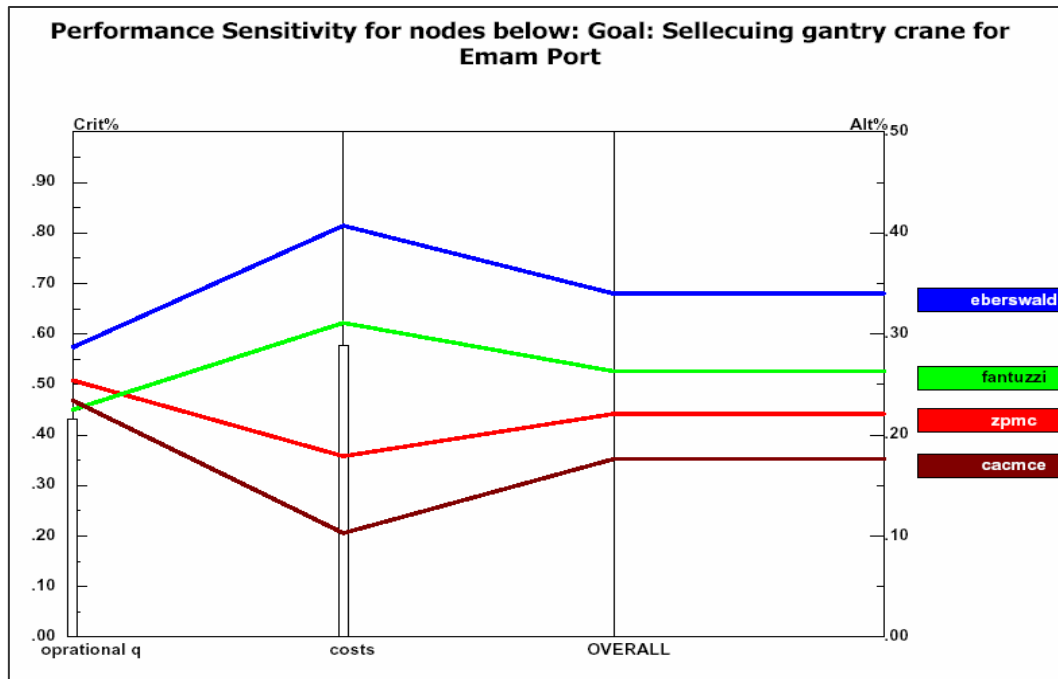
جدول ۵- وزن اولویت‌های فنی و مالی شرکت‌ها

اولویت	نام شرکت	وزن	وزن تجمعی
۱	A1	۰,۳۴۰	۰,۳۴۰
۲	A4	۰,۲۶۳	۰,۶۰۳
۳	A2	۰,۲۲۱	۰,۸۲۴
۴	A3	۰,۱۷۶	۱

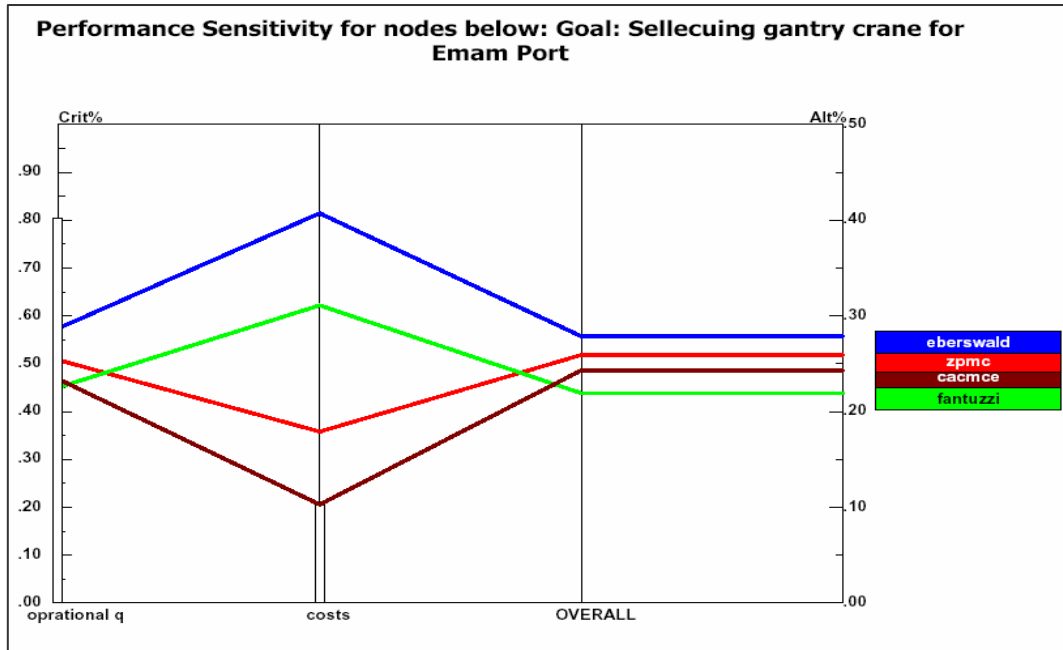
با در نظر گرفتن معیار قیمت واحد در محاسبات اولویت‌های گزینه‌ها به ترتیب جدول فوق تغییر می‌یابد، مشاهده می‌شود که گزینه A1 با وجود معیار هزینه در اولویت اول قرار دارد، گزینه A4 با در نظر گرفتن معیار قیمت از اولویت چهارم به اولویت دوم تغییر مکان داده و A3 از اولویت دوم به اولویت چهارم تنزل کرده است. این امر نشان دهنده آن است که تناسبی بین قیمت و کیفیت گزینه A2 وجود ندارد و نیز گزینه A4 به نسبت کیفیت پایین هزینه پایینی برای سازمان خواهد داشت. در این ارزیابی حالتی که کیفیت پایین و هزینه بالا باشد به چشم نمی‌خورد.

