Archive of SID

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

مرکز تحقیقات و اطلاعات علمی ایران

www.SID.ir

ارایه مدل تخصیص بهینه پهلوگیرها در ترمینال های کانتینری

سیدرضا سیدعلیزاده گنجی، کارشناس ارشد حمل و نقل، علوم و تحقیقات تهران دانشگاه آزاد
نادر عربشاهی، استادیار گروه برنامه ریزی حمل و نقل، علوم و تحقیقات تهران دانشگاه آزاد

چکیده

مهم ترین هدف برای یک ترمینال کانتینری، افـزایش رانـدمان آن و یـا در حالت خاص کاهش زمان توقف کشتی ها می باشد. زمان توقـف یـک کشـتی وابسته به تخصیص و زمان بندی مناسب هر کدام از منابع موجود در ترمینـال از جمله پهلوگیر، کامیون ها، جرثقیل های اسکله و محوطه می باشد. بنابراین برنامه ریزی و زمان بندی مناسب برای هرکدام از منابع موجود در ترمینـال را می توان به عنوان یکی از موثرترین راه ها در افزایش راندمان بنادر کـانتینری دانست.

پهلوگیرها به عنوان مهم ترین منابع در بنادر کانتینری به شمار می روند، به این دلیل که در میان تمام فاکتورهای وابسته به هزینه دارای بیش ترین هزینه ساخت می باشند. بنابراین استفاده بهینـه از پهلوگیرهـا بـه عنـوان یکـی از فاکتورهای کلیدی در افزایش بهـره وری ترمینـال هـای کـانتینری محسـوب می شود. هدف از تخصیص بهینه پهلوگیرها ، کاهش هزینه پردازش کانتینر در بنادر می باشد که در قالب زمان های انتظار و توقف کشتی ها مطرح می شـود. این شاخص ، یکی از شاخص های مناسب برای اندازه گیری کارایی و بهره وری

Archive of SID

www.SID.ir

ترمینال کانتینری محسوب می شود. بر این راستا این مقاله سعی دارد تا مساله تخصیص پهلوگیرها را در قالب یک مدل برنامه ریزی با هدف به حداقل رساندن زمان سرویس دهی به کشتی ها مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. مهم ترین محدودیتی که در این مدل تخصیص لحاظ می شود این است که زمان پردازش کشتی ها برای همه نقاط پهلوگیری یکسان نبوده و با فاصله نسبت به محل پشته سازی کانتینرها در محوطه انبار تغییر خواهد کرد.

کلید واژه ها : *حمل و نقل کانتینری ، تخصیص پهلوگیر ، مدل برنامه ریزی*

۱- مقدمه

سرعت به عنوان یکی از عمومی ترین معیارهای بهره وری در ترمینال های کانتینری مطرح می باشد. پارامتر سرعت در مواردی از جمله زمان گردش کشتی در ترمینال، سرعت کار جرثقیل ها و وسایل نقلیه موجود در محوطه ترمینال نهفته است. از شاخص های دیگری که برای ارزیابی بهره وری یک ترمینال کانتینری استفاده می شود، می‌توان به مواردی از جمله زمان سرویس دهی، زمان انتظار و زمان گردش کشتی‌ها اشاره کرد. بر این اساس برای داشتن یک زمان گردش کوتاه باید هر دو زمان انتظار و سرویس دهی در حد حداقل نگه داشته شوند. بزرگی زمان های انتظار و سرویس دهی بیش تر از منابع دیگر منتج از تخصیص نا مناسب پهلوگیر به کشتی‌ها می‌باشند. بر این راستا این مقاله سعی دارد تا با معرفی مدل آکیو ایمای[۱۶] [1] ، نتایج کاربردی این مدل را با استفاده از الگوریتم ابتکاری ژنتیک[۱۷] مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

