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

مدیریت زمان در بنادر کانتینری با اختصاص بهینه کشتی ها به طول اسکله

سیدرضا سیدعلیزاده گنجی، استادیار گروه برنامه ریزی حمل و نقل ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

حسن جوانشیر، کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده :

این مقاله سعی دارد تا به منظور کمینه سازی زمان سرویس دهی به کشتی ها، پس از معرفی یک مدل ریاضی پیشنهادی، مسأله تخصیص پهلوگیرها را در قالب یک مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط مورد بررسی قرار دهد. سپس به منظور اعتبار سنجی مدل پیشنهادی، از خروجی های مدل ایمای استفاده شده است. نتایج نشان داده است که به دلیل کم تر بودن تعداد متغیرهای غیرخطی در مدل پیشنهادی نسبت به مدل ایمای، با استفاده از مدل پیشنهادی می توان در مدت زمان به مراتب کم تری نسبت به مدل ایمای به خروجی مدل دست پیدا کرد.

کلمات کلیدی: حمل و نقل کانتینری، تخصیص بهینه پهلوگیرها ، مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط .

مقدمه

امروزه رقابت میان بنادر کانتینری، به ویژه بنادری که از نظر جغرافیایی در نزدیکی یکدیگر قرار دارند، به سرعت در حال افزایش است. چگونگی پیشرفت در این رقابت به عنوان یکی از ضروریات موجود در بنادر محسوب می شود. در این میان سرعت به عنوان

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از عمومی ترین معیارهای بهره وری در ترمینال های کـانتینری مطـرح مـی باشـد. پارامتر سرعت در مواردی از جمله زمـان گـردش کشـتی هـا در ترمینـال، سـرعت کـار جرثقیل ها و وسایل نقلیه موجـود در محوطـه ترمینـال نهفتـه اسـت. از شـاخص هـای دیگری که برای ارزیابی بهره وری یک ترمینال کانتینری استفاده می شود، می‌تـوان بـه مواردی از جمله زمان سرویس دهی، زمان انتظار و زمان گردش کشتی‌هـا اشـاره کـرد. بر این اساس برای داشتن یک زمان گردش کوتاه بایـد هـر دو زمـان انتظـار و سـرویس دهی در حد مینیمم نگه داشته شوند. بزرگی زمان های انتظار و سرویس دهی بیش تـر از منابع دیگر منتج از تخصیص نا مناسب طول اسکله به کشتی‌ها می‌باشند. لذا بـر ایـن راستا این مقالـه سـعی دارد تـا پـس از ارایـه یـک مـدل پیشـنهادی، مسـاله تخصـیص پهلوگیرها را مورد بررسی قرار دهد. مدل پیشنهادی قادر است تا قابلیت های موجود در مدل ایمای [۱] را در زمان حل به مراتب کم تر منعکس کنـد. لازم بـه ذکـر اسـت کـه برای آنالیز مدل فوق الذکر از نرم افزار LINGO استفاده شده است.

ادبیات تحقیق

در ادبیات حمل و نقل، مسایل موجود در زمینه پهلوگیرها در دو مقولـه گسسـته[۱۱] و پیوسته[۱۲] مورد مطالعه قرار می گیرند. در مسایل گسسته، طول اسکله به چنـد پهلـوگیر تقسیم می‌شود و کشتی‌ها فقط می‌توانند در آن ها پهلوگیری کنند. اما در حالت پیوسته کشتی‌ها می‌توانند از تمام نقاط اسکله به صورت مفید بـرای پهلـوگیری اسـتفاده کننـد. ایمای و همکاران [۲] مساله تخصیص پهلوگیر را به صورت گسسـته در نظـر گرفتنـد و یک مدل برنامه‌ریزی خطی صـحیح مخـتلط بـرای آن ارایـه دادنـد کـه تـابع هـدف آن

1- Discrete
2- Continuous

Archive of SID

www.SID.ir

کمینه سازی کل زمان سرویس دهی به کشتی‌ها است. آن ها، هم چنین، مدل پیشنهادی خود را با استفاده از نوعی روش زیرگرادیان حل کردند. نیشیمورا و همکاران [۳] با لحاظ کردن محدودیت عمق، مساله تخصیص پهلوگیر گسسته را به صورت یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی صحیح فرمول بندی و با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل کردند. ایمای و همکاران [۴] نتایج حل مدل ارایه شده [۲] توسط الگوریتم ژنتیک را ارایه دادند. ایمای و همکاران [۵] مدل تخصیص پهلوگیر گسسته را برای تخصیص کشتی های بزرگ کانتینربر مورد بررسی قرار دادند. این افراد برای حل مدل برنامه ریزی خطی با متغیرهای صحیح از الگوریتم ابتکاری مبتنی بر ژنتیک استفاده کردند.