### ۹-۳- تجزیه و تحلیل حساسیت

تجزیه و تحلیل حساسیت برای مسئله عنوان شده با در نظر گرفتن تغییر در وزن و اهمیت فعلی معیارهای استراتژیک صورت می‌گیرد. همانگونه که از نمودارهای زیر پیداست تصمیم گیرندگان بطور کلی اهمیت هزینه‌ها را بیشتر از اهمیت کیفیت عملیات شناخته‌اند. با توجه به این مورد تجزیه و تحلیل وزن و اهمیت شرکت کنندگان در مناقصه در حالتیکه معیارهای فنی دارای اهمیت بیشتری باشند طی نمودارهای ذیل نشان داده شده است:



نمودار ۳- وزن‌های اصلی معیارها



نمودار ۴- وزن‌های تغییر یافته اولویت‌ها

همانگونه که از نمودارهای صفحات قبل پیداست در صورت تغییر امتیازات معیارهای استراتژیک کیفیت عملیات و هزینه به ترتیب از ۴۲,۷ و ۵۷,۳ درصد به ۷۹,۸ و ۲۰,۲ درصد اولویت گزینه A1 تغییر نیافته ولی گزینه A2 از اولویت سوم به اولویت دوم و شرکت CACMCE از اولویت چهارم به اولویت سوم تغییر محل خواهد یافته و شرکت A4 از اولویت دوم به اولویت چهارم تغییر خواهد کرد. در این حالت مشاهده می‌شود که اولویت‌های شرکت‌ها تقریباً شبیه اولویت‌های فنی محاسبه شده در قسمت‌های قبلی است.

## ۱۰- نتایج

بطور کلی نتیجه می‌شود گزینه A1 دارای تناسب مورد قبولی از کیفیت و هزینه می‌باشد که بعنوان بهترین گزینه انتخاب شده است و نیز در مورد گزینه A3 می‌توان نتیجه گرفت که قیمت زیادی نسبت به کیفیت تجهیز ارائه شده است. بدین ترتیب نتیجه می‌شود که بهترین گزینه با در نظر گرفتن تمامی معیارها و شرایط گزینه A1 می‌باشد. بکارگیری این روش در ارزیابی و انتخاب و بطور کلی در تصمیم‌گیری گرچه در نگاه اول سخت و پیچیده بنظر می‌رسد ولی با بکارگیری دوباره، این مشکل بطور کلی برطرف می‌گردد، بگونه‌ای که این روش امکان استفاده موثر از اطلاعات و نیز تجربیات گذشته را بسادگی فراهم نموده و فرایند تصمیم‌گیری را تسهیل می‌نماید.

## منابع و مأخذ

- ۱- ح. قدسی‌پور، فرایند تحلیل سلسله مراتب (AHP)، مرکز نشر دانشگاه امیر کبیر، ۱۳۸۰
- ۲- ج. اصغر پور، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱
- ۳- ه. محلوچی، شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰
- ۴- مرکز تحقیقات سازمان بنادر، استاندارد تجهیزات بنادر کشور، سازمان بنادر و کشتی‌رانی، ۱۳۷۹
- 5-Xu, Z.. "On consistency of the weighted geometric mean complex judgement matrix in AHP." European Journal of Operational Research 126,683 –687,2000



- 6-M.T.Escobar, J. Aguaron , J.M. Moreno-Jimenez, " A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure", European Journal of Operational Research, 145 (2),382 –393.,2003
- 7-Saaty, T.L.,*Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill,New York,1995
- 8-Maggie C.Y. Tam a , V.M. Rao Tummala, "An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system", Omega 29 ,171-182,2001
- 9-Liberatore MJ, Nydick RL, Sanchez PM."The evaluation of research papers (or how to get an academic committee to agree on something)." Interfaces 22(2),92-100,1992
- 10-Forman EH, Saaty TL, Selly MY, Waldron R. ,*Expert choice*, McLean, VA: Decision Support Software, 2000
- 11-Dickson GW." An analysis of vendor selection systems and decisions." Journal of Purchasing2, 5-12,1966
- 12-Reymond Mcleod, Jr. *Management Information Systems*,prentice hall,inc,1998
- 13-Narasimahn R. "An analytical approach to supplier selection." Journal of Purchasing and Materials Management19 (4), 27-32 1983
- 14-Nydick RL, Hill RP. "Using the analytic hierarchy processto structure the supplier selection procedure." Journal of Purchasing and Materials Management 25(2),31-36,1992
- 15-Ching-Lia Hwang, Ming-Leng Lin,*Lecture notes in economics & mathematical systems- Group decision making under multiple criteria*, spriger-verlag berlin Heidelberg, 1987
- 16-Maggie C.Y. Tam, VM Roa Tummala "Group decision making in a multiple criteria environment: A case using AHP in software selection" European Journal of Operational Research, 137 ,134-144,2002
- 17-Saaty, T.L.,*Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill,New York,1980
- 18- *Expert choice manual*, expert choice 2000