Archive of SID

انتخاب کاراترین جرثقیل محوطه ای برای عملیات کانتینری با استفاده از روش تصمیم گیری سلسله مراتبی در محیط فازی

امیر سعید نورامین[۱*]، منصور کیانی مقدم[۲]، علیرضا موذن جهرمی[۲]، سید ناصر سعیدی[۱]

۱-گروه حمل و نقل دریایی، دانشکده اقتصاد و مدیریت دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۲- گروه حمل و نقل دریایی، دانشکده حمل و نقل دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

چکیده

ترمینال های مدرن کانتینری همه روزه پذیرای هزاران کانتینر جهت واردات، صادرات و یا عبور ترانزیتی می باشند. به دلیل کثرت تردد و وجود ترافیک و ازدحام در بنادر، عملیات بارگیری، تخلیه و یا جابجایی این محموله های کانتینری زمان و هزینه های قابل توجهی را بر بنادر تحمیل می کنند. در بنادر پیشگام و موفق عموماً استفاده از تجهیزات و جرثقیل های بیشتر و یا سریعتر در داخل محوطه ترمینال به عنوان روشی برای رفع این معضل اتخاذ می شود.

با توجه به انواع جرثقیل های متداول در محوطه های عملیاتی ترمینال های کانتینری مدرن دنیا، اساس این تحقیق پیشنهاد کاراترین جرثقیل محوطه ای برای عملیات کانتینری در ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی با استفاده از روش تصمیم گیری چند شاخصی (MADM) و حل آن با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) می باشد.

روش پیشنهاد شده و نتایج به دست آمده در این تحقیق، ابزار تصمیم گیری مناسبی برای استراتژیست ها و مدیران بنادر و ترمینال های کانتینری در تدوین سیاست های کلان خواهد بود.

واژگان کلیدی: ترمینال کانتینری، جرثقیل محوطه ای، عملیات کانتینری، تحلیل سلسله مراتبی‌فازی

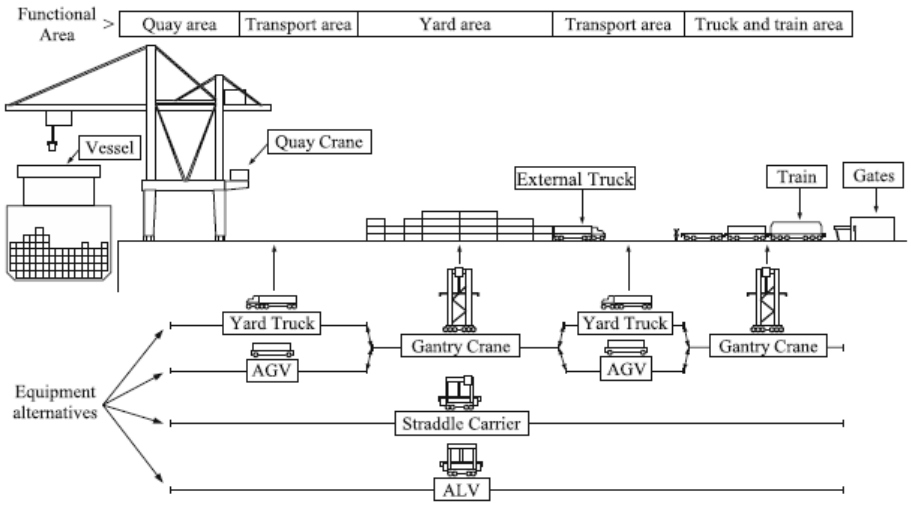
* نویسنده مسوول، پست الکترونیک: saeid.nooramin@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

ترمینال های کانتینری را می توان به عنوان مبادی اصلی ورود و خروج کالا به و از کشور در نظر گرفت. مطابق شکل ۱، عمده فعالیت ترمینال های کانتینری در دو بخش صورت می گیرد. بخش اول عملیات بارگیری و تخلیه کشتی ها است که در کنار اسکله صورت می گیرد و بخش دیگر که در حیطه کاری این تحقیق قرار دارد، عملیات داخل محوطه ترمینال می باشد که فعالیت های مربوط به عملیات بارگیری و تخلیه کانتینرها به و از قطارهای باربری و یا کامیون ها در آن انجام می شود. بنادر سطح اول در عرصه جهانی راهکارهایی را برای افزایش عملکرد ترمینال های خود اتخاذ می کنند.



شکل ۱- قلمروهای مختلف فعالیتی ترمینال های کانتینری

مهم ترین این راهکارها عبارتند از استفاده از تکنولوژی های جدید، بهینه سازی زمان کارکرد و یا زمان بیکاری تجهیزات ترمینال ها (کیانی و همکاران، ۱۳۸۷)، افزایش ظرفیت محوطه کانتینری، استخدام مدیران عملیاتی بسیار ماهر (نورامین و کیانی، ۱۳۸۸؛ الصفی، ۱۳۸۷)، کاهش هزینه عملیات در کنار اسکله از طریق بهینه سازی زمان بارگیری و تخلیه کشتی ها (Kiani et al., 2009) و کاهش هزینه عملیات در داخل محوطه ترمینال ها از طریق بهینه سازی زمان بارگیری و تخلیه کامیون ها

سرعت در بارگیری و تخلیه کشتی ها، یکی از عوامل مهم و کلیدی در تجارت دریایی می باشد. Bish (2003) برای کاهش زمان بارگیری و تخلیه کشتی ها، سه عامل را بررسی کرد. او ابتدا مسئله نگهداری کانتینرهای تخلیه شده را مطالعه نمود. سپس پس از بررسی تجهیزات محوطه ای حمل کننده کانتینر، به مطالعه مسئله زمان بندی عملیات بارگیری و تخلیه جرثقیل های ساحلی پرداخت.

