



مرکز ملی باوردهای علمی و فناوری

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی

«باسمه تعالی»

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

وحید عبدالله زاده<sup>۱</sup>

دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف

[Vahid1079@yahoo.com](mailto:Vahid1079@yahoo.com)

### چکیده

بنادر در سیستم حمل و نقل هر کشوری نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند به طوری که از آن‌ها به عنوان 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. انجام این ماموریت در گرو وجود تجهیزات مناسب و کارآمد آن‌ها است. این تجهیزات بایستی به گونه‌ای 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

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف

یکی از کاربردی ترین روش‌ها در تجزیه و تحلیل مسایل پیچیده تصمیم‌گیری است. این روش، روشی کمی برای اولویت بندی گزینه‌های مورد تصمیم‌گیری در محیط‌های چند معیاره به شمار 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 هم چنین امکان به کارگیری آن در تصمیم‌گیری گروهی دو مورد از ویژگی‌های مهم این روش به شمار می‌رود. در این تحقیق با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتب گروهی، مدلی طراحی شده که تصمیم‌گیرندگان و ارزیابی کنندگان فروشندگان تجهیزات خشکی بنادر را در انتخاب بهترین تجهیز یاری رساند.

#### ۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسایل سازمان‌های تخصصی تامین تجهیزات عملیاتی آنهاست. کیفیت عملیات و به دنبال آن کیفیت محصول ارایه شده توسط سازمان‌ها ارتباط مستقیم با کیفیت تجهیزات آنها داشته و همواره مورد توجه ارایه کنندگان کالا و خدمات بوده است. صنعت حمل و نقل دریایی نیز به عنوان یکی از ارزان‌ترین روش‌های حمل و نقل از این امر مستثنی نبوده و همواره متولیان این صنعت در جهت ارتقا کیفیت عملیات و الزامات آن از قبیل تجهیزات حمل و نقل و تخلیه-بارگیری و غیره بوده اند. در این مقاله ابتدا در قسمت اول به بررسی تجهیزات بندری پرداخته و در قسمت دوم تجهیزات گنتری کرین به عنوان 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 ارایه خواهد شد.

## ۲- تجهیزات بندری

ایجاد تحولات و تغییرات ضروری در زمینه افزایش ظرفیت‌ها، تسهیلات و تجهیزات مدرن بندری مساله‌ای است که در دهه اخیر توجه برنامه ریزان را به خود جلب کرده است به طوری 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 کشتی‌های 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 درست و منطقی را بین امکانات و تسهیلات خود با ویژگی‌ها و نیازهای این نوع کشتی‌ها برقرار نمایند. در غیر این صورت در آینده‌ای نه‌چندان دور بنداری 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 بندار به طور اعم به سه دسته تقسیم می‌شوند:

### ۱-۲- 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.

به طور 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 برعکس.

(۳) تجهیزاتی که در محوطه‌ها و انبارهای بندری، کالاهای عمومی را دپو کرده صفافی<sup>۲</sup> می‌نماید و به علاوه آن‌ها را روی وسایل حمل مثل کامیون، واگن جهت خروج از بندر بارگیری کرده و یا از وسایل حمل تخلیه و در محوطه های بندری جهت بارگیری به کشتی قرار دهد.

پردازش اسکله‌ها به این تجهیزات، علاوه بر این که سرعت تخلیه و بارگیری را در مقایسه با تجهیزات تخلیه و بارگیری کشتی افزایش می‌دهد، موجب می‌شود تا کالا از وابستگی به جرثقیل کشتی که به طور معمول 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

<sup>۲</sup> چیدن بار در بندر

تجهیزات دریایی تعریف شده است سرویس دهی به کشتی های مراجعه کننده به بندر است.

### ۲-۳- تجهیزات مخابراتی

این تجهیزات به طور عمده جهت اطلاع رسانی و برقراری ارتباط با کشتی ها (پیام های ایمنی، اطلاعات هواشناسی و غیره)، ضبط و نگهداری مکالمات کشتی ها، ارسال و دریافت پیام به صورت کامپیوتری نصب و راه اندازی می شوند.