---

15 Akio Imai
16 Genetic Algorithm

Archive of SID

www.SID.ir

۲- ادبیات موضوع

همان طور که بیان شده است مسایل موجود در زمینه پهلوگیرها در دو مقوله گسسته[۱۸] و پیوسته[۱۹] مورد مطالعه قرار می گیرند. از بارزترین پژوهش های انجام شده در زمینه گسسته می توان به پژوهش های آکیو ایمای و هم کاران در سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ و نیز تحقیق انجام شده توسط اتسوکو نیشیمورا و همکارن در سال ۲۰۰۱ اشاره کرد[2,3,4]. در پژوهش های آکیو ایمای و هم کاران در سال ۲۰۰۱ ، مساله تخصیص پهلوگیرها در قالب یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط[۲۰] با هدف حداقل ساختن زمان سرویس دهی به کشتی ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای حل این مدل از روش زیرگرادیان[۲۱] بهره گرفته شد[2]. آکیو ایمای و هم کاران در سال ۲۰۰۳ نیز بار دیگر مدل مطرح شده در سال ۲۰۰۱ را مورد بررسی قرار دادند، با این تفاوت که به جای استفاده از روش زیر گرادیان، از الگوریتم ژنتیک برای حل مدل استفاده کرد[3] . بر اساس پژوهش های اتسوکو نیشیمورا و هم کاران در سال ۲۰۰۱، یک مدل برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح[۲۲] ایجاد شده و با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار گرفته است[4].

برای اولین بار لیم[۲۳] در سال ۱۹۹۸ مساله تخصیص پهلوگیرها را به صورت پیوسته و با فرض اینکه کشتی ها به محض رسیدن به بندر پهلوگیری می کنند، مورد بررسی قرار داد[5].گوان[۲۴] و هم کاران نیز در سال ۲۰۰۲ مساله تخصیص پیوسته پهلوگیرها را

---

17 Discrete
18 continuous
19 Mixed Integer linear Programming
20 Sub Gradient
21 Integer Nonlinear Programming
22 Lim
23 Guan

Archive of SID

www.SID.ir

با هدف حداقل ساختن مجموع زمان های سرویس دهی به کشتی ها مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند[6]. تحقیق دیگری که در سال ۲۰۰۲ انجام شد، متعلق به پارک و کیم[۲۵] می باشد. این افراد نیز مساله تخصیص پیوسته پهلوگیرها را با استفاده از روش گرم و سرد ساختن شبیه سازی[۲۶] شده و با هدف حداقل ساختن هزینه های ناشی از تاخیر در اعزام کشتی ها مورد مطالعه قرار دادند [7]. در سال ۲۰۰۳ نیز کیم و مون[۲۷] همان مدل تخصیص پهلوگیرها را که توسط پارک وکیم، در سال ۲۰۰۲ ارائه شده بود، مجددا با استفاده از روش زیر گرادیان مورد بررسی قرار دادند[8].

نکته حایز اهمیت این است در هیچ کدام از این پژوهش های انجام شده ، زمان تخلیه و بارگیری متناسب با موقعیت پهلوگیری کشتی ها در نظر گرفته نشده است. اما در مدل ارایه شده توسط آکیو ایمای در سال ۲۰۰۵ که در این مقاله با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار خواهد گرفت، این موضوع مورد توجه قرار گرفته است.

۳- تخصیص بهینه پهلوگیرها

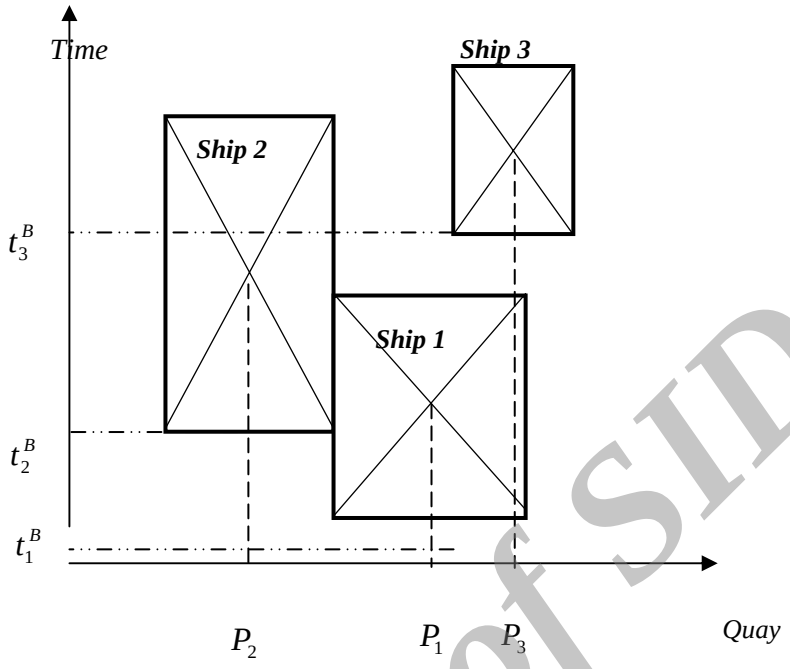
فضای اشغال شده موجود در پهلوگیرها را می توان به صورت یک فضای دو بعدی زمان و مکان معرفی کرد. همان طور که در شکل (۱) نیز مشاهده می شود، یک کشتی را می توان در مختصات دکارتی به صورت یک مستطیل نمایش داد، به طوری که طول مستطیل برابر با طول کشتی و ارتفاع آن مدت اقامت کشتی در بندر (یا زمان تخلیه و بارگیری) را نشان می دهد.