بسیاری از محققین برای کاهش زمان تجارت کانتینری، راهکارهای بهینه سازی برنامه زمانی حرکت جرثقیل های ساحلی را بررسی نموده اند. Jung و همکاران (2006) با استفاده از روش جستجوی تصادفی، سعی در کاهش حرکت های اضافی جرثقیل های ساحلی و زمان بندی حرکت آن ها به صورت بهینه کردند. یکی دیگر از روش های کاهش زمان انتظار کشتی ها و لذا کاهش زمان تجارت کانتینری، استفاده بهینه از اسکله است. Imai و همکاران (2005) با طرح مسئله تخصیص اسکله به کشتی های ورودی یک بندر، مسائل مربوط به کاهش زمان انتظار کشتی ها را بررسی کردند. مدل پیشنهادی آن ها همخوانی قابل توجهی با بنادر اروپایی و چینی داشت. Lee و Chen (2009)، بهینه

www.SID.ir

Archive of SID

سازی در زمان بندی عملیات اسکله را بررسی کرده و مدل های ورودی مختلفی را مورد مطالعه قرار دادند. برای بررسی روش های اقتصادی تخصیص اسکله می توان به تحقیق Moorthy و Teo (2006) اشاره کرد که در آن زمان توقف کشتی ها با هزینه های عملیات مقایسه شده است.

برنامه ریزی همزمان عملیات اسکله ای و زمان بندی حرکت جرثقیل ها، یکی از مسائل لجستیکی مهم در حوزه ترمینال های کانتینری است. Hartmann (2004) روش های مدل سازی را برای این کار اتخاذ کرد. Kozan و Preston (2006) این مسئله را با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک حل کردند. Zeng و Yang (2009) با استفاده از مکانیسم تصمیم گیری هوشمند و روش شبیه سازی، عملیات بارگیری و تخلیه کانتینرها در محوطه کانتینری را به صورت بهینه زمان بندی نمودند.

مدل و طرح ریزی محوطه کانتینری یکی دیگر از فاکتورهای موثر در کارآیی عملیات کانتینری است. Preston و Kozan (2001) با هدف کاهش زمان انتظار کشتی ها، با استفاده از الگوریتم ژنتیک، راهکارهای بهینه انبار کردن کانتینرها در محوطه ترمینال را بررسی نمودند. Dekker و همکاران (2006)، سیاست های مختلف نگهداری و انبار کردن کانتینرها را در یک ترمینال اتوماتیک بررسی کردند. Kim و همکاران (2008) یک مدل را برای طرح محوطه کانتینری پیشنهاد کردند که در آن تعداد بهینه و محل های تردد کامیون های محوطه محاسبه شده بود.

مطالعه تحقیق های صورت گرفته در حوزه ترافیک محوطه داخل ترمینال نشان می دهد که تاکنون این امر توجه زیادی را به خود معطوف نساخته است و معدود تحقیق های انجام شده، مسائلی مانند زمان بندی حرکت کامیون ها و خرید جرثقیل های اضافی را به عنوان راهکار رفع این مشکل بررسی کرده اند. با توجه به انواع جرثقیل های متداول در محوطه های عملیاتی ترمینال های کانتینری مدرن دنیا، اساس این تحقیق پیشنهاد کاراترین جرثقیل محوطه ای برای عملیات کانتینری در ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی در راستای کاهش ترافیک کامیون ها در محوطه های داخل ترمینال با بهره گیری از روش تصمیم گیری چند شاخصی و حل آن با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی می باشد.

۲- روش کار

۲-۱ روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

تئوری مجموعه های فازی اولین بار توسط پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ مطرح گردید. لطفی زاده با این تئوری، عدم قطعیت ناشی از ابهامات تفکرات انسان را بیان نمود. اصلی ترین حسن این تئوری توانایی ارائه داده هایی است که غیر قطعی هستند. همچنین این روش قادر به بکارگیری عملگرهای ریاضی در حوزه ی داده های فازی نیز می باشد.

کاربرد مجموعه های فازی در مسائل تصمیم گیری یکی از مهم ترین و کارآمدترین کاربردهای این تئوری در مقایسه با تئوری مجموعه های کلاسیک می باشد. در واقع تئوری تصمیم گیری فازی تلاش می کند که ابهام و عدم قطعیت های ذاتی موجود در ترجیحات، اهداف و محدودیت های موجود در مسائل تصمیم گیری را مدل کند (Kahraman et al., 2005).

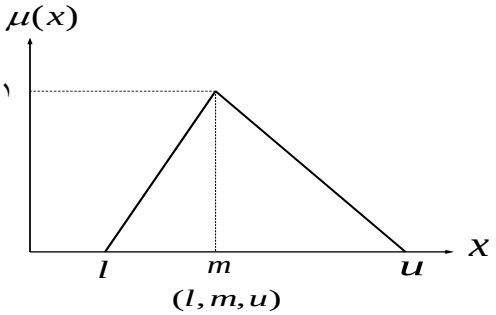
تعلق یا عضویت یک عضو به یک مجموعه مفهومی کاملا قطعی و دقیق است. بنابراین یک شی یا عضو یک مجموعه است و یا نیست. پس تابع عضویت فقط می تواند دو مقدار ۰ و ۱ را داشته باشد. به منظور توصیف تغییرات تدریجی و اندک، لطفی زاده درجات بین صفر و یک و مفهوم عضویت درجه بندی شده را معرفی کرده است. برای این منظور تابع عضویت μ تعریف می شود که همواره مقادیری از بازه [۰ و ۱] را شامل می شود (Lotfi, 1965). در واقع یک عدد

www.SID.ir

Archive of SID

فازی بوسیله یک بازه از اعداد حقیقی که هر کدام یک درجه عضویت بین ۰ و ۱ دارند مشخص می شود.

در تئوری های فازی عموماً از اعداد فازی مثلثی استفاده می شود. این اعداد بوسیله سه عدد حقیقی که به صورت (l,m,u) بیان می شوند، تعریف می گردند. یک عدد فازی مثلثی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- نمایش عدد فازی مثلثی

تاکنون انواع مختلفی از روش‌های سلسله مراتبی در محیط فازی توسط محققین مختلف ارائه گردیده است. این روش‌ها در واقع روندهای سیستماتیکی هستند که براساس اصول تئوری مجموعه‌های فازی و آنالیز ساختار سلسله مراتبی در انتخاب گزینه‌ها و ارزیابی آن ها بکار گرفته می‌شوند. Chang (1996) 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 می آیند (Saaty, 1977). 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.