### ۳- اهمیت تصمیم گیری در مورد تجهیزات بنادر

یکی از مهم ترین مسائلی که در بنگاه های خدمت رسانی به عنوان مساله ای رقابتی مطرح می شود مساله رضایت مشتری است. رضایت مشتری رابطه مستقیم با کیفیت خدمت ارائه شده و رابطه عکس با هزینه آن دارد. یکی از عواملی که در کیفیت خدمات تخلیه و بارگیری ارائه شده توسط سازمان های متولی تخلیه و بارگیری تاثیر می گذارد تجهیزات بنادر است و از بین تجهیزات بنادر، تجهیزات مربوط به خشکی رابطه تنگاتنگی با امر تخلیه و بارگیری دارند. همین مساله اهمیت و لزوم تمرکز بیشتر بر روی تجهیزات بندری و به ویژه تجهیزات خشکی را آشکار می سازد.

### ۴- تجهیزات گنتری کرین

حمل و نقل کانتینری به علت هزینه پایین حمل و نقل کالا یکی از روش های حمل و نقل برجسته در دو دهه اخیر به شماررفته و پیش بینی می شود در ادامه ی 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 می توان به کشتی های 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 کشتی‌های کانتینری طراحی شده جرثقیل‌های کانتینری نیز به گونه‌ای طراحی شده‌اند که پاسخ‌گوی نیازهای این کشتی‌ها باشند.

## ۵- مبانی نظری

### ۵-۱- روش AHP

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

- ۱) برپایی یک ساختار سلسله مراتبی برای مساله.
- ۲) برقراری ترجیحات از طریق مقایسه‌های زوجی (به صورت نرخ نهایی جانشینی).
- ۳) برقراری سازگاری منطقی از اندازه‌گیری‌ها.

یکی از مزایای روش AHP محاسبه ناسازگاری تصمیم‌گیری‌ها است که به صورت

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 ارایه شده به آن‌ها و هم چنین

حالت‌های روحی آن‌ها بستگی دارد به طور معمول در قضاوت‌ها ناسازگاری وجود دارد. با استفاده از بردار ویژه، یک اندازه‌گیری طبیعی از میزان ناسازگاری ( $CI$ ) اطلاعات موجود در ماتریسی مانند  $A$  به صورت 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، به طوری که  $RI$  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

$m$	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
$RI$	۰,۰	۰,۰	۰,۵۸	۰,۹	۱,۱۲	۱,۲۴	۱,۳۲	۱,۴۱	۱,۴۵	۱,۴۹

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

بنا به توصیف ساعتی چنان چه  $CR \leq 0.1$  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)<sup>۳</sup>.  
در این حالت با استفاده از ماتریس‌های منفرد، ماتریس تصمیم‌گیری گروهی تشکیل می‌شود. دارایی‌های این ماتریس ( $a_{ij}^G$ ) از طریق میانگین هندسی موزون دارایی‌های ماتریس‌های منفرد به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

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

به طوری که  $\beta_K$  و  $a_{ijK}$  به ترتیب معرف میزان اهمیت و تاثیرگذاری تصمیم‌گیرنده K ام و داربه ماتریس مقیاس‌های منفرد تصمیم‌گیرنده K ام می‌باشند.

۲) تلفیق اولویت‌های ایجاد شده توسط تصمیم‌گیرندگان برای آلترناتیوهای مختلف (AIP)<sup>۴</sup>.

در این حالت ابتدا از ماتریس‌های قضاوت منفرد، وزن‌های 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

<sup>۳</sup>- Aggregation of Individual Judgement

<sup>۴</sup>- Aggregation of Individual Priorities

برای هر آلترناتیو، وزن اولویت گروهی آلترناتیو ( $W_i^G$ ) به دست می‌آید که به صورت زیر می‌باشد:

(۳)

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

به طوری که  $\beta_K$  معرف میزان و اهمیت تاثیرگذاری 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 مسوولیت خود

تاثیرات متفاوتی بر تصمیم نهایی می‌گذارد ( $\beta_K$ ). به علاوه فرض می‌شود  $\sum_{K=1}^n \beta_K = 1$  است.

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 هم چنین ناسازگاری‌های هریک از ماتریس‌ها و ناسازگاری کلی تصمیم‌گیری به طور دقیق مانند روش AHP پایه صورت می‌گیرد [۵].