---

24 Park and Kim
25 Simulated Annealling
26 Kim and Moon

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۱): نمایش هندسی موقعیت یک کشتی نسبت به مکان (اسکله) و زمان

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۱- فرضیه های مدل

برای آسان تر شدن هر مدلی وجود یک سری فرضیه ها الزامی است. فرضیه های به کار رفته در این مدل تخصیص پهلوگیرها را می توان به صورت زیر بیان کرد :

۱. هیچ گونه تاخیری در رسیدن کشتی ها به بندر وجود ندارد.

۲. زمان تخلیه و بارگیری کشتی ها متناسب با فاصله میان نقطه پهلوگیری کشتی نسبت به بهترین نقطه ای که می تواند پهلو گیرد، به صورت خطی و با شیب $\tan\alpha_i$ افزایش می یابد. به این ترتیب زمان تخلیه و بارگیری یک کشتی را می توان به صورت رابطه (۱) بیان کرد[8]:

$$C_i = CM_i + \left|p_i - M_i\right| \tan\alpha_i$$

در رابطه(۱)، CM_i، زمان تخلیه و بارگیری کشتی i در بهترین موقعیت پهلوگیری، P_i معرف مختصات مرکز کشتی i در اسکله و M_i نیز نشان دهنده بهترین موقعیت پهلوگیری برای کشتی i می باشد. لازم به ذکر است که اندازه $\tan\alpha_i$ به چگونگی عملکرد تجهیزات داخلی بندر وابسته می باشد.

۳. حداقل فاصله مورد نیاز میان کشتی ها برای لنگر اندازی در طول کشتی ها لحاظ شده است.

۴. زمان تلف شده در هنگام پهلوگیری کشتی ها در زمان تخلیه و بارگیری کانتینرها لحاظ می شود.

۳-۲-مدل برنامه ریزی

مدل تخصیص بهینه پهلوگیرها به صورت پیوسته در قالب یک مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط و به صورت زیر تعریف می شود :

Archive of SID

www.SID.ir

$$\text{Minimize} \quad Z = \sum_{i \in V} \left(t_i^F - A_i \right) \qquad (1)$$

$$\text{subject to :} \quad \left| p_i - p_j \right| \delta_{ij}^p \geq \frac{L_i + L_j}{2} \delta_{ij}^p \quad , \quad \forall i, j (\neq i) \in V, \qquad (2)$$

$$\left| \frac{t_i^B + t_i^F}{2} + \frac{t_j^B + t_j^F}{2} \right| \delta_{ij}^t \geq \frac{C_i + C_j}{2} \delta_{ij}^t \quad , \quad \forall i, j (\neq i) \in V, \qquad (3)$$

$$\delta_{ij}^p + \delta_{ij}^t = 1 \quad , \quad \forall i, j (\neq i) \in V, \qquad (4)$$

$$p_i - \frac{l_i}{2} \geq 0 \quad , \quad \forall i \in V, \qquad (5)$$

$$p_i + \frac{l_i}{2} \leq Q \quad , \quad \forall i \in V, \qquad (6)$$

$$t_i^B \geq \max(A_i, 0) \quad , \quad \forall i \in V, \qquad (7)$$

$$p_i, t_i^B \geq 0 \quad \textit{and are Integer} \quad , \quad \forall i \in V, \qquad (8)$$

$$\delta_{ij}^p, \delta_{ij}^t \in \{0,1\} \quad , \quad \forall i, j (\neq i) \in V \qquad \forall i \in V, \qquad (9)$$

پارامترهای به کار رفته در مدل تخصیص عبارتند از :

$i (= 1, ..., T) \in V$	مجموعه کشتی ها
A_i	زمان رسیدن کشتی i
L_i	طول کشتی i
Q	طول اسکله
M_i	موقعیت اسکله با حداقل زمان عملیات جا به جایی برای کشتی i
C_i	زمان تخلیه و بارگیری کشتی i
p_i	موقعیت کشتی i در اسکله
t_i^B	زمان شروع عملیات تخلیه و بارگیری برای کشتی i
$t_i^f (= t_i^B + C_i)$	زمان کامل شدن عملیات تخلیه و بارگیری برای کشتی i

در مدل تخصیص p_i ها و t_i^B ها متغیرهای تصمیم گیری می باشند که به صورت عدد صحیح تعریف می شوند. δ_{ij}^p و δ_{ij}^t نیز به عنوان متغیرهای صفر و یک در

Archive of SID

www.SID.ir

این مدل مطرح می باشند.

