

کاربرد روش آنالیز سلسله مراتبی در محیط فازی برای ارزیابی عملکرد بنادر

منصور کیانی مقدم^۱

^۱دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

علیرضا موذن جهرمی^{۱*}

حسین کریمیان^۲

^۲دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

ارزیابی و تصمیم گیری در مورد مسایل چند معیاره همواره ذهن بشر را به خود مشغول کرده است. معیارهای فراوان و با ماهیت‌های مختلف که بعضاً نظرات شخصی افراد متخصص ارجحیت آنها را بر یکدیگر مشخص می‌کند، هر ارزیابی را به سمت استفاده از روش‌های علمی و دقیق سوق می‌دهد. بنادر به عنوان سازمان‌هایی که ارزیابی عملکردشان بستگی به عوامل زیاد و متنوعی دارد نیز نیازمند روش علمی مناسبی برای ارزیابی عملکرد خود هستند. در این تحقیق برای نشان دادن کاربرد روش سلسله مراتبی در محیط فازی برای ارزیابی عملکرد بنادر سه بندر چابهار، بوشهر و شهید رجایی - بندرعباس بعنوان بنادر نمونه کاوی مورد ارزیابی و رتبه بندی قرار گرفته‌اند. معیارهای در نظر گرفته شده در این تحقیق از بررسی دقیق ادبیات موضوع و انجام مصاحبه با افراد متخصص امر بدست آمده‌اند. در مدل تدوین شده بر اساس روش سلسله مراتبی در محیط فازی، معیارهای اصلی، زیرشاخصه‌ها و گزینه‌های مورد ارزیابی سطوح مختلف نمودار سلسله مراتبی را تشکیل می‌دهند. پس از تحلیل و بررسی اوزان نسبی معیارهای اصلی و زیرشاخصه‌ها، بنادر شهید رجایی - بندرعباس، بوشهر و چابهار به ترتیب با وزن‌های نسبی ۰/۵۶۰۵ و ۰/۲۷۶۵ و ۰/۱۶۳۰ به عنوان بنادر با عملکرد بهتر معرفی شده‌اند. وزن‌های نسبی بدست آمده از روش سلسله مراتبی در محیط فازی برای شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و بنادر مورد ارزیابی نقاط ضعف و قوت نسبی بنادر مذکور را به عنوان نمونه کاوی بخوبی نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: ارزیابی عملکرد بنادر - روش سلسله مراتبی در محیط فازی

*

Corresponding author

E-mail address: Moazzenjahromi_alireza@yahoo.com

Postal Address: Chabahar Maritime University

University Avenue, Chabahar ۹۹۷۱۷ ۵۶۴۹۹, Iran

۱- مقدمه

ارزیابی عملکرد بنادر و یا ارزیابی کلی از آنها معمولاً در محیط های رقابتی مرسوم است. وجود گزینه های گوناگون برای شرکت های مختلف کشتیرانی به عنوان یکی از مهمترین مشتریان بنادر و همچنین فرستندگان و گیرندگان کالا، ارزیابی عملکرد بنادر را امری ضروری جلوه می دهد. مدیران بنادر نیز با استفاده از روش های علمی ارزیابی می توانند در تعیین نقاط ضعف و قوت بنادر و تقویت و از بین بردن آنها، بسیار موفق تر عمل کنند. رتبه بندی بنادر و تعیین جایگاه بنادر از دیدگاه های مختلف، هر چند با شرایط رقابت یکسان نباشند در شناخت نقاط ضعف و قوت بنادر بسیار مؤثر است. با توجه به اینکه بنادر از جمله سازمان هایی هستند که در موارد گوناگون عملیاتی، مشتری مداری، مالی و غیره قابل ارزیابی هستند و عوامل و شاخص های بسیار گوناگونی در ارزیابی آنها دخیل هستند، استفاده از روش های تصمیم گیری و ارزیابی چند معیاره یکی از مناسب ترین راه های ممکن بنظر می رسد.

با توجه به ضرورت وجود یک روش ارزیابی مناسب و علمی برای ارزیابی عملکرد بنادر توسط مدیران و سازمان هایی مانند سازمان بنادر و دریانوردی، که وظیفه ی برنامه ریزی، نظارت و اداره ی بنادر در سطوح مختلف را بر عهده دارد، رقابتی نبودن بنادر در ایران هرگز نمی تواند مانع استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره برای ارزیابی آنها گردد. هر چند با نگاهی به سوابق تحقیقات انجام شده در این زمینه، واضح است که بناداری که در محیط رقابتی قرار دارند بیشتر با این نوع روش ها از قبیل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۱ مورد ارزیابی و مقایسه قرار می گیرند. در نظر گرفتن معیارهای خاص و محدود مسلماً ارزیابی صحیحی از عملکرد کلی بنادر را بدست نمی دهد. برای مثال بررسی بنادر تنها از نظر مالی که شامل مواردی چون سوددهی بنادر، توانایی در پرداخت بدهی و یا بازگشت سرمایه ی آنها می شود، هرگز نمی تواند بیانگر عملکرد کلی بنادر باشد. عوامل بسیار متعدد دیگری نیز در ارزیابی بنادر دخیل هستند که بررسی تأثیر همه ی عوامل، ارزیاب را به استفاده از روش های چند معیاره ترغیب می نماید.

Tongzon (۲۰۰۵) فاکتورهای تأثیر گذار در انتخاب بنادر جنوب شرقی آسیا که در مناطق صنعتی مالزی، سنگاپور و تایلند قرار دارند را تعداد و تناوب مراجعات کشتی به بندر، بهره وری بنادر، زیرساخت های مناسب، موقعیت بندر، هزینه های بندر، پاسخ سریع بندر به نیازهای مشتریان و سابقه ی بندر در خسارات وارده به کالاها معرفی می کند. **Su** و دیگران (۲۰۰۳) برای درک جایگاه رقابتی بنادر و ارزیابی آنها مقایسه ی بنادر با بنادر دیگر به عنوان بنادر رقیب را پیشنهاد کرده اند. آنها در تحقیق خود از ابزار مدیریتی **Balanced Scorecard** که سیستمی مناسب و پرکاربرد برای ارزیابی عملکرد یک مجموعه است، استفاده کرده اند.