## ۶- مرور ادبیات

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. به طوری که این تکنیک در حال حاضر قابل پیاده شدن در تصمیم‌گیری‌های گروهی نیز می‌باشد. مقاله‌های متعددی در زمینه نقص‌ها و کمبودها و گاه رد روش تحلیل فرایند سلسله مراتب منتشر شده است و انتقادهای زیادی در مورد

آن وجود دارد، عمده‌ترین ایرادی که برای این روش گرفته می‌شود پدیده عکس پذیری اولویت‌ها<sup>۵</sup> است به این صورت که اگر شرایط AHP به گونه‌ای تغییر یابد که آلترناتیو و یا معیاری خنثی (دارای ارزشی به طور کامل برابر با یکی از آلترناتیوها و یا معیارهای موجود) به مدل اضافه شود ترتیب اولین و دومین آلترناتیو، عکس خواهد شد. در این زمینه همواره دو دیدگاه وجود دارد اولین دیدگاه مربوط به متخصصین اقتصاد و رفتارشناسی است که معتقد به پدیده عکس پذیری اولویت‌ها در تصمیم‌گیری بوده و آن را جزو لاینفک تصمیم‌گیری می‌شناسند و دیدگاه دوم مربوط به متخصصین تحقیق در عملیات و تیوری مطلوبیت می‌باشد که پدیده عکس پذیری آلترناتیوها را از نواقص روش AHP به شمار می‌آورند. ساعتی معتقد است که روش خوب روشی است که در شرایطی که نیاز به عکس پذیری 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>۶</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 این روش وجود دارد این است که هیچ کدام از منتقدین این روش نتوانسته‌اند روشی جایگزین این روش به طوری که در دنیای واقعیت با در نظر گرفتن پیچیدگی‌های چنین مسایلی، قابل پیاده سازی باشد ارائه دهند. به علاوه 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 مساله تصمیم‌گیری و بسیاری مسایل دیگر می‌باشد

<sup>۵</sup> Rank reversal

<sup>۶</sup> Ideal mode

که در ذیل و به صورت مختصر، به آن‌ها اشاره می‌شود.

Forman, Dyer ادعا کردند که AHP وقتی در تصمیم‌گیری گروهی به کار 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 روی هدفها به جای گزینه‌های انتخاب.

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

Sousk, Bard هم چنین عنوان کردند که "از دیدگاه ایجاد توافق، AHP شکل قابل حصولی از اطلاعات را فراهم کرده و روشی منطقی برای ترکیب قضاوت‌ها ارائه می‌دهد. تاثیر قضاوت‌های فردی به سادگی از طریق محاسبه اعمال شده و به سرعت قابل تجدید نظر است.

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

فایرمن و دیر<sup>۷</sup> معتقدند که AHP روش مناسب برای تصمیم‌گیری گروهی بوده و می‌تواند در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری گروهی کاربرد داشته باشد. آن‌ها ابراز داشته‌اند که AHP می‌تواند تصمیم‌گیرندگان گروهی در ساختار بندی مسایل پیچیده و نیمه ساختار یاری کرده و روشی برای اندازه‌گیری میزان مطلوبیت تصمیم‌گیری و

<sup>۷</sup> Firman, Dyer

روشی ترکیبی برای معیارهای محسوس و نامحسوس با توجه به اهداف متعددی که جزو ذات هر مساله تصمیم‌گیری است ارایه نماید [۸].

روش AHP در تصمیم‌گیری گروهی در موارد متعددی به کار 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 با روش قبلی نشان می‌دهد. هم چنین 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 ر ا به علت هزینه سرمایه‌گذاری 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 می‌باشد که در آن با در نظر گرفتن معیارهای مختلف پس از طراحی سلسله مراتب مناسب و انجام مقایسه‌های زوجی سطوح اولیه و امتیازدهی مستقیم آترناتیوها 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 تعدادی از معیارهای اصلی را در سه دسته مالی، فنی و عملیاتی تقسیم کرده‌اند.