تابع هدف (۲) نشان دهنده مجموع زمان های سرویس دهی به کشتی ها می باشد که تحت عنوان زمان رسیدن تا اعزام کشتی ها مطرح می شود. محدودیت های (۳) و(۴) نیز نشان دهنده محدودیت های عدم اشتراک در بعد زمان و مکان برای کشتی ها می باشند. محدودیت (۵) که به صورت $\delta_{ij}^{p}+\delta_{ij}^{t}=1$ تعریف می‌شود، نشان دهنده این مطلب است که بایستی یکی از محدودیت های عدم اشتراک مکان و یا زمان ارضا شوند. محدودیت‌های (۶) و (۷) اطمینان می دهند که هر کشتی باید در طول اسکله پهلوگیری کند و محدودیت (۸) نیز مجاب می‌کند که کشتی ها باید بعد از زمان رسیدن به بندر پهلوگیری کنند.

۴- روش حل مدل

برای حل مسایل پیچیده ای مانند برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح مختلط، الگوریتم های بهینه سازی از جمله الگوریتم شاخه و کرانه کارایی چندانی نخواهند داشت. هم چنین نرم افزارهای موجود در زمینه تحقیق در عملیات که مجری این الگوریتم می باشند نیز کارایی خود را از دست خواهند داد. بنابراین برای فایق آمدن بر این مساله ها، استفاده از الگوریتم های ابتکاری می تواند راه گشا باشد. لذا به دلیل انطباق بالای برنامه ریزی تخصیص پهلوگیرها با الگوریتم ژنتیک، مدل فوق الذکر بر روی این الگوریتم اجرا شده و برای کد نویسی مدل فوق الذکر از زبان برنامه نویسیMATLAB 7.0 استفاده شده است.

اجزای اصلی تشکیل دهنده الگوریتم ژنتیک عبارتند از: کروموزوم ها، جمعیت اولیه، تابع ارزیابی، پارمترهای کنترلی، سیاست انتخاب و عمل گرهای ژنتیکی.

برای اجرای مدل تخصیص بر الگوریتم ژنتیک ورودی های مورد نیاز برای اجرای

Archive of SID

www.SID.ir

الگوریتم به صورت زیر تعیین شده اند :

- ✓ دوره های تولید نسل به عنوان پارامتر کنترلی و برابر با ۱۰۰۰ دوره در نظر گرفته شده است.
- ✓ تعداد جمعیت اولیه لحاظ شده در الگوریتم نیز برابر با ۱۰۰ کروموزوم می باشد.
- ✓ مقدار احتمال اجرای عمل گر ترکیب برابر با ۰.۹ می باشد.
- ✓ مقدار احتمال اجرای عمل گر جهش نیز برابر با ۰.۰۹ در نظر گرفته می‌شود.

لازم به ذکر است که عمل گر ترکیب به کار رفته در این برنامه، عمل گر ترکیب دو نقطه برش بوده است و هم چنین روش چرخ رولت به عنوان مکانیزم انتخاب کروموزوم ها در نظر گرفته شده است.

۵- مثال عددی از مدل تخصیص

در این مثال عددی بندری با مشخصات زیر مورد بررسی قرار خواهدگرفت. در این مساله، بندر کانتینری دارای ۳ نقطه بهینه برای کشتی‌های ورودی به بندر خواهدبود که دارای نزدیک ترین فاصله نقل و انتقال به انبارهای کانتینر می‌باشند. تعداد کشتی‌هایی که در روز به بندر تردد می‌کنند ۱۲ کشتی فرض می‌شود که با نرخ ورود ثابت برابر با یک ساعت وارد بندر می‌شوند. طول این کشتی‌ها نیز ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ متر، با زمان های تخلیه و بارگیری به ترتیب ۵، ۷ و ۹ ساعت در نظر گرفته شده‌است. داده های ورودی مساله را می‌توان در جدول(۱) مشاهده‌کرد. خروجی‌های مساله را نیز می‌توان در جدول(۲) مشاهده نمود. این خروجی‌ها شامل مختصات نقطه پهلوگیری کشتی‌ها، زمان پهلوگیری کشتی‌ها و مجموع زمان‌های سرویس‌دهی به کشتی‌ها می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۱): ورودی های مساله تخصیص پهلوگیرها برای طول اسکله ۱۴۰۰ متر