^۱ Analytic Hierarchy Process

Yeo و Song (۲۰۰۴) بنادر کانتینری چین را مورد ارزیابی و مقایسه قرار داده‌اند. آنها بنادر کانتینری چین را از نظر رقابتی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و با تعریف فاکتورهای تأثیرگذار در رقابت بنادر مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

Tai و Hwang (۲۰۰۵) در تحقیق خود چهار بندر کائوشینگ از تایوان و شانگهای، یانتیان و هنگ‌کنگ از چین را با توجه به فاکتورهای مهم و اطلاعات و داده‌های آماری موجود، با استفاده از تئوری **Gray Decision** مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نهایتاً بندر هنگ‌کنگ در رده بندی انجام شده رتبه‌ی اول را به خود اختصاص داده است و بندر کائوشینگ جایگاه دوم را دارد.

Guy و Urly (۲۰۰۶) بنادر مونترال و نیویورک، واقع در شمال شرقی آمریکای شمالی را به عنوان دو گزینه‌ی قابل انتخاب توسط خطوط کشتیرانی مورد بررسی قرار داده‌اند. پس از اعمال تکنیک سلسله مراتبی، بندر پیشنهادی به کشتی‌ها بندر نیویورک معرفی شده است. پیشنهادهای نیز برای بندر مونترال جهت رقابت با رقیب خود و بهبود عملکرد آن ارائه گردیده است.

۱- معیارهای ارزیابی عملکرد بنادر

با توجه به مطالعات انجام شده در ادبیات تحقیق این موضوع و انجام مصاحبه‌های حضوری با افراد متخصص امر اعم از مدیران بنادر جنوبی ایران، پرسنل مجرب شرکت‌های کشتیرانی و اشخاص آکادمیک فاکتورهای ارزیابی زیر برای رتبه بندی و ارزیابی عملکرد بنادر در این تحقیق، به عنوان شاخص‌های اصلی در نظر گرفته شده‌اند.

CS: دیدگاه رضایت مشتریان (Customer Satisfaction) که شامل زیرشاخصه‌های زیر می‌شود.

• CR: توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان (Customer Retention).

• PC: هزینه‌های بندر (Port Charges).

• A&I: خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر (Administration & Information Service).

• SD: مناسب بودن اسکله‌ها و داشتن عمق آب مناسب (Suitable Draft).

IP: دیدگاه عملکرد درونی (Internal Performance) بندر که شامل زیر شاخصه‌های زیر می‌شود.

• SA: فعالیت و مساحت انبارها (Store Area).

• L&D: آمار تخلیه و بارگیری (Loading & Discharging).

• T: زمان حضور کشتی در بندر (Waiting & Service Time).

PR: دیدگاه ارتباطات بندر (Port Relations) که شامل دو زیرشاخصه‌ی زیر می‌شود.

• CC: ارتباط بندر با شهر بندر (Port-City Connections).

• CN: شبکه راه‌های ارتباطی با شهرهای مهم اطراف (Connection Network).

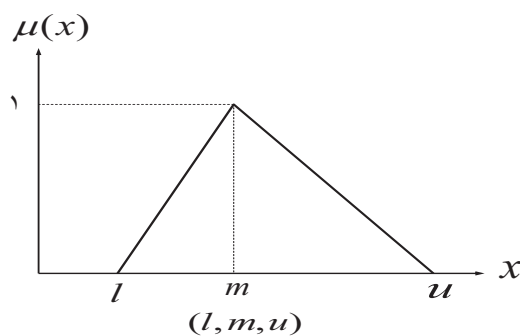
۲- مجموعه‌های فازی و اعداد فازی

تئوری مجموعه‌های فازی اولین بار توسط پروفیسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ مطرح گردید. لطفی زاده با این تئوری، عدم قطعیت ناشی از ابهامات تفکرات انسان را بیان نمود. اصلی‌ترین حسن این تئوری توانایی ارائه‌ی داده‌هایی است که غیر قطعی هستند. همچنین این روش قادر به بکارگیری عملگرهای ریاضی در حوزه‌ی داده‌های فازی نیز هست (صنّعی منفرد و فیض، ۱۳۸۰).

کاربرد مجموعه‌های فازی در مسائل تصمیم‌گیری یکی از مهم‌ترین و کارآمدترین کاربردهای این تئوری در مقایسه با تئوری مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد. در واقع تئوری تصمیم‌گیری فازی تلاش می‌کند که ابهام و عدم قطعیت‌های ذاتی موجود در ترجیحات، اهداف و محدودیت‌های موجود در مسائل تصمیم‌گیری را مدل کند (Kahraman و دیگران، ۲۰۰۹).

تعلق یا عضویت یک عضو به یک مجموعه مفهومی کاملاً قطعی و دقیق است. بنابراین یک شی یا عضو یک مجموعه است و یا نیست. پس تابع عضویت فقط می‌تواند دو مقدار ۰ و ۱ را داشته باشد. به منظور توصیف تغییرات تدریجی و اندک لطفی زاده درجات بین ۰ و ۱ و مفهوم عضویت درجه بندی شده را معرفی کرده است. برای این منظور تابع عضویت μ تعریف می‌شود که همواره مقادیری از بازه $[0,1]$ را شامل می‌شود (Zadeh, ۱۹۶۵).

یک عدد فازی به وسیله یک بازه از اعداد حقیقی که هر کدام یک درجه عضویت بین ۰ و ۱ را دارند مشخص می‌شود (Deng, ۱۹۹۹).



شکل (۱) نمایش عدد فازی مثلثی

اعداد فازی مثلثی بوسیله سه عدد حقیقی که به صورت (l, m, u) بیان می‌شوند، تعریف می‌گردد. یک عدد فازی مثلثی در شکل ۱ نشان داده شده است. m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است. آنها دارای تابع عضویتی هستند که شامل دو بخش خطی چپ و راست است که در راس $(m, 1)$ به هم متصل می‌شوند. نکته بسیار مهم آن است که اعداد فازی مثلثی بر اساس اطلاعات اندک ساخته می‌شوند و انجام عملیات چهارگانه نیز بر روی این اعداد آسان است و اغلب در مواردی مانند کنترلرهای فازی، تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، بازرگانی و مالی، مقایسات و ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همانطور که عملیات جبری جمع، ضرب، تفریق و تقسیم در مجموعه‌های کلاسیک بر روی اعداد صورت می‌پذیرد، در مجموعه‌های فازی نیز این عملیات چهارگانه بر روی اعداد فازی مثلثی صورت می‌گیرد. عملیات جبری متفاوتی را می‌توان برای اعداد فازی تعریف کرد. سه عمل مهم بر روی اعداد فازی که در این تحقیق بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، در زیر تعریف شده‌اند.