#### ۷-۱- معیارهای استراتژیک

دسته بندی عنوان شده در اغلب تصمیم‌گیری‌ها برای انتخاب تجهیزات به کار می‌رود. در مساله مورد مطالعه ما کیفیت عملیات ارتباط مستقیم با مسایل فنی و اجزای تشکیل دهنده آن دارد. بر اساس اصل وابستگی به گونه‌ای که پیش‌تر اشاره شد لازم است تا شاخه‌های مختلف سلسله مراتب طراحی شده مستقل از هم دیگر بوده و هر معیار با معیارهای سطح فوقانی خود ارتباط داشته باشد، به این نتیجه رسیدیم که اگر کیفیت عملیات به عنوان یک معیار استراتژیک در کنار سایر معیارهای استراتژیک در سطوح بالاتر قرار گیرد نیازهای مساله مورد بررسی را تا حد امکان برآورد خواهد کرد. هم چنین یکی از محدودیت‌های هر سازمان و بنگاه تجاری منابع موجود آن است و همواره سعی در جهت بهره‌برداری بهینه از این منابع و جزو هدف‌ها و فعالیت‌های هر

سازمان و یا بنگاه تجاری به شمار می‌آید. به این 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 دهنده‌ی مسایل مالی تجهیز می‌باشند. هزینه‌های تجهیزات به طور عمده به هزینه‌های حال و آینده تقسیم‌بندی می‌شوند هزینه‌های حال شامل هزینه‌های اولیه‌ای می‌باشد که در بدو تامین تجهیز وجود دارد که به نحو عمده شامل هزینه‌های تامین و نصب تجهیزات بوده و هزینه‌های آینده شامل هزینه‌هایی هستند که ناشی از عملیات سیستم می‌باشند که به عنوان مثال هزینه نگهداری و تعمیرات و غیره از این قبیل هستند.

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

همان گونه که در قسمت قبل عنوان شد، یکی از مهم‌ترین معیارهای استراتژیک در انتخاب تجهیزات کیفیت عملیات است. کیفیت عملیات تجهیزات به طور عمده به مسایل قبل از شروع به عملیات تجهیز بستگی دارد و لازم است تا مورد توجه خاص قرار گیرد. معیار کیفیت عملیات در بر گیرنده زیر معیارهای متعددی می‌باشد که به طور 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 به نحو عمده‌ای 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 امکان پذیر نخواهد بود. در این معیارها حداقل استانداردها باید رعایت شود

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

معیارهایی که مربوط به اجزا و قسمت‌های جانبی تجهیز می‌شوند. این قسمت‌ها به عنوان پشتیبان عملیات اصلی تجهیز به شمار می‌آیند و امکان بهره‌برداری از تجهیز را فراهم می‌سازند.

#### 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.

#### 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 اجزا اصلی تجهیز تقسیم و هریک از اجزا اصلی نیز به اجزا تشکیل دهنده خود تقسیم بندی شدند. تیم تصمیم‌گیری معتقد بودند که تجهیزات گنتری کرین با اجزا تشکیل دهنده مشترک نیاز به ارزیابی در شاخه‌های مختلف ندارند و خصوصیات مشترکی بر آن‌ها حاکم است به همین دلیل تیم تصمیم‌گیرندگان به این نتیجه رسیدند که معیار طراحی و مهندسی به دو زیر معیار طراحی و اجزا اصلی تقسیم شوند. به این ترتیب معیارهایی که مربوط به ماهیت محاسباتی و طراحی سیستم می‌شوند در دسته مربوط به طراحی و اجزا مشترکی که در همه زیر بخش‌های تجهیز قرار دارند و توسط فروشنده از تامین کنندگان 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 که یکی از آن‌ها استفاده از نظر سنجی و عقاید افراد متخصص در این زمینه و

دیگری مراجعه به امتیازهای اعمال شده در مطالعات قبلی در رابطه با معیارها توسط کارشناسان و متخصصین تجهیزات خشکی بود. به علت سادگی و زمان کم‌تر از روش دوم برای حذف برخی از معیارهای دارای اهمیت پایین استفاده گردید به این صورت که در مطالعات قبلی کارشناسان بسته به تجربه خود به هریک از معیارهای عملیاتی وزن و اهمیتی با مقیاس ۱ تا ۱۲ قایل می‌شدند. در چنین حالت نقطه ۳ (وزن و اهمیت ۳) به عنوان نقطه مرزی برای معیارها انتخاب گردید و با انجام این کار که به تقریب 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. به این ترتیب سلسله مراتب مربوط به تجهیزات گنتری کرین طراحی شد. که در ادامه درباره‌ی آن بحث می‌شود.