با استفاده از این روش ابهام و تاثیرات نظرات شخصی که در تعیین رابطه‌های نسبی بین معیارها وجود دارد، بطور مشخصی در نظر گرفته می‌شود و نهایتاً تصمیم بهتر و موثرتری در این زمینه گرفته خواهد شد. Celik و همکاران (2009) برای ایجاد یک مکانیسم تصمیم‌گیری کاربردی و مطمئن برای انتخاب شرکت‌های ثبت‌کننده کشتی‌ها، از روش سلسله مراتبی در محیط فازی بر پایه‌ی روش ارائه شده‌ی Chang (1996) استفاده کرده اند. آن ها با توجه به تاثیر نظرات شخصی افراد و ابهام موجود برای تصمیم‌گیری از این روش استفاده کرده‌اند. روش آنالیز توسعه‌ی چنگ در ادامه این مقاله به‌طور کامل ارائه شده و برای ارزیابی مسئله تصمیم گیری مطرح شده در این تحقیق بکار گرفته خواهد شد.

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

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m \quad where, \quad i = 1,2, \dots, n \qquad (1)$$

ماتریس مقادیر آنالیز توسعه برای اهداف در روش سلسله مراتبی در محیط فازی به صورت زیر بیان می شود:

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

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

حال می توان مراحل آنالیز توسعه چنگ را به صورت زیر بیان نمود:

www.SID.ir

Archive of SID

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 می گردد.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j\right]^{-1} \qquad (2)$$

چنانچه $M_{gi}^j = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشد، آنگاه $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j$ بوسیله‌ی عملگر جمع فازی روی آنالیز توسعه ی m آرمان، بصورت زیر تعریف می گردد:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j = (l_{i1}, m_{i1}, u_{i1}) \oplus (l_{i2}, m_{i2}, u_{i2}) \oplus \dots \oplus (l_{im}, m_{im}, u_{im}) = \left(\sum_{j=1}^{m} l_{ij}, \sum_{j=1}^{m} m_{ij}, \sum_{j=1}^{m} u_{ij}\right) = (l_i', m_i', u_i') \qquad (3)$$

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

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} l_{ij}, \sum_{j=1}^{m} m_{ij}, \sum_{j=1}^{m} u_{ij}\right) = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i', \sum_{i=1}^{n} m_i', \sum_{i=1}^{n} u_i'\right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i'}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i'}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i'}\right) \qquad (4)$$

بنابراین؛

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

$$= (l_i', m_i', u_i') \otimes \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i'}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i'}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i'}\right) = \left(\frac{l_i'}{\sum_{i=1}^{n} u_i'}, \frac{m_i'}{\sum_{i=1}^{n} m_i'}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i'}\right) = (l_i, m_i, u_i) \qquad (5)$$

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

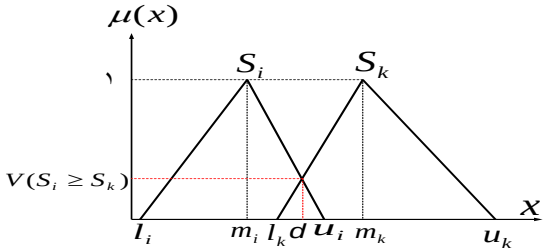
چنانچه $S_i = (l_i, m_i, u_i)$ و $S_k = (l_k, m_k, u_k)$ باشد، آنگاه درجه ارجحیت S_i بر S_k که با $V(S_i \geq S_k)$ نشان داده می شود، بصورت زیر تعریف می گردد:

$$V(S_i \geq S_k) = SUP_{x \geq y}\left(\min\left\{\mu_{S_i}(x), \mu_{S_k}(y)\right\}\right) \qquad (6)$$

که برای اعداد فازی مثلثی معادل با رابطه زیر است:

$$V(S_i \geq S_k) = \mu_{S_i}(d) = \begin{cases} 1 & if(m_i \geq m_k) \\ 0 & if(l_k \geq u_i) \\ \frac{l_k - u_i}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)} & otherwise \end{cases} \qquad (7)$$

μ_{S_k} و μ_{S_i} متناظر با بزرگترین نقطه تقاطع بین d که است. شکل ۳، مفهوم گرافیکی رابطه (۷) را نشان می دهد.



شکل ۳- نقطه تقاطع بین μ_{S_k}

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 می گردد:

$$V\left((S \geq S_1), (S \geq S_2), \dots, (S \geq S_k)\right) = V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) = \min\left(V(S \geq S_1), V(S \geq S_2), \dots, V(S \geq S_k)\right) = \min V(S \geq S_i) \quad i = 1,2, \dots, k \qquad (8)$$

چنان چه فرض کنیم که

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ for $(k = 1,2, \dots, n)$ $k \neq i$.

آنگاه بردار وزن به صورت زیر بدست می آید:

www.SID.ir

Archive of SID

$$W' = \left(d'(A_1), d'(A_2), \ldots, d'(A_n)\right) \quad (9)$$

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

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

$$W = \left(d(A_1), d(A_2), \ldots, d(A_n)\right) \quad (10)$$

۳- بررسی شاخص های تصمیم گیری در خصوص انتخاب کاراترین جرثقیل محوطه ای در ترمینال های کانتینری در محوطه های داخل ترمینال های کانتینری، تجهیزات مختلفی برای عملیات کانتینری مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از این تجهیزات به عواملی مانند مشخصات کانتینرها، ابعاد محوطه کانتینری، سطح و میزان اتوماسیون ترمینال، فاصله بین ستون های ذخیره کانتینرها، مقررات گمرکی و محدودیت های فیزیکی ناشی از ریل ها و جاده های داخلی ترمینال بستگی دارد. مهم ترین این تجهیزات عبارتند از:

استرادل کریرها که عموماً از نوع ۱+۳ می باشند، جرثقیل های دروازه ای چرخ لاستیکی با عرض دروازه ۱+۶ کانتینر، جرثقیل های دروازه ای ریلی با عرض دروازه ۲+۱۲ کانتینر.