اگر اعداد فازی A و B را بصورت $A = (l_1, m_1, u_1)$ و $B = (l_2, m_2, u_2)$ تعریف کنیم، خواهیم داشت:

$$A + B = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad \text{جمع: (1)}$$

$$A \cdot B = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2) \quad \text{ضرب: (2)}$$

$$(l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \quad \text{معکوس: (3)}$$

برای جمع و ضرب اعداد فازی در محاسبات معمولاً بترتیب از علائم \oplus و \otimes بجای علامت‌های جمع و ضرب رایج استفاده می‌شود.

۳- روش آنالیز سلسله مراتبی در محیط فازی

تاکنون انواع مختلفی از روش‌های سلسله مراتبی در محیط فازی توسط محققین مختلف ارائه گردیده است. این روش‌ها در واقع روندهای سیستماتیکی هستند که بر اساس اصول تئوری مجموعه‌های فازی و آنالیز ساختار سلسله مراتبی در انتخاب گزینه‌ها و ارزیابی آنها بکار گرفته می‌شوند (اصغریور، ۱۳۸۸). Chang (۱۹۹۶) نوع خاصی از روش سلسله مراتبی در محیط فازی را که در آن از اعداد فازی مثلثی در مقایسات دوتایی استفاده می‌شود، معرفی کرده است.

یکی از مهمترین فواید استفاده از تئوری فازی قدرت آن در حل مسائل و مشکلات موجود در دنیای واقعی است. تحلیل سلسله مراتبی نیز یکی از تکنیک‌های حل مسائل چند معیاره است که سهولت نسبی آن در حل این نوع مسائل، آسان بودن فهمیدن روش و توانایی در حل مسائل کیفی و کمی از فواید این روش بشمار می‌آیند (Saaty, ۱۹۷۷). البته تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک هنوز نمی‌تواند نحوه تفکر انسان‌ها را منعکس کند، بنابراین بسط فازی این روش برای حل مسائل فازی مرتبه‌ای در نظر گرفته می‌شود. Kahraman و دیگران (۲۰۰۴) با هدف ایجاد یک مدل مؤثر برای ارزیابی و انتخاب بهترین شرکت ارائه دهنده سرویس‌های غذایی (Catering) در کشور ترکیه، به ارزیابی سه شرکت فعال در این کشور با استفاده از روش سلسله مراتبی در محیط فازی پرداخته‌اند. Ertugrul و Karakasoglu (۲۰۰۶) از روش سلسله مراتبی در محیط فازی برای انتخاب شرکت‌های تأمین کننده مواد خام کارخانجات نساجی استفاده نموده‌اند. با استفاده از این روش ابهام و تأثیرات نظرات شخصی که در تعیین رابطه‌های نسبی بین معیارها وجود دارد، بطور مشخصی در نظر گرفته می‌شود و نهایتاً تصمیم بهتر و مؤثرتری در این زمینه گرفته

خواهد شد. Celik و دیگران (۲۰۰۹) برای ایجاد یک مکانیسم تصمیم‌گیری کاربردی و مطمئن برای انتخاب شرکت‌های ثبت‌کننده کشتی‌ها، از روش سلسله‌مراتبی در محیط فازی بر پایه‌ی روش ارائه شده‌ی Chang (۱۹۹۶) استفاده کرده‌اند. آنها با توجه به تأثیر نظرات شخصی افراد و ابهام موجود برای تصمیم‌گیری از این روش استفاده کرده‌اند. Ertugrul و Karakasoglu (۲۰۰۹) یک مدل فازی را برای ارزیابی عملکرد شرکت‌ها با استفاده از اطلاعات و داده‌های مالی شرکت‌ها و با استفاده از قضاوت‌ها و نظرات شخصی تصمیم‌گیرندگان ابداع کرده‌اند. آنها از روش ابداعی خود برای ارزیابی عملکرد ۱۵ شرکت سیمان در کشور ترکیه و رتبه‌بندی آنها استفاده کرده‌اند. روش آنالیز توسعه‌ی Chang (۱۹۹۶) در ادامه به‌طور کامل ارائه شده و برای ارزیابی بنادر مورد نمونه‌کاوی در این تحقیق بکار گرفته شده است.

چنانچه $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ مجموعه اهداف و $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ مجموعه آرمان‌ها باشد، آنگاه بر طبق روش آنالیز توسعه‌ی چنگ با در نظر گرفتن هر هدف، آنالیز توسعه را می‌توان برای هر یک از آرمان‌ها (g_i) انجام داد. پس می‌توان به صورت زیر، مقدار آنالیز توسعه برای هر هدف داشت:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m \quad \text{where,}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

(4)

ماتریس ۱-۳ مقادیر آنالیز توسعه برای اهداف در روش سلسله‌مراتبی در محیط فازی

	آرمان ۱	آرمان ۲	...	آرمان m
هدف ۱	m_{g1}^1	m_{g1}^2	...	m_{g1}^m
هدف ۲	m_{g2}^1	m_{g2}^2	...	m_{g2}^m
...
هدف n	m_{gn}^1	m_{gn}^2	...	m_{gn}^m

که تمام M_{gi}^j ها عدد فازی مثلثی هستند که به صورت (l, m, u) بیان می‌گردند.

حال می‌توان مراحل آنالیز توسعه‌ی چنگ را به صورت زیر بیان نمود:

مرحله ۱. بدست آوردن بسط مرکب فازی برای هر هدف.