#### ۹- مطالعه موردی

مدل طراحی شده درخصوص یکی از خریدهای سازمان بنادر به عنوان نمونه پیاده شد. مساله مورد مطالعه شامل انتخاب فروشنده تجهیزات گنتری کرین بندر امام می‌شد که در آن چهار شرکت با ارایه 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 صورت گرفت.

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

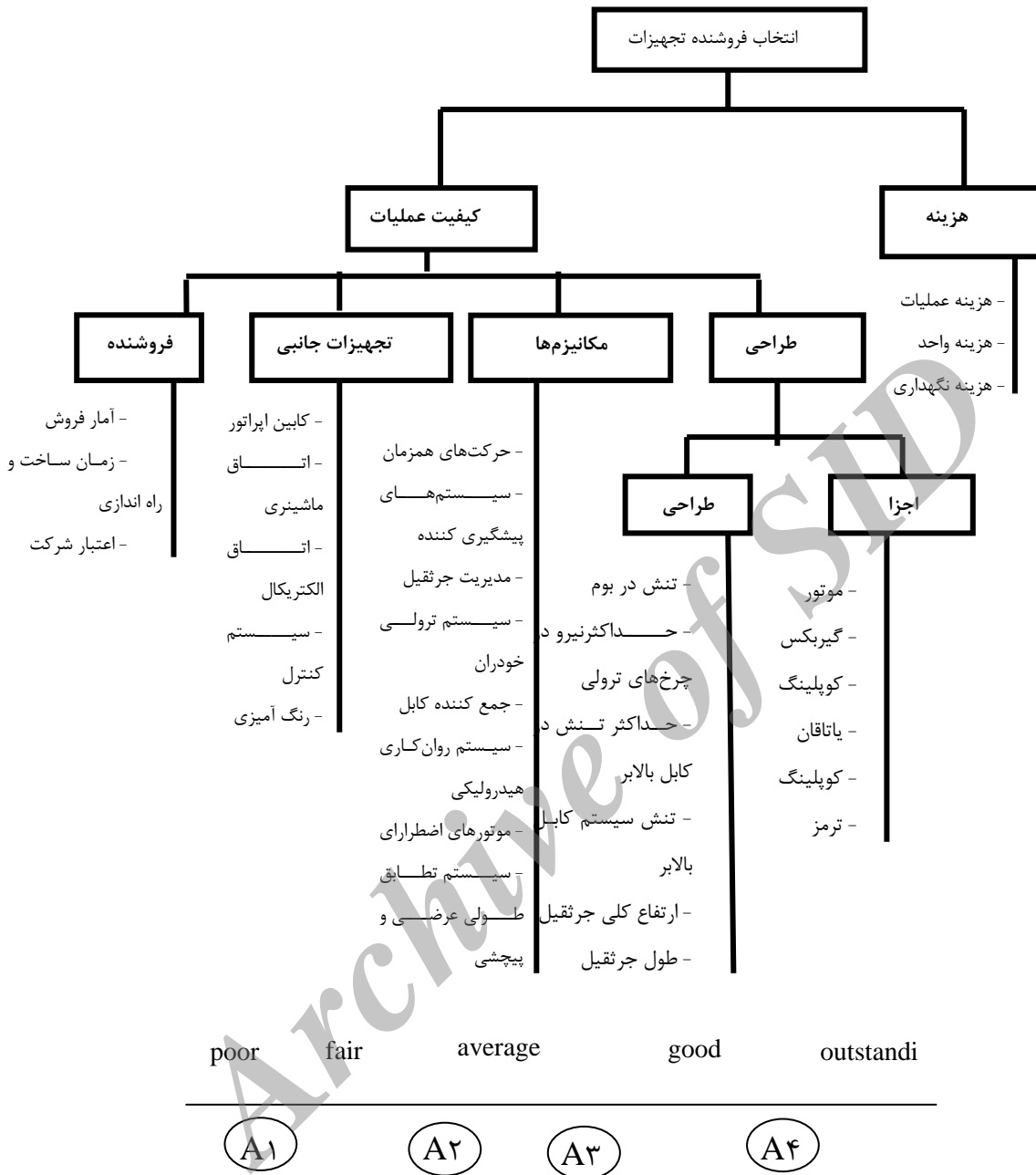
برای محاسبه میزان اهمیت تصمیم‌گیرندگان نیز می‌توان از روش AHP استفاده کرد به همین منظور می‌توان سلسله مراتبی از معیارهایی که برای ارزیابی

تصمیم‌گیرندگان و میزان تاثیر آنها اهمیت دارد از طریق خود گروه تصمیم‌گیری استخراج کرده و در طراحی سلسله مراتب مربوطه به کار برد.