کارآیی عملیاتی مناسب جرثقیل های محوطه ای فوق، آن ها را به گزینه های مطلوبی برای عملیات بارگیری و تخلیه در ترمینال های کانتینری بنادر ایران (به جای استفاده از سیستم سنتی ریچ استاکر- تراکتور محوطه ای) تبدیل کرده است و با توجه به افزایش روزافزون تعداد محموله های کانتینری ورودی به بنادر، سیاست گذاران بنادر همواره درصدد افزایش عملکرد و کارآیی از طریق سرمایه گذاری برای خرید مناسب ترین جرثقیل محوطه ای هستند.

برای انتخاب بهترین گزینه برای عملیات کانتینری در محوطه داخل ترمینال های کانتینری بندر شهید رجایی، سه شاخص تصمیم گیری به شرح زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

الف) شاخص های اقتصادی: بی تردید محدودیت ها و عوامل اقتصادی یکی از مهم ترین شاخص های تصمیم گیری برای استراتژیست های بنادر می باشد. مهم ترین زیر شاخص های اقتصادی مورد استفاده برای بررسی بهترین نوع جرثقیل محوطه ای عبارتند از:

هزینه های خرید تجهیزات: زیر شاخص هزینه های خرید تجهیزات به عواملی مانند زمان سفارش، مکان خریدار و فروشنده، ویژگی های دستگاه و وضعیت حاکم بر بازار بستگی دارد (Kiani et al., 2006).

هزینه های نیروی کار و اپراتور دستگاه ها: وجود اپراتور ماهر یکی از الزامات استفاده از ماشین آلات به صورت بهینه و ایمن در ترمینال های کانتینری است. زیرشاخص اقتصادی هزینه های نیروی کار به صورت هزینه های دستمزد اپراتور ماهر و کارگرهای ساده، مورد نیاز برای هر دستگاه تعریف می شود و شامل هزینه های آموزش نیروی کار و هزینه های لازم برای انواع بیمه نیز می گردد.

هزینه های تعمیرات و نگهداری ماشین آلات: زیر شاخص هزینه های نگهداری ماشین آلات به عواملی مانند میزان استفاده از دستگاه، میزان حرکت و جابجایی دستگاه و نوع سوخت دستگاه (دیزل / الکتریکی) بستگی دارد. UNCTAD (1988)، دستورالعمل زیر را برای نگهداری جرثقیل های محوطه ای پیشنهاد کرده است:

جرثقیل های استرادل نیاز به بازرسی های منظم در دوره های ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ ساعت کاری داشته و در بازه کاری ۱۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ ساعت نیاز به اورهال دارند. همچنین لاستیک این نوع جرثقیل باید در بازه های ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ ساعت کاری تعویض گردد. هزینه های نگهداری استرادل ها معمولاً ۸ تا ۱۵ درصد قیمت اولیه خرید می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

هزینه های سالیانه نگهداری جرثقیل های RTG و RMG به ترتیب ۸ و ۴ درصد قیمت خرید اولیه می باشد. موتور این جرثقیل ها هر ۱۰۰۰ ساعت کاری بازرسی شده و در بازه زمانی ۵ تا ۶ سال نیاز به اورهال دارند.

هزینه های عملیاتی داخل محوطه ترمینال کانتینری: کارکرد جرثقیل ها در محوطه های داخل ترمینال های کانتینری، هزینه هایی را بر بنادر تحمیل می کند. هزینه های عملیات جرثقیل های محوطه ای به عوامل زیادی مانند شرایط آب و هوایی بندر، میزان استفاده و حجم کاری بستگی دارد. مطابق پیشنهاد UNCTAD (1988)، هزینه های عملیات SC، RTG و RMG به ترتیب ۵۰، ۳۰ و ۱۵ درصد قیمت اولیه خرید محاسبه می شود. عموماً ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه های عملیات مربوط به سوخت، ۲۵ درصد مربوط به تامین لوازم یدکی و مابقی مربوط به اپراتور دستگاه است.

هزینه های جابجایی کانتینر: این زیرشاخص به صورت هزینه متوسط برای جابجایی کانتینر در محوطه تعریف می شود (Nooramin and Kiani, 2009).

هزینه های ناشی از استهلاک دستگاه ها: زیرشاخص هزینه های ناشی از استهلاک جرثقیل های محوطه ای به صورت حاصل تقسیم اختلاف بین هزینه سرمایه گذاری اولیه (خرید دستگاه) و قیمت دستگاه در حال حاضر بر عمر مفید دستگاه تعریف می شود (UNCTAD, 1988).

ب) شاخص های فنی و عملیاتی: توجه به خصوصیات و ویژگی های فنی تجهیزات مورد استفاده در ترمینال های کانتینری و میزان مطابقت آن ها با خواسته های مدیران ترمینال ها، یکی از راهکارهای ارتقای عملکرد بنادر و خصوصاً ترمینال های کانتینری محسوب می شود. مهم ترین زیرشاخص های فنی و عملیاتی تصمیم گیری در خصوص انتخاب بهترین جرثقیل محوطه ای در ترمینال های کانتینری عبارتند از:

میزان انعطاف پذیری دستگاه ها: با توجه به روند اتوماسیون و مدرن نمودن بنادر و ترمینال های کانتینری، قابلیت به روز نمودن (مثلاً اتوماتیک کردن) دستگاه یکی از مزیت های مهم در انتخاب جرثقیل محوطه ای می باشد. با توجه به این امر، زیر شاخصی با عنوان میزان انعطاف پذیری دستگاه ها در روند تصمیم گیری اعمال می شود.

فضای عملیاتی: محدودیت فیزیکی و عرصه ی مورد نیاز یکی از عوامل محدود کننده توسعه بنادر است. انتخاب بهینه جرثقیل و توجه به فضای مورد نیاز برای عملیات جرثقیل (فضای و عرصه ی کاری ایمن، ابعاد جرثقیل و شعاع چرخش جرثقیل) از عواملی است که باید مد نظر استراتژیست های بنادر قرار بگیرد.