اگر $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$ ، مقادیر آنالیز توسعه i امین هدف به ازای m آرمان باشد، آنگاه بسط مرکب

فازی m آرمان برای i امین هدف، به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (5)$$

چنانچه $M_{gi}^j = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشد، آنگاه $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ به وسیلهی عملگر جمع فازی روی آنالیز توسعهی m آرمان، بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (l_{i1}, m_{i1}, u_{i1}) \oplus (l_{i2}, m_{i2}, u_{i2}) \oplus \dots \oplus (l_{im}, m_{im}, u_{im}) = (\sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{j=1}^m u_{ij}) = (l'_i, m'_i, u'_i) \quad (6)$$

همچنین برای بدست آوردن $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$ با اعمال عملگر جمع فازی، خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{j=1}^m u_{ij}) = (\sum_{i=1}^n l'_i, \sum_{i=1}^n m'_i, \sum_{i=1}^n u'_i) \quad (7)$$

بنابراین؛

$$\begin{aligned} S_i &= \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} \\ &= (l'_i, m'_i, u'_i) \otimes \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right) = \left(\frac{l'_i}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{m'_i}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{u'_i}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right) \\ &= (l_i, m_i, u_i) \end{aligned} \quad (8)$$

مرحله ۲. محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان پذیری) S_i بر S_k .

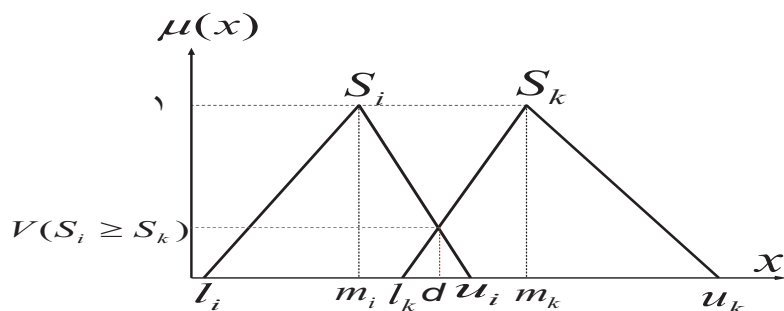
چنانچه $S_i = (l_i, m_i, u_i)$ و $S_k = (l_k, m_k, u_k)$ باشد، آنگاه درجه ارجحیت S_i بر S_k که با $V(S_i \geq S_k)$ نشان داده می‌شود، بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$V(S_i \geq S_k) = \text{SUP}_{x \geq y} (\min \{ \mu_{S_i}(x), \mu_{S_k}(y) \}) \quad (9)$$

که برای اعداد فازی مثلثی معادل با رابطه زیر است:

$$V(S_i \geq S_k) = \mu_{S_i}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } (m_i \geq m_k) \\ 0 & \text{if } (l_k \geq u_i) \\ \frac{l_k - u_i}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

که d متناظر با بزرگترین نقطه ی تقاطع بین μ_{S_k} و μ_{S_i} است. شکل ۲، $V(S_i \geq S_k)$ را نشان می‌دهد.

شکل (۲) نقطه تقاطع بین μ_{S_k} و μ_{S_i}

مرحله ۳. محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکانپذیری) یک عدد فازی S که بزرگتر از k عدد فازی $S_i; i = 1, 2, \dots$ باشد، به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) = V((S \geq S_1), (S \geq S_2), \dots, (S \geq S_k)) = \min(V(S \geq S_1), V(S \geq S_2), \dots, V(S \geq S_k)) = \min V(S \geq S_i) \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (11)$$

چنانچه فرض کنیم که، $d''(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad \text{for } (k = 1, 2, \dots, n) \quad k \neq i$ آنگاه بردار وزن به صورت زیر بدست می‌آید:

$$W'' = (d''(A_1), d''(A_2), \dots, d''(A_n)) \quad (12)$$

قابل ذکر است که وزن های بدست آمده، غیر فازی هستند.

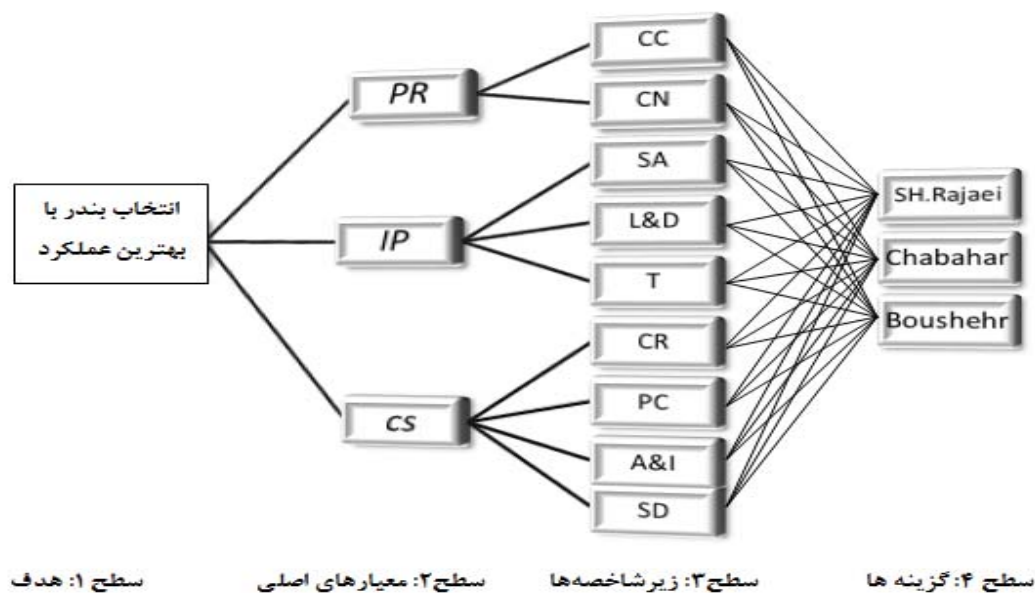
مرحله ۴. نرمالیزه کردن بردار W'' و بدست آوردن بردار وزن نرمالیزه شده W .