ساعت ورود به بندر	۶:۰۰	۷:۰۰	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰	۱۵:۰۰	۱۶:۰۰	۱۷:۰۰
طول کشتی (متر)	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۰
نقطه پهلوگیری (متر)	۳۵۰	۷۰۰	۱۰۵۰	۳۵۰	۷۰۰	۱۰۵۰	۳۵۰	۷۰۰	۱۰۵۰	۳۵۰	۷۰۰	۱۰۵۰
زمان تخلیه بارگیری	۵/۰۰	۷/۰۰	۹/۰۰	۵/۰۰	۷/۰۰	۹/۰۰	۵/۰۰	۷/۰۰	۹/۰۰	۵/۰۰	۷/۰۰	۹/۰۰

جدول (۲): خروجی های مساله تخصیص پهلوگیرها برای طول اسکله ۱۴۰۰ متر

ساعت ۹۸/۰۰ = تابع هدف												
ساعت پهلوگیری	۶:۰۰	۷:۰۰	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۴:۰۰	۱۷:۰۰	۱۵:۰۰	۱۷:۰۰	۱۷:۰۰
نقطه پهلوگیری(متر)	۳۷۱	۶۰۰	۱۰۲۵	۲۱۷	۸۰۰	۱۲۷۵	۳۶۹	۵۵۲	۱۰۲۵	۱۲۴	۷۵۵	۳۲۷

جدول (۳): تغییرات مجموع زمان سرویس دهی در مقابل افزایش طول اسکله

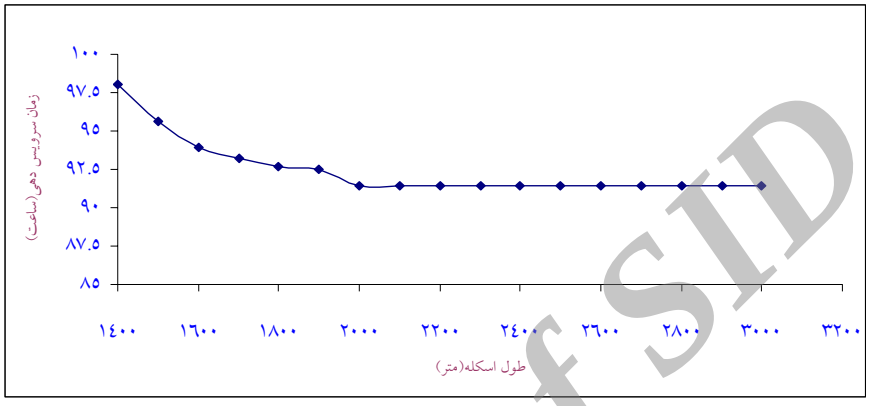
$\tan\alpha_i$ = ۰۰۵/۰ hr/m									
طول اسکله	۱۴۰۰	۱۵۰۰	۱۶۰۰	۱۷۰۰	۱۸۰۰	۱۹۰۰	۲۰۰۰	۲۱۰۰	≥ ۲۲۰۰
تابع هدف	۹۸/۰۰۰	۹۵/۶۰۰	۹۳/۹۶۰	۹۳/۲۵۵	۹۲/۷۲۰	۹۲/۵۴۰	۹۱/۳۹۰	۹۱/۳۹۰	۹۱/۳۹۰

همان طور که در جدول (۳) نیز مشاهده می شود، با فرض ثابت بودن $\tan\alpha_i$، با افزایش طول اسکله، از مجموع زمان های سرویس دهی به کشتی‌ها کاسته خواهد شد. نمودار تغییرهای تابع هدف در مقابل طول اسکله را نیز می توان در شکل (۱) مشاهده کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

طول بهینه اسکله برای مساله مورد نظر برابر با ۲۰۰۰ متر می‌باشد، زیرا همان طور که در شکل (۱) مشاهده می شود با افزایش طول اسکله تا طول ۲۰۰۰ متر می توان شاهد کاهش مجموع زمان سرویس دهی به کشتی ها بود در حالی که با افزایش بیش تر تغییری در مقدار تابع هدف مدل ایجاد نخواهد شد.