متوسط زمان سرویس دستگاه ها: از آنجایی که محل بارگیری و تخلیه کامیون ها (توسط جرثقیل های محوطه ای) به عنوان یکی از نقاط تشکیل صف انتظار در بنادر محسوب می شود (Huynh and Walton, 2005)، زیرشاخص زمان سرویس جرثقیل ها در روند تصمیم گیری اعمال می شود. مدت زمان لازم برای برداشتن یک کانتینر از روی کامیون و قرار دادن آن در محوطه کانتینری و سپس قرار گرفتن در حالت آماده به کار، به عنوان زمان سرویس دستگاه شناخته می شود (Kiani et al., 2006).

تعداد جابجایی کانتینر توسط هر دستگاه: حداکثر تعداد کانتینری که در یک بازه زمانی مشخص می تواند توسط جرثقیل جابجا شود به عنوان معیاری برای سنجش تعداد جابجایی کانتینر در نظر گرفته می شود.

ج) شاخص های مدیریتی: مدیران بنادر و ترمینال های کانتینری برای حسن انتخاب در خرید تجهیزات و مدرن سازی بنادر، نیاز به بررسی شاخص های مرتبط با توانمندی مدیریتی خود دارند. با توجه به وضعیت حاکم بر بنادر ایران، دو زیر شاخص مدیریتی به شرح زیر تعریف می شود:

www.SID.ir

Archive of SID

عمر مفید (عمر اقتصادی) ماشین آلات: با توجه به هزینه های گزاف تعمیرات و نگهداری و نیز تغییرات سریع در نسل کشتی های کانتینربر و همچنین نسل نوین بنادر، عمر اقتصادی جرثقیل ها یکی از مهم ترین ویژگی هایی است که باید مد نظر سفارش دهندگان این تجهیزات گران بهای ترمینال های کانتینری قرار گیرد.

با اینکه در عمل عمر اقتصادی با آنچه سازنده ارائه می دهد، متفاوت است، ولی عموماً بصورت تئوری عمر مفید دستگاه با توجه به عواملی مانند تعداد سیکل های کاری دستگاه سنجیده می شود و به عواملی مانند میزان استفاده، شرایط نگهداری، شرایط اقلیمی و مهارت اپراتورها بستگی دارد.

ایمنی دستگاه ها: با توجه به عضویت ایران در کنوانسیون بین المللی کانتینرهای ایمن و نیز وقوع سوانح و تصادف های متعدد ناشی از عدم توجه به مسائل ایمنی در بارگیری و تخلیه کامیون های حمل کانتینر درمحوطه های داخل بنادر، زیر شاخص ایمنی دستگاه ها به عنوان یکی از زیر شاخص های تصمیم گیری مدیریتی تعریف شده است.

از آنجا که عدم دقت مناسب در انتخاب جرثقیل های محوطه ای، علاوه بر اتلاف سرمایه های ارزی گزاف، منجر به کاهش کارآیی محوطه داخل ترمینال و افزایش زمان انتظار کامیون ها برای بارگیری و تخلیه کانتینر ها می شود، درختچه سلسله مراتبی براساس پیشنهاد بهینه ترین نوع جرثقیل برای بارگیری و تخلیه کامیون ها در ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی تدوین شده است. با توجه به مشکلات موجود در بنادر ایران، بخصوص بندر شهید رجایی و روند عملیاتی حاکم بر این بنادر، شاخص های تصمیم گیری در سه گروه شاخص های اقتصادی، شاخص های فنی - عملیاتی و شاخص های مدیریتی تقسیم بندی شده اند که مهم ترین آن ها در جدول ۱ به شرح زیر بیان شده اند:

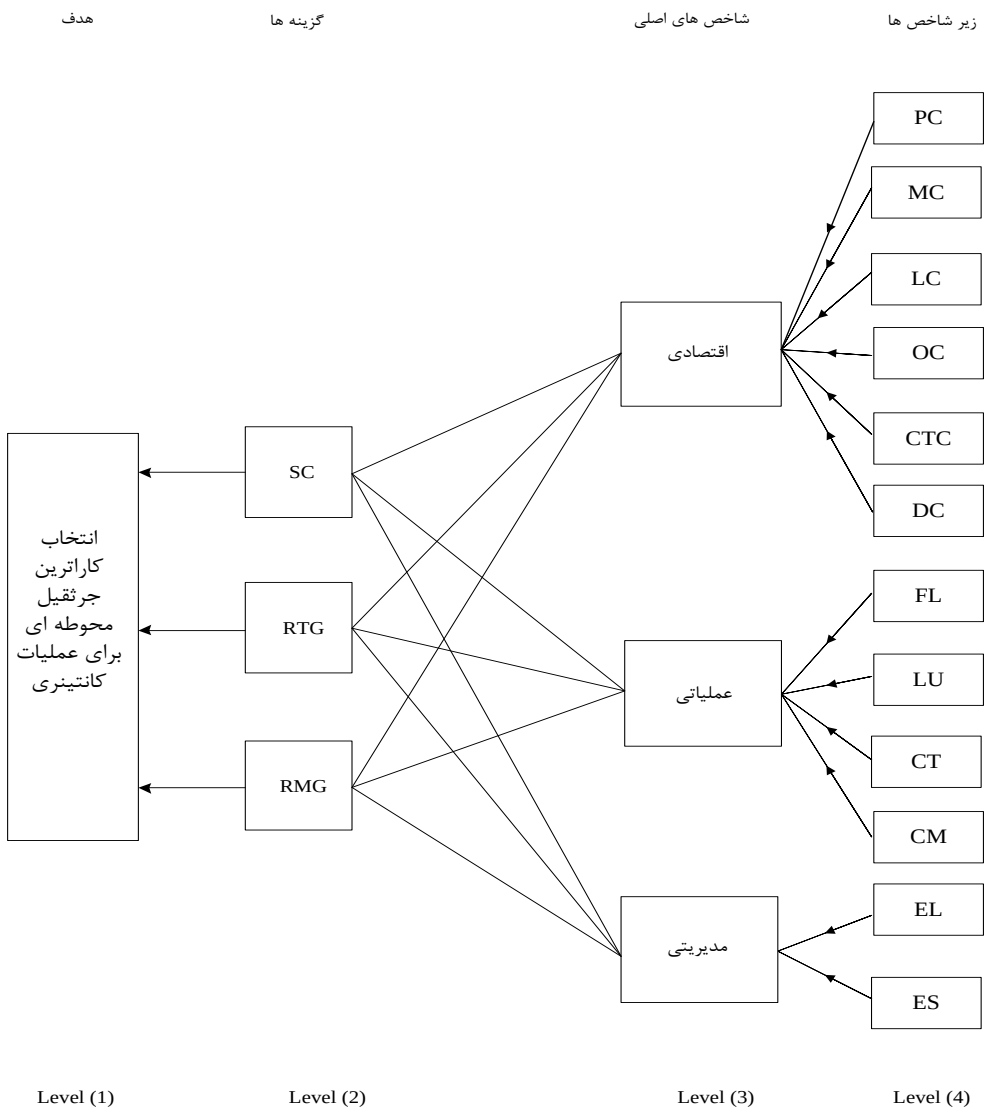
جدول ۱. شاخص های تصمیم گیری برای انتخاب جرثقیل های محوطه ای