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)) \quad (13)$$

۴- ارزیابی عملکرد بنادر مورد نمونه کاوی

در این قسمت از تحقیق با استفاده از روش سلسله مراتبی در محیط فازی به ارزیابی عملکرد کلی بنادر نمونه کاوی با استفاده از معیارها و شاخص‌هایی که معرفی شد، پرداخته شده است. برای بررسی کارایی و توانمندی روش مورد استفاده در این تحقیق سه بندر از بنادر جنوبی ایران، بندر بوشهر، بندر چابهار و بندر شهید رجایی - بندر عباس انتخاب شده‌اند. سه بندر یاد شده از بنادر فعال و در عین حال دارای پتانسیل برای توسعهی بیشتر و رقابت با بنادر رقیب در سایر کشورهای منطقه می‌باشند. گرچه قسمت‌هایی از عملیات مختلف بندری و یا پروژه‌های عمرانی در این بنادر توسط بخش خصوصی انجام می‌شود، اما این بنادر تحت مالکیت دولتی دولت جمهوری اسلامی ایران هستند. انتخاب بنادر فوق به گونه‌ای تمام بنادر جنوبی ایران از مرزهای آبی جنوب شرقی ایران و نزدیک به اقیانوس هند تا مرزهای آبی جنوب غربی ایران در خلیج فارس را پوشش می‌دهد. گروه تصمیم‌گیرنده در این تحقیق متشکل از مدیران و معاونین بنادر

بوشهر، چابهار و شهید رجایی- بندر عباس، مدیران و معاونان شرکت‌های حمل و نقل دریایی فعال در جنوب کشور ایران، پرسنل کشتی‌های فعال در خطوط کشتیرانی بین بنادر مذکور و اشخاص آکادمیک آشنا به شرایط بنادر ایران می‌باشند. ساختار سلسله مراتبی مربوط به هدف این تحقیق که همان رتبه بندی بنادر نامبرده شده است، در شکل ۳ نشان داده شده است. ماتریس فازی مربوط به ارزیابی زیر شاخصه‌های معیار رضایت مشتریان به همراه نمونه‌ی فرم مصاحبه‌های انجام شده در پیوست ۱ این تحقیق آمده است.



شکل (۳) نمودار درختی روش سلسله مراتبی در محیط فازی برای ارزیابی و رتبه بندی بنادر مورد نمونه کاوی ماتریس فازی نشان داده شده در جدول یک مربوط به مقایسه‌ی معیارهای اصلی موجود در سطح دوم نمودار نشان داده شده در شکل سه و بر اساس نظرات ارائه شده توسط متخصصین مورد مصاحبه می‌باشد. برای جلوگیری از تکرار محاسبات، ماتریس فازی و محاسبات انجام شده برای بدست آوردن وزن‌های نسبی مربوطه، فقط برای معیارهای اصلی (جدول ۱) و زیر شاخصه‌های معیار ارتباطات بندر (جدول ۲) به طور کامل آورده شده است. نتیجه‌ی کامل محاسبات در جداول سه تا شش آمده است.

جدول ۱ ماتریس ارزیابی فازی با توجه به هدف

	IP	CS	PR
IP	$(1, 1, 1)$	$(\frac{1}{3}, 1, \frac{2}{3})$	$(\frac{2}{3}, 2, \frac{5}{3})$
CS	$(\frac{2}{3}, 1, 2)$	$(1, 1, 1)$	$(1, \frac{3}{2}, 2)$
PR	$(\frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3})$	$(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1)$	$(1, 1, 1)$

از جدول ۱، مطابق با روش آنالیز توسعه‌ی Chang (۱۹۹۶) مقادیر بسط مرکب فازی با استفاده از رابطه‌ی (۶) بدست می‌آیند:

$$S_{IP} = (0/24, 0/41, 0/66), S_{CS} = (0/21, 0/36, 0/66), S_{PR} = (0/15, 0/22, 0/35)$$

مقادیر فازی بدست آمده با استفاده از رابطه‌ی (۱۰) مورد مقایسه قرار می‌گیرند:

$$V(S_{IP} \geq S_{CS}) = 1, V(S_{IP} \geq S_{PR}) = 1$$

$$V(S_{CS} \geq S_{IP}) = 0/89, V(S_{CS} \geq S_{PR}) = 1$$

$$V(S_{PR} \geq S_{IP}) = 0/38, V(S_{PR} \geq S_{CS}) = 0/51$$

برای بدست آوردن بردارهای وزنی مربوطه با استفاده از فرمول (۱۲) داریم:

$$d'_{IP}' = \min(1, 1) = 1, d'_{CS}' = \min(0/89, 1) = 0/89, d'_{PR}' = \min(0/38, 0/51) = 0/38$$

بنابراین بردار غیرنرمال W' عبارت است:

$$W' = (1, 0/89, 0/38)^T$$

پس از نرمالیزه کردن بردار W' وزن‌های نسبی بدست آمده با توجه به هدف اصلی و طبق رابطه‌ی (۱۳) عبارتند از:

$$W = \begin{pmatrix} IP & CS & PR \\ 0/44 & 0/39 & 0/17 \end{pmatrix}$$

با توجه به نتیجه‌ی بدست آمده در این قسمت، دیدگاه‌های عملیات درونی بندر و رضایت مشتریان برای ارزیابی عملکرد بنادر از درجه‌ی اهمیت بیشتری نسبت به دیدگاه ارتباطات بندر برخوردار هستند.

جدول ۲ ماتریس ارزیابی فازی زیر شاخصه‌ها با توجه به ارتباطات بندر (PR)

	CC	CN
CC	(1, 1, 1)	($\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, 1$)
CN	($1, \frac{3}{2}, 2$)	(1, 1, 1)

با توجه به داده‌های موجود در جدول ۲ و مطابق با روش آنالیز توسعه‌ی چنگ مقادیر بسط‌های مرکب فازی با استفاده از رابطه‌ی (۶) بدست می‌آیند:

$$S_{CC} = (0/30, 0/40, 0/57), S_{CN} = (0/40, 0/60, 0/86)$$

مقادیر فازی بدست آمده با استفاده از رابطه‌ی (۱۰) مورد مقایسه قرار می‌گیرند:

$$V(S_{CC} \geq S_{CN}) = 0/46, V(S_{CN} \geq S_{CC}) = 1$$

بنابراین بردار غیرنرمال W' عبارت است: $W' = (0/46, 1)^T$

پس از نرمالیزه کردن بردار W' وزن‌های نسبی بدست آمده با توجه به هدف اصلی و طبق رابطه‌ی (۱۳) عبارتند از:

$$W = \begin{pmatrix} CC & CN \\ 0/32 & 0/68 \end{pmatrix}$$

جدول ۳ تا ۵ وزن‌های نسبی زیرشاخصه‌های تعریف شده برای هر گزینه (بنادر نمونه کاوی) را شامل می‌شوند.