شکل (۱): تغییرهای مجموع زمان سرویس دهی ۱۲ کشتی در مقابل طول اسکله

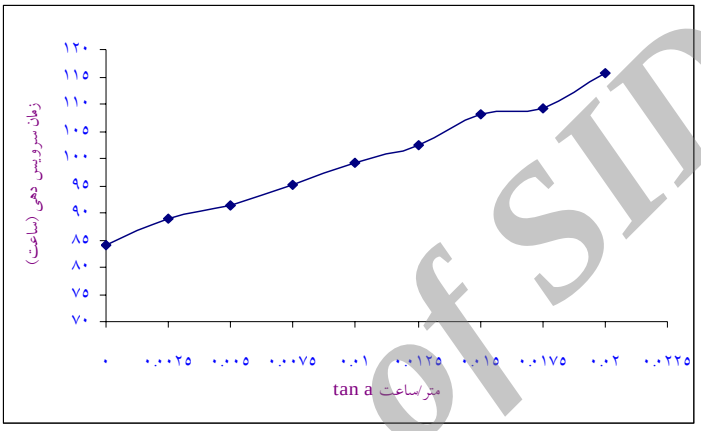
چگونگی تغییرهای مجموع زمان سرویس دهی به کشتی ها نسبت به $\tan\alpha_i$ های مختلف را می توان در جدول (۴) و شکل (۲) مشاهده کرد. با توجه به نمودار موجود در شکل (۲) می توان اظهار داشت که با افزایش $\tan\alpha_i$ زمان سرویس دهی به کشتی ها به طور محسوسی افزایش خواهد یافت. این افزایش زمان حتی از افزایش زمان سرویس دهی نسبت به طول اسکله بیش تر خواهد بود. در نتیجه باید با ارایه راه کارهای موثر و مدیریت مناسب بخش داخلی ترمینال های کانتینری، بتوان تا حد امکان از اندازه $\tan\alpha_i$ کاست.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۴): تغییرهای مجموع زمان سرویس دهی در مقابل $\tan\alpha_i$

طول اسکله = ۲۰۰۰ متر									
$\tan\alpha_i$	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲۵	۰/۰۱۵۰	۰/۰۱۷۵	۰/۰۲۰۰
تابع هدف	۸۴/۰۰۰	۸۸/۹۵۰	۹۱/۳۹۰	۹۵/۱۳۵	۹۹/۱۴۰	۱۰۲/۴۱۲	۱۰۸/۱۴۰	۱۰۹/۲۴۵	۱۱۵/۶۰۰



شکل (۲): تغییرهای مجموع زمان سرویس دهی نسبت به $\tan\alpha_i$

Archive of SID

www.SID.ir

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به یافته های ارایه شده در این مقاله، برای مدیریت بهینه پهلوگیرها، تطبیق درست میزان ترافیک ورودی به بندر با طول اسکله و نیز مدیریت داخلی ترمینال کانتینری به منظور کاهش مقدار $\tan\alpha_i$ در بنادر ضروری به نظر می‌رسد. لذا برای کاهش هزینه های ناشی از عدم سرویس دهی مناسب به کشتی‌ها، بررسی مدل مطرح شده در این مقاله و نیز نتایج برگرفته از آن می‌تواند راه گشای بسیاری از سختی های موجود در مقوله حمل و نقل کانتینری باشد.

۷- منابع

1. Imai, A., Nishimura, E., Papadimitriou, S., 2005. Berth allocation in a container port: using a continuous location space approach. Transportation Research Part B 39, 199-221.

2. Imai, A., Nishimura, E., Papadimitriou, S., 2001. The dynamic berth allocation problem for a container port. Transportation Research Part B 35, 401–417.

3. Imai, A., Nishimura, E., Papadimitriou, S., 2003. Berth allocation with service priority. Transportation Research PartB 37, 437–457.

4. Nishimura, E., Imai, A., Papadimitriou, S., 2001. Berth allocation planning in the public berth system by genetic algorithms. European Journal of Operational Research 131, 282–292.

5. Lim, A., 1998. The berth planning problem. Operations Research Letters 22, 105–110.

6. Guan, Y., Xiao, W.-Q., Cheung, R.K., Li, C.-L., 2002. A multiprocessor task scheduling model for berth allocation:heuristic and worst-case analysis. Operations Research Letters 30, 343–350.

7. Park, K.T., Kim, K.H., 2002. Berth scheduling for container terminals by using a sub-gradient optimization technique. Journal of the Operational Research Society 53, 1054–1062.

8. Kim, K.H., Moon, K.C., 2003. Berth scheduling by simulated annealing. Transportation Research Part B 37, 541–560.

Archive of SID

www.SID.ir