شاخص	زیر شاخص
اقتصادی (EA)	(PC)هزینه های خرید تجهیزات
	(LC)هزینه های نیروی کار و اپراتور دستگاه ها
	(MC)هزینه های نگهداری ماشین آلات
	(OC)هزینه های عملیاتی داخل محوطه ترمینال کانتینری
	(CTC)هزینه های مورد نیاز برای جابجایی کانتینر
	(DC)هزینه های ناشی از استهلاک دستگاه ها
فنی و عملیاتی (OA)	(FL)میزان انعطاف پذیری دستگاه ها
	(LU)فضای عملیاتی
	(CT)متوسط زمان سرویس دستگاه ها
	(CM)تعداد جابجایی کانتینر توسط هر دستگاه
مدیریتی (MA)	(EL)عمر اقتصادی ماشین آلات
	(ES)ایمنی دستگاه ها

درختچه تصمیم گیری طراحی شده در این مرحله در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که در شکل نشان داده شده است، سطح اول نشانگر هدف تصمیم گیری می باشد. سطوح تصمیم گیری دوم و سوم ب ه ترتیب بیانگر شاخص های اصلی و زیرشاخص های تصمیم گیری می باشند و آخرین سطح درختچه بیانگر گزینه های موجود (آلترناتیوها) است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. ساختار تصمیم گیری سلسله مراتبی برای انتخاب بهترین جرثقیل در محوطه داخل ترمینال

با توجه به هدف این تحقیق، درجه اهمیت شاخص های اصلی تصمیم گیری به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

- شاخص های فنی و عملیاتی: مطلوبیت کامل
- شاخص های اقتصادی: مطلوبیت قوی
- شاخص های مدیریتی: کمی مهم

با توجه به شاخص های تدوین شده، درختچه تصمیم گیری با توجه به داده های ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی تحلیل می شود.

ماتریس فازی نشان داده شده در جدول ۲ مربوط به مقایسه‌ی معیارهای اصلی موجود در سطح دوم نمودار نشان داده شده در شکل ۴ 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 وزن های نسبی مربوطه، فقط برای معیارهای اصلی (جدول ۲) و زیر شاخصه‌های معیار مدیریت (جدول ۳) به طور کامل آورده شده است. نتیجه کامل محاسبات نیز در جداول ۴ تا ۷ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. ماتریس ارزیابی فازی شاخص های اصلی تصمیم گیری با توجه به هدف

	MA	EA	OA
MA	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)
EA	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)
OA	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)

۳. نتایج

از جدول ۲، مطابق با روش آنالیز توسعه‌ی Chang (1996)، مقادیر بسط مرکب فازی با استفاده از رابطه‌ی (۵) بدست می‌آیند:

$S_{MA} = (1.8,2,2.33) \otimes (1/12.83, 1/10, 1/7.97) = (0.140, 0.200, 0.293)$

$S_{EA} = (3.17,4.00,5.50) \otimes (1/12.83, 1/10, 1/7.97) = (0.247, 0.4, 0.69)$

$S_{OA} = (3, 4, 5) \otimes (1/12.83, 1/10, 1/7.97) = (0.234,0.4,0.628)$

مقادیر فازی بدست آمده نیز با استفاده از رابطه‌ی (۷) مورد مقایسه قرار می‌گیرند:

$V(S_{MA} \geq S_{EA}) = 0.19, \quad V(S_{EA} \geq S_{OA}) = 1 \quad V(S_{OA} \geq S_{MA}) = 1$

$V(S_{MA} \geq S_{OA}) = 0.23, \quad V(S_{EA} \geq S_{MA}) = 1, \quad V(S_{OA} \geq S_{EA}) = 1$

برای بدست آوردن بردارهای وزنی مربوطه با استفاده از فرمول (۹) داریم:

$d'(MA) = \min(0.19, \ 0.23) = 0.19$

$d'(OA) = \min(1,1) = 1 \quad d'(EA) = \min(1,1) = 1$

بنابراین بردار غیرنرمال W' عبارت است:

$W' = (0.19, \ 1, \ 1)$

پس از نرمالیزه کردن بردار W' وزن های نسبی بدست آمده با توجه به هدف اصلی و طبق رابطه (۱۰) عبارتند از:

$W = (0.086, \ 0.457, \ 0.4)$

جدول ۳. ماتریس ارزیابی فازی زیرشاخص های مدیریتی

	EL	ES
E	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2
ES	(2,3,4)	(1,1,1)

با توجه به داده‌های موجود در جدول ۳ و مطابق با روش آنالیز توسعه‌ی چنگ، مقادیر بسط های مرکب فازی با استفاده از رابطه‌ی (۳) بدست می‌آیند:

$S_{EL} = (0.4, 0.6, 0.86) \quad S_{ES} = (0.3, 0.4, 0.57)$,

مقادیر فازی بدست آمده با استفاده از رابطه‌ی (۷) مورد مقایسه قرار می‌گیرند:

$V(S_{EL} \geq S_{ES}) = 1, \quad V(S_{ES} \geq S_{EL}) = 0.46$

برای بدست آوردن بردارهای وزنی مربوطه با استفاده از فرمول (۹) داریم:

$d'(EL) = 1 \quad , \quad d'(ES) = 0.46$

بنابراین بردار غیرنرمال W' عبارت است:

$W' = (1, \ 0.46)^T$

پس از نرمالیزه کردن بردار W' وزن های نسبی بدست آمده با توجه به هدف اصلی و طبق رابطه‌ی (۱۰) عبارتند از:

$W = (0.68, \ 0.32)$

با توجه به نتایج بدست آمده زیر شاخصه ی عمر اقتصادی ماشین آلات از ارجحیت بیشتری نسبت به زیر شاخصه ی ایمنی دستگاه ها برخوردار است. جداول ۴ تا ۶ وزن‌های نسبی زیرشاخصه‌های تعریف شده برای معیارهای اصلی نسبت به گزینه ها را نشان می دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. وزن‌های نسبی بدست آمده برای برای زیرشاخصه‌های معیار مدیریتی

	EL	ES	Alternative priority weight
Weight	0.68	0.32	
Alternative			
SC	0.153	0.0	0.1040
RTG	0.084	0.5	0.2172
RMG	0.763	0.5	0.6788

جدول ۵. وزن‌های نسبی بدست آمده برای برای زیرشاخصه‌های معیار فنی و عملیاتی

	CT	FL	LU	CM	Alternative priority weight
Weight	0.111	0.258	0.304	0.327	
Alternative					
SC	0	0.441	0	0	0.1138
RTG	0.471	0.392	0.432	0.432	0.4260
RMG	0.529	0.167	0.568	0.568	0.4602

جدول ۶. وزن‌های نسبی بدست آمده برای برای زیرشاخصه‌های معیار اقتصادی

	CTC	LC	MC	DC	PC	OC	Alternative priority weight
Weight	0.075	0.105	0.162	0.198	0.203	0.257	
Alternativ SC	0.935	0	0	0	0	0	0.0701
RTG	0.065	0.529	0.529	0.826	0.529	0.529	0.5530
RMG	0	0.471	0.471	0.174	0.471	0.471	0.3769

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷ وزن نسبی گزینه ها نسبت به هدف اصلی که همان انتخاب مناسبترین سیستم جرثقیل است را نشان می‌دهد.

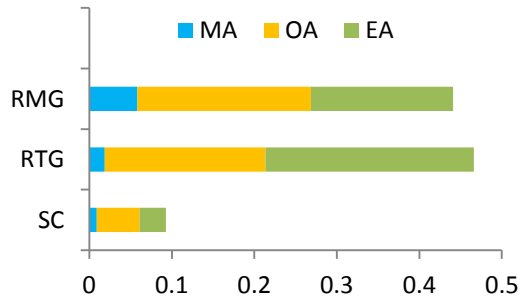
جدول ۷. وزن‌های نسبی بدست آمده برای برای معیارهای اصلی

	MA	OA	EA	Alternative priority weight
Weight	0.0860	0.457	0.457	
Alternative				
SC	0.1040	0.1138	0.0701	0.0930
RTG	0.2172	0.4260	0.5530	0.4661
RMG	0.6788	0.4602	0.3769	0.4409

با توجه به وزن‌های بدست آمده برای گزینه-های مورد بررسی، سیستم RTG بعنوان سیستم با بهترین عملکرد معرفی شده است. نقاط ضعف و قوت سیستم های مورد ارزیابی با بررسی جداول فوق بخوبی نمایان می‌شود.

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج ارزیابی شاخص های اصلی اولین درختچه تصمیم گیری در شکل زیر نشان داده شده است که براساس مقایسه مقادیر وزن های نرمال شاخص های تصمیم گیری اقتصادی، فنی-عملیاتی و مدیریتی ترسیم شده است. همان طور که از شکل ۵ مشخص است، جرثقیل دروازه ای RTG در معیارهای اقتصادی و فنی- عملیاتی بر سایر گزینه ها ارجحیت دارد.

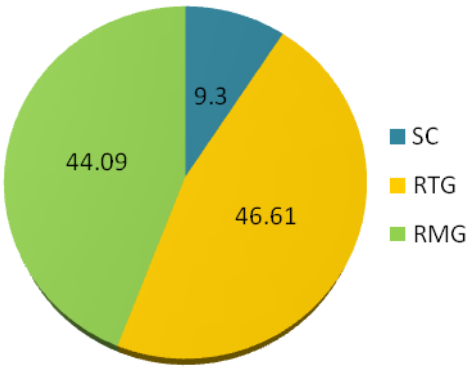


شکل ۵. مقایسه شاخص های اصلی تصمیم گیری براساس وزن نرمال

در صورتیکه انتخاب کارآمدترین جرثقیل براساس معیارهای مدیریتی باشد، اولویت با RMG خواهد بود. با توجه به نتایج به دست آمده، قیمت اولیه خرید RTG از سایر گزینه ها پائین تر بوده و کمترین هزینه استهلاک را نسبت به SC و RMG دارد. در حالیکه هزینه های هزینه نیروی کار و اپراتور، نگهداری و عملیات داخل محوطه جرثقیل RMG نسبت به سایر گزینه ها کمتر است. از میان تمام زیر شاخص های اقتصادی، SC تنها در هزینه های جاجایی کانتینر دارای اولویت است. از میان زیر شاخص های تصمیم گیری فنی-عملیاتی، بیشترین انعطاف پذیری متعلق به SC می باشد و RMG در فضای عملیاتی، زمان سرویس و تعداد جابجایی کانتینر دارای اولویت است. نتایج انتخاب کارآمدترین جرثقیل محوطه ای با در نظر گرفتن نتایج ارزش گذاری و اولویت بندی در شکل ۶ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. نتایج انتخاب کارآمدترین جرثقیل محوطه ای

همان طور که از شکل فوق مشخص است، RTG با کسب ۶۱/۴۶ درصد امتیاز، کارآمدترین جرثقیل برای عملیات بارگیری و تخلیه در ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی می باشد. جرثقیل RMG با کسب ۰۹/۴۴ درصد امتیاز، در اولویت دوم قرار دارد و کمترین اولویت مربوط به SC می باشد که تنها ۳۰/۹ درصد امتیاز را به خود اختصاص داده است.

به طور کلی RMG و RTG به خاطر قابلیت های عملیاتی مناسب، گزینه های مناسبی برای انتخاب توسط مدیران ترمینال های کانتینری بزرگ می باشند. در حالیکه SC به خاطر قیمت اولیه پائین تر، نیاز به فضای عملیاتی کمتر و انعطاف پذیری بیشتر، ترجیحاً در ترمینال های کانتینری کوچک مورد استفاده قرار می گیرد.

منابع

نورامین، ا. و کیانی مقدم، م. ۱۳۸۸،کارآمدی اپراتور خصوصی- نقش خصوصی سازی در افزایش عملیات کانتینری بنادر منطقه. بندر و دریا، شماره ۲۸: ۶۷- ۶۹.

الصفی، ب، ۱۳۸۷، مدیریت حمل و نقل کانتینری و بررسی جایگاه بندر شهید رجایی در بین صد بندر کانتینری برتر دنیا. گزارش طرح سازمان بنادر و دریانوردی استان هرمزگان، صفحات ۸۸-۱۱

کیانی مقدم، م.، نورامین، ا. و پاکدین بیدختی، ع. ۱۳۸۷، Formulating a Break - Even Model for Evaluating the Cost of Container Vessels Waiting Times and Berth Idle Times in Automated Quayside Operation، دهمین همایش صنایع دریایی، ۹-۱۱ آبان، آبادان.

Bish, E., 2003, A Multiple-Crane-Constrained Scheduling Problem in a Container Terminal, European Journal of Operational Research 144: 83-107.

Celik, M., Er, I. and Ozok, A., 2009, Application of Fuzzy Extended AHP Methodology on Shipping Registry Selection: The Case of Turkish Maritime Industry, Expert Systems with Applications 36: 190-198.

Chang, Y., 1996, Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research 95: 649-655.

Dekker, R., Voogd, P. and Asperen, E., 2006, Advanced Methods for Container Stacking, ORSpectrum 28: 563-586.

Ertugrul, I. and Karakasoglu, N., 2006, The Fuzzy Analytic Hierarchy Process For Supplier Selection and an Application in a Textile Company, Sakarya University, The 5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, Denizli, Turkey, 29-31 May.

Hartmann, S., 2004, Generating Scenarios for Simulation and Optimization of Container Terminal logistics, OR Spectrum 26: 171-192.

Huynh, N. and Walton, C., 2005, Methodologies for Reducing Truck Turn Time at Marine Container Terminals, Center of Transportation Research, University of Texas, USA.

Imai, A., Sun, X., Nishimura, E. and Papadimitriou, S., 2005, Berth Allocation in a Container port: Using a Continuous Location Space Approach, Transportation Research: Part B 39: 199-221.

Jung, H., Park, Y.M., Lee, B., Kim, K. and Ryu, K., 2006, A Quay Crane Scheduling Method Considering Interference of Yard Cranes in Container

www.SID.ir

Moorthy, R. and Teo, C., 2006, Berth Management in Container Terminal, the Template Design Problem, OR Spectrum 28: 495-518.

Nooramin, A.S. and Kiani, M., 2009, An Energy – Cost Approach for Evaluation of Operating Systems in Container Terminals, WMU Journal of Maritime Affairs 8 (Issue 2): 203-213.

Preston, P. and Kozan, E., 2001, An Approach to Determine Storage Locations of Containers at Seaport Terminals, Computers & Operations Research 28: 983-995.

Saaty, T. L., 1977, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structure, Journal of Mathematical Psychology 15: 30-47.

Steenken, D., Vob, S. and Stahlbock, R., 2004, Container Terminal Operation and Operations Research- a Classification and Literature Review, OR Spectrum 26: 3-49.

UNCTAD, 1988, Operating and Maintenance Features of Container Handling System, United Nations, Geneva.

Zadeh, L., 1965, Fuzzy Sets, Journal of Information Control 8: 338–353.

Zeng, Q. and Yang, Z., 2009, Integrating Simulation and Optimization to Schedule Loading Operations in Container Terminals, Computers & Operations Research 36: 1935-1944.

Terminals, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, pp. 461-471.

Kahraman, C., Kaya, I. and Cebi, S., 2009, A Comparative Analysis for Multi-attribute Selection among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design and Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Energy xxx 5: 1–14.

Kiani, M., Bonsall, S., Wang, J. and Wall, A., 2006, A Break-Even Model for Evaluating the Cost of Container Ships Waiting Times and Berth Unproductive Times in Automated Quayside Operation, WMU Journal of Maritime Affairs 5 (No. 2): 153-162.

Kiani, M., Bonsall, S., Wang, J. and Wall, A., 2009, Application of Multiple Attribute Decision-Making (MADM) and Analytical Hierarchy Process (AHP) Methods in the Selection Decisions for a Container Yard Operating System, International Journal of Marine Technology Society 43, (Issue 3): 34-50.

Kim, K., Park, Y. and Jin, M., 2008, An Optimal Layout of Container Yards, OR Spectrum 30: 675-695.

Kozan, E. and Preston, P., 2006, Mathematical Modeling of Container Transfers and Storage Locations at Seaport Terminals, OR Spectrum 28: 519-537.

Lee, Y. and Chen, C., 2009, An Optimization Heuristic for the Berth Scheduling Problem, European Journal of Operational Research 196: 500-508.

www.SID.ir