جدول ۳ وزن‌های نسبی بدست آمده برای برای زیرشاخصه‌های معیار ارتباطات بندر

	CC	CN	وزن گزینه‌ها نسبت به معیار اصلی PR
وزن زیر شاخصه‌ها نسبت به معیار PR	0/32	0/68	
گزینه‌ها			
بوشهر	0/39	0/25	0/2948
شهید رجایی	0/44	0/50	0/4808
چابهار	0/17	0/25	0/2244

جدول ۴ وزن‌های نسبی بدست آمده برای زیرشاخصه‌های معیار عملیات درونی بندر

	T	L&D	SA	وزن گزینه‌ها نسبت به معیار اصلی IP
وزن زیر شاخصه‌ها نسبت به معیار IP	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۱۷	
گزینه‌ها				
بوشهر	۰/۴۷	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۵۶۵
شهید رجایی	۰/۵۳	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۷۴۳۵
چابهار	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰

جدول ۵ وزن‌های نسبی بدست آمده برای زیرشاخصه‌های معیار عملیات رضایت مشتریان

	SD	A&I	PC	CR	وزن گزینه‌ها نسبت به معیار اصلی CS
وزن زیر شاخصه‌ها نسبت به معیار CS	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۱۱	
گزینه‌ها					
بوشهر	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۹۱۱
شهید رجایی	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۳۸۸۹
چابهار	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۲۴	۰/۳۲۰۰

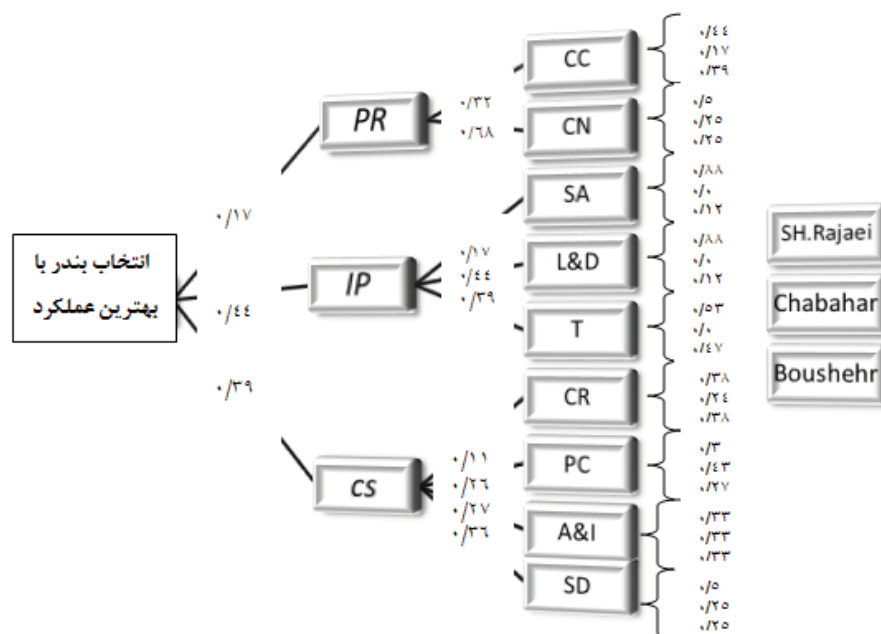
جدول شش وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به هدف اصلی که همان ارزیابی و رتبه بندی بنادر است را نشان می‌دهد.

جدول ۶ وزن‌های نسبی بدست آمده برای معیارهای اصلی

	CS	IP	PR	وزن گزینه‌ها نسبت به هدف اصلی
وزن معیارهای اصلی	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۱۷	
گزینه‌ها				
بوشهر	۰/۲۹۱۱	۰/۲۵۶۵	۰/۲۹۴۸	۰/۲۷۶۵
شهید رجایی	۰/۳۸۸۹	۰/۷۴۳۵	۰/۴۸۰۸	۰/۵۶۰۵
چابهار	۰/۳۲۰۰	۰/۰	۰/۲۲۴۴	۰/۱۶۳۰

با توجه به وزن‌های بدست آمده برای گزینه‌های مورد بررسی، بندر شهید رجایی- بندر عباس به عنوان بندر با بهترین عملکرد معرفی شده است. نقاط ضعف و قوت بنادر مورد ارزیابی با بررسی جداول فوق و شکل چهار بخوبی نمایان می‌شود.

شکل چهار وزن‌های نسبی زیرشاخصه‌ها، معیارهای اصلی و گزینه‌ها را به روشنی نشان می‌دهد.



شکل ۴ وزن‌های نرمال شده‌ی گزینه‌ها، شاخصه‌ها و زیرشاخصه‌ها برای ارزیابی و رتبه‌بندی بنادر نمونه کاوی

۵- نتیجه‌گیری

ارزیابی و رتبه‌بندی بنادر از مسائلی هستند که همواره توسط گروه‌های مختلف محققین، سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف حمل و نقل دریایی مورد توجه قرار می‌گیرند. در ارزیابی و رتبه‌بندی بنادر همواره شاخصه‌های متعدد کمی و کیفی توأمأ مد نظر قرار می‌گیرند. گروه تصمیم‌گیرندگان نیز کم و بیش در قضاوت‌های خود دچار تردید و ابهام هستند. تئوری فازی در بسیاری از مسائلی که نیاز به اینچنین قضاوت‌هایی دارند می‌تواند مفید واقع شود. روش سلسله‌مراتبی در محیط فازی نیز بطور مشخصی ابهامات موجود در تخصیص وزن‌های نسبی به گزینه‌های مورد ارزیابی توسط تصمیم‌گیرندگان را کاهش می‌دهد. این روش همچنین در اعمال تأثیر شاخصه‌های تعریف شده بر روی انتخاب گزینه‌ی برتر می‌تواند سودمند باشد.

نتایج بدست آمده از مراحل مختلف تحقیق فوق در زیر آورده شده‌اند:

(۱) نمونه کاوی انجام شده بر اساس مدل ارائه شده با روش سلسله‌مراتبی در محیط فازی پس از بررسی سه شاخص اصلی و نه زیرشاخصه، بندر شهید رجایی- بندرعباس با درصد وزنی ۵۶/۰۵، بوشهر با درصد وزنی ۲۷/۶۵ و چابهار با درصد وزنی ۱۶/۳۰ درصد را بعنوان بنادر با عملکرد بهتر معرفی کرده است.