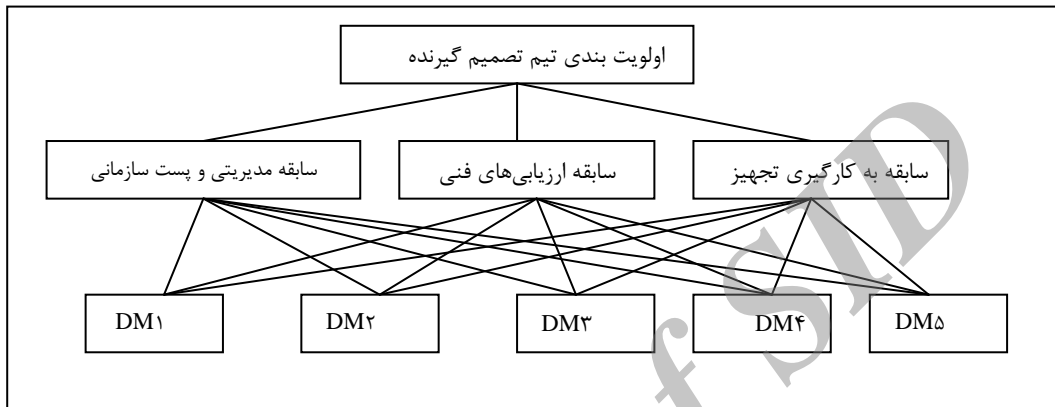
بر این اساس تیم تصمیم‌گیرنده معیارهایی نظیر سابقه مدیریتی، سابقه در انجام ارزیابی‌های فنی، پست سازمانی و سابقه به کارگیری تجهیزات در زمان عملیات آنها را مطرح کرده و تیم تصمیم‌گیرنده نسبت به هر یک از موارد عنوان شده مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند.

سلسله مراتب تشکیل شده برای ارزیابی تیم تصمیم‌گیرنده به قرار شکل زیر است. در این سلسله مراتب معیارهای پست سازمانی و سوابق مدیریتی باهم تلفیق شده‌اند و در نهایت سه معیار برای ارزیابی تصمیم‌گیرندگان به کار گرفته شده است.

Archive of SID



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 و جزئیات نتایج ارزیابی‌های وزن‌های تصمیم‌گیرندگان در ضمیمه ارایه شده است.



### سلسله مراتب ارزیابی تیم تصمیم‌گیری

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

### وزن اهمیت اعضای تیم تصمیم‌گیری

### ۹-۲- مقایسه‌های زوجی و محاسبات

تیم تصمیم‌گیرنده در طی دو جلسه ۱/۵ ساعته مقایسه‌های زوجی توافقی خود را در پرسشنامه‌هایی که به این منظور طراحی شده بود ارایه 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 سلسله‌مراتبی داشته و نیز قادر بود تا از نرم‌افزار expert choice به خوبی استفاده کند. این فرد در تصمیم‌گیری و قضاوت‌ها شرکت نکرده و فقط تیم را در به کارگیری روش AHP یاری می‌رساند. پس از این که قضاوت‌های زوجی انجام گرفت تجهیز کننده تیم قضاوت‌ها را در نرم‌افزار expert choice اعمال کرده و نتایج به صورت جداول ذیل ارائه شد. 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.