- ۲) طبق تحلیل انجام شده توسط مدل تحقیق، بندر چابهار بطور مشخصی از بنادر بوشهر و شهید رجایی - بندر عباس کم هزینه تر است. سطح خدمات اداری و اطلاع رسانی این بندر با دو بندر دیگر برابری می‌کند. شرایط اسکله‌ها، عمق آب و شبکه‌ی ارتباطی بندر چابهار نیز همسان با بندر بوشهر و ضعیف تر از بندر شهید رجایی - بندر عباس ارزیابی شده است.
- ۳) مساحت انبارها و میزان تخلیه و بارگیری (متوسط سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷) در بندر چابهار از بندر بوشهر نسبتاً کمتر و از بندر شهید رجایی - بندر عباس بسیار کمتر است.
- ۴) بر اساس نتایج بدست آمده بندر شهید رجایی - بندر عباس جز در دو مورد هزینه‌ها و خدمات اطلاع رسانی در بقیه‌ی موارد بطور مشخصی برتر از دو بندر دیگر است.
- ۵) شکل چهار ضمن نشان دادن برتری نسبی بنادر نمونه کاوی شده در هر زیرشاخصه نسبت به یکدیگر، می‌تواند معیار مناسبی برای انتخاب بنادر فوق توسط مشتریان آنها باشد.
- ۶) روش سلسله مراتبی در محیط فازی، تأثیر شاخصه‌های دقیق، غیردقیق و با واحدهای متفاوت را در ارزیابی و رتبه بندی بنادر بخوبی نشان داده است. این روش شاخصه‌هایی نظیر "خدمات اطلاع رسانی" که کاملاً وابسته به نظرات تخصصی و گاهاً مبهم مشتریان بندر است را در کنار مواردی مانند "زمان حضور کشتی‌ها در بندر" با دقت قابل قبولی مورد تحلیل قرار داده است.
- ۷) استفاده از اعداد فازی مثلثی و تئوری فازی، ابهامات احتمالی موجود در نظرات مصاحبه‌شوندگان را که همواره دقت هر نوع ارزیابی را کاهش می‌دهند تا حدود زیادی برطرف نموده است.

۶- منابع

- اصغریور، محمدجواد (۱۳۸۸) تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۱۲۳-۱.
- صنیعی منفرد، محمد علی و فیض مهدوی، سحر (۱۳۸۰) اندازه‌گیری کیفیت دانشکده‌های یک دانشگاه با استفاده از روش‌های MADM، دانشگاه فنی مهندسی دانشگاه الزهراء، تهران، صفحات ۱-۴۰.
- Chang, Y. (۱۹۹۶) Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, Vol. ۹۵, pp. ۶۴۹-۶۵۵.
- Celik, M., Er, I. & Ozok, A. (۲۰۰۹) Application of Fuzzy Extended AHP Methodology on Shipping Registry Selection: The Case of Turkish Maritime Industry, *Expert Systems with Applications*, Vol. ۳۶, pp. ۱۹۰-۱۹۸.
- Deng, H. (۱۹۹۹) Multicriteria Analysis with Fuzzy Pair wise Comparison, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. ۲۱, pp. ۲۱۵-۲۳۱.

- Ertugrul, I. & Karakasoglu, N. (۲۰۰۹) Performance Evaluation of Turkish Cement Firms with Fuzzy Analytic Hierarchy Process and TOPSIS Methods, *Expert Systems with Applications*, Vol. ۳۶, pp. ۷۰۲-۷۱۵.
- Ertugrul, I. & Karakasoglu, N. (۲۰۰۶) The Fuzzy Analytic Hierarchy Process For Supplier Selection and an Application in a Textile Company, Sakarya University, ۵th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, Denizli, Turkey, ۲۹-۳۱ May ۲۰۰۶.
- Guy, E. & Urly, B. (۲۰۰۶) Port Selection and Multicriteria Analysis: An Application to the Montreal-New York Alternative, *Maritime Economics & Logistics*, Vol. ۸, pp. ۱۶۹-۱۸۶.
- Kahraman, C., Kaya, I. & Cebi, S. (۲۰۰۹) A Comparative Analysis For Multiattribute Selection Among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design and Fuzzy Analytic Hierarchy Process, *Energy xxx*, Vol. ۵, pp. ۱-۱۴.
- Kahraman, C., Cebeci, U. & Ruan, U. (۲۰۰۴) Multi-attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, Vol. ۸۷, pp. ۱۷۱-۱۸۴.
- Saaty, T. L. (۱۹۷۷) A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structure, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. ۱۵, pp. ۳۰-۴۷.
- Song, D. & Yeo, K. (۲۰۰۴) A Competitive Analysis of Chinese Container Ports Using the Analytic Hierarchy Process, *Maritime Economics & Logistics*, Vol. ۵, pp. ۳۴-۵۲.
- Su, D., Liang, G. & Liu, C. (۲۰۰۳) A Study on Integrated Port Performance Comparison Based on the Concept of Balanced Scorecard, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. ۵, pp. ۶۰۹-۶۲۴.
- Tai, H. & Hwang, C. (۲۰۰۵) Analysis of Hub Port Choice for Container Trunk Lines In East Asia, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. ۶, pp. ۹۰۷-۹۱۹.
- Tongzon, J. (۲۰۰۵) Determinants of Port Performance and Efficiency, *Journal of Transportation Research Part A*, Vol. ۲۹, pp. ۲۳-۳۷.
- Zadeh, L. (۱۹۶۵) Fuzzy sets, *Journal of Information Control*, Vol. ۸, pp. ۳۳۸-۳۵۳.

پیوست:

نمونه‌ی مصاحبه‌ی انجام شده برای تشکیل ماتریس فازی معیار رضایت مشتریان

برای بررسی معیار رضایت مشتریان چهار زیرشاخه طبق تحقیقات انجام شده قبلی در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان، هزینه‌های بندر، خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر و مناسب بودن اسکله‌ها و داشتن عمق آب مناسب. سؤالات مطرح شده شامل دو قسمت هستند. در قسمت اول گزینه‌ی مورد نظر توسط شخص تصمیم گیرنده انتخاب شده و در قسمت دوم میزان ارجحیت گزینه‌ی انتخاب شده بر گزینه‌ی دیگر با توجه به اعداد موجود در جدول هفت تعیین می‌گردد. اعداد ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ به ترتیب بیانگر اعداد فازی $(1, 1, 1)$ ، $(\frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2})$ ، $(1, \frac{3}{2}, 2)$ ، $(\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2})$ و $(2, \frac{5}{2}, 3)$ در محاسبات می‌باشند.

جدول ۷ مقیاس‌های عددی

مقیاس عددی	توضیحات
۱	در مواردی که هر دو گزینه از اهمیت یکسانی برخوردارند.
۳	در مواردی که یکی از گزینه‌ها کمی از وزن بیشتری برخوردار است.
۵	در مواردی که یکی از فاکتورها از وزن نسبتاً بیشتری برخوردار است.
۷	در مواردی که یکی از فاکتورها از وزن بسیار بیشتری برخوردار است.
۹	در مواردی که یکی از فاکتورها مطلقاً وزن بیشتری دارد.

سؤالات طراحی شده برای امتیازدهی به زیر شاخصه‌های معیار رضایت مشتریان

سوال ۱. به نظر شما کدامیک از دو شاخص توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان یا هزینه‌های بندر در تأمین رضایت مشتریان یک بندر مؤثرترند؟ توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان () هزینه‌های بندر (*)

اهمیت نسبی گزینه مورد نظر شما بر دیگری به چه میزان است؟ (۱) (۳) (۵) (۷) (۹)

سوال ۲. به نظر شما کدامیک از دو شاخص توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان یا خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر در تأمین رضایت مشتریان یک بندر مؤثرترند؟ خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر (*) توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان ()

اهمیت نسبی گزینه مورد نظر شما بر دیگری به چه میزان است؟ (۱) (۳) (۵) (۷) (۹) **سوال ۳.** به نظر شما کدامیک از دو شاخص توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان یا مناسب بودن اسکله ها و داشتن عمق آب مناسب در تأمین رضایت مشتریان یک بندر مؤثرترند؟ توانایی بندر در ایجاد انگیزه و حفظ مشتریان () مناسب بودن اسکله ها و داشتن عمق آب مناسب (*)

اهمیت نسبی گزینه مورد نظر شما بر دیگری به چه میزان است؟ (۱) (۳) (۵) (۷) (۹) **سوال ۴.** به نظر شما کدامیک از دو شاخص هزینه‌های بندر یا خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر در تأمین رضایت مشتریان یک بندر مؤثرترند؟ هزینه‌های بندر (*) خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر ()

اهمیت نسبی گزینه مورد نظر شما بر دیگری به چه میزان است؟ (۱) (۳) (۵) (۷) (۹) **سوال ۵.** به نظر شما کدامیک از دو شاخص هزینه‌های بندر یا مناسب بودن اسکله ها و داشتن عمق آب مناسب در تأمین رضایت مشتریان یک بندر مؤثرترند؟ هزینه‌های بندر () مناسب بودن اسکله ها و داشتن عمق آب مناسب (*)

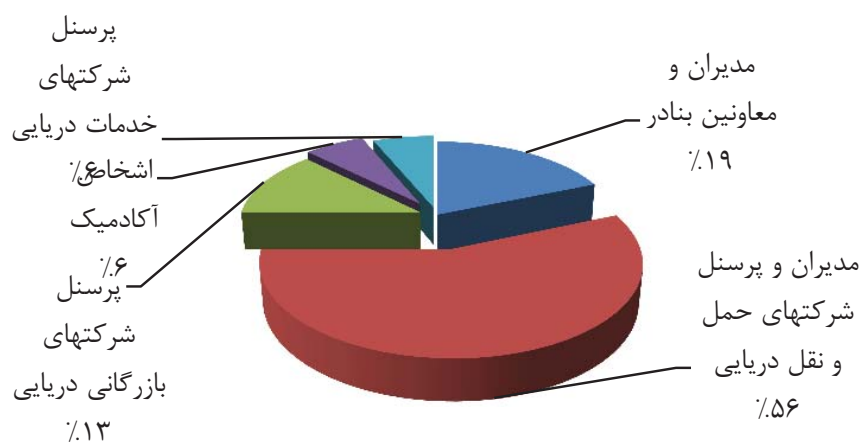
اهمیت نسبی گزینه مورد نظر شما بر دیگری به چه میزان است؟ (۱) (۳) (۵) (۷) (۹) **سوال ۶.** به نظر شما کدامیک از دو شاخص خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر یا مناسب بودن اسکله ها و داشتن عمق آب مناسب در تأمین رضایت مشتریان یک بندر مؤثرترند؟ خدمات اداری و اطلاع رسانی بندر () مناسب بودن اسکله ها و داشتن عمق آب مناسب (*)

اهمیت نسبی گزینه مورد نظر شما بر دیگری به چه میزان است؟ (۱) (۳) (۵) (۷) (۹) جدول هشت نشان دهنده‌ی ماتریس فازی متشکل از نظرات متخصصین مورد مصاحبه در این تحقیق در مورد امتیازدهی به زیر شاخصه های معیار رضایت مشتریان است که بعنوان نمونه در این پیوست آورده شده است.

جدول ۸ ماتریس مقایسه زیرشاخصه‌ها نسبت به معیار رضایت مشتریان

<i>CS</i>	<i>SD</i>	<i>A&I</i>	<i>PC</i>	<i>CR</i>
<i>SD</i>	(1, 1, 1)	(1, $\frac{3}{2}$, 2)	($\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{2}$)	(2, $\frac{5}{2}$, 3)
<i>A&I</i>	($\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, 1)	(1, 1, 1)	($\frac{2}{3}$, 1, 2)	(1, $\frac{3}{2}$, 2)
<i>PC</i>	($\frac{2}{3}$, 1, 2)	($\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{2}$)	(1, 1, 1)	(1, $\frac{3}{2}$, 2)
<i>CR</i>	($\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{2}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, 1)	($\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, 1)	(1, 1, 1)

شکل ۵ بیانگر درصد افراد متخصص مورد مصاحبه برای ارزیابی و رتبه بندی بنادر مورد نمونه کاوی در این تحقیق می باشد.



نمودار پ-۳-۲ درصد افراد مورد مصاحبه برای ارزیابی و رتبه بندی بنادر مورد نمونه کاوی