#### ناسازگاری بهبود یافته تصمیم‌گیرندگان

تصمیم‌گیرنده	DM۱	DM۲	DM۳	DM۴	DM۵	combined
ناسازگاری	۰,۰۹	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۹	۰,۰۷

#### وزن اولویت‌های فنی شرکت‌ها

اولویت	گزینه	وزن	وزن تجمعی
۱	A۱	۰,۳۵۲	۰,۳۵۲
۲	A۳	۰,۲۱۸	۰,۶۷۰
۳	A۲	۰,۲۱۶	۰,۷۸۶
۴	A۴	۰,۲۱۴	۱

همان گونه که مشاهده می‌شود گزینه A1 با ۰,۳۵۲ امتیاز در رتبه اول، A۳ در رتبه دوم، A۲ و A۴ در اولویت‌های سوم و چهارم فنی قرار دارند. از بین اعضای تیم تصمیم‌گیری نفر معتقد بودند که کیفیت عملیات دارای اهمیت بیشتری نسبت به هزینه‌ها است ولی به طور کلی تیم تصمیم‌گیرنده معتقد بودند که معیار هزینه اهمیت بیشتری نسبت به معیار کیفیت عملیات دارد. دلیل این امر تعیین الزام‌ها 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.

#### وزن اولویت‌های فنی و مالی شرکت‌ها

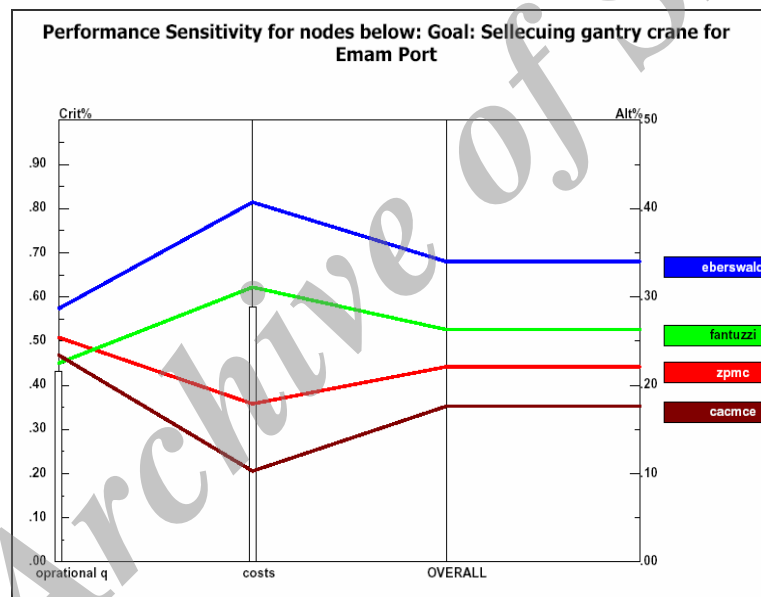
اولویت	نام شرکت	وزن	وزن تجمعی
۱	A1	۰,۳۴۰	۰,۳۴۰
۲	A4	۰,۲۶۳	۰,۶۰۳
۳	A2	۰,۲۲۱	۰,۸۲۴
۴	A3	۰,۱۷۶	۱

با در نظر گرفتن معیار قیمت واحد در محاسبه‌های مربوط به اولویت‌های گزینه‌ها که 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 چارم 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 پائینی برای سازمان خواهد داشت.

در این ارزیابی حالتی که کیفیت پایین و هزینه بالا باشد به چشم نمی‌خورد.

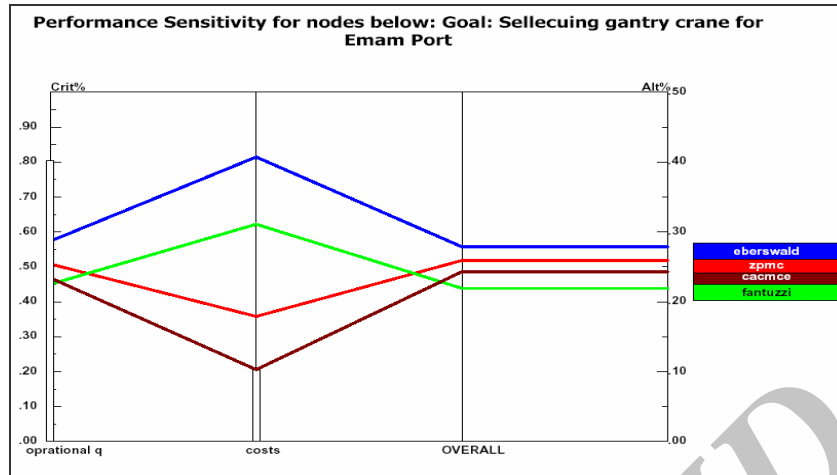
### ۳-۹- تجزیه و تحلیل حساسیت

تجزیه و تحلیل حساسیت برای مساله عنوان شده با در نظر گرفتن تغییر در وزن و اهمیت فعلی معیارهای استراتژیک صورت می‌گیرد. همان گونه که از نمودارهای زیر پیداست تصمیم گیرندگان به طور 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 حالتی که معیارهای فنی دارای اهمیت بیشتری باشند طی نمودارهای ذیل نشان داده شده است:



نمودار ۲- وزن‌های اصلی معیارها





نمودار ۳- وزن‌های تغییر یافته اولویت‌ها

همان طور 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 A۱ تغییر نیافته ولی گزینه A۲ از اولویت سوم به اولویت دوم و شرکت CACMCE از اولویت چهارم به اولویت سوم تغییر محل خواهد یافت و شرکت A۴ از اولویت دوم به اولویت چهارم تغییر خواهد کرد. در این حالت مشاهده می‌شود که اولویت گذاری شرکت‌ها به تقریب شبیه اولویت‌های فنی محاسبه شده در قسمت‌های قبلی است.

### ۱۰- نتایج

به طور کلی نتیجه می‌شود گزینه A۱ دارای تناسب مورد قبولی از کیفیت و هزینه می‌باشد که به عنوان بهترین گزینه انتخاب شده است و نیز در مورد گزینه A۳ می‌توان نتیجه گرفت که قیمت زیادی نسبت به کیفیت تجهیز ارایه شده است. به این ترتیب

نتیجه می‌شود که بهترین گزینه با در نظر گرفتن تمامی معیارها و شرایط گزینه A1 می‌باشد.

## منابع و ماخذ

- 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، شبیه سازی سیستم‌های گسسته پیش‌آمد، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰.
- ۴- مرکز تحقیقات سازمان بنادر، استاندارد تجهیزات بنادر کشور، سازمان بنادر و کشتی رانی، ۱۳۷۹.
- ۵- Xu, Z.. , "On consistency of the weighted geometric mean complex judgement matrix in AHP." *European Journal of Operational Research* ۱۲۶, ۶۸۳-۶۸۷, ۲۰۰۰.
- ۶- M.T. Escobar, J. Aguar o on, J.M. Moreno-Jimenez, " A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure", *European Journal of Operational Research*, ۱۴۵ (۲), ۳۸۲-۳۹۳, ۲۰۰۳.
- ۷- Saaty, T.L., *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, ۱۹۹۵.
- ۸- Maggie C.Y. Tam a , V.M. Rao Tummala, "An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system", *Omega* ۲۹ , ۱۷۱-۱۸۲, ۲۰۰۱.
- ۹- Liberatore MJ, Nydick RL, Sanchez PM. "The evaluation of research

papers (or how to get an academic committee to agree on something)."  
Interfaces ۲۲(۲), ۹۲-۱۰۰, ۱۹۹۲

- ۱۰-Forman EH, Saaty TL, Selly MY, Waldron R. ,Expert choice, McLean, VA: Decision Support Software, ۲۰۰۰
- ۱۱-Dickson GW." An analysis of vendor selection systems and decisions." Journal of Purchasing ۲, ۵-۱۲, ۱۹۶۶
- ۱۲-Reymond Mcleod, Jr. Management Information Systems,prentice hall,inc, ۱۹۹۸.
- ۱۳-Narasimahn R. "An analytical approach to supplier selection." Journal of Purchasing and Materials Management ۱۹ (۴), ۲۷-۳۲ ۱۹۸۳
- ۱۴- Nydick RL, Hill RP. "Using the analytic hierarchy processto structure the supplier selection procedure." Journal of Purchasing and Materials Management ۲۵(۲), ۳۱-۳۶, ۱۹۹۲
- ۱۵-۱۸-Ching-Lia Hwang, Ming-Leng Lin,Lecture notes in economics & mathematical systems-Group decision making under multiple criteria, spriger-verlag berlin Heidelberg, ۱۹۸۷.
- ۱۶-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, ۱۳۷, ۱۳۴-۱۴۴, ۲۰۰۲
- ۱۷-Saaty, T.L.,Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill,New York, ۱۹۸۰
- ۱۸- Expert choice manual, expert choice ۲۰۰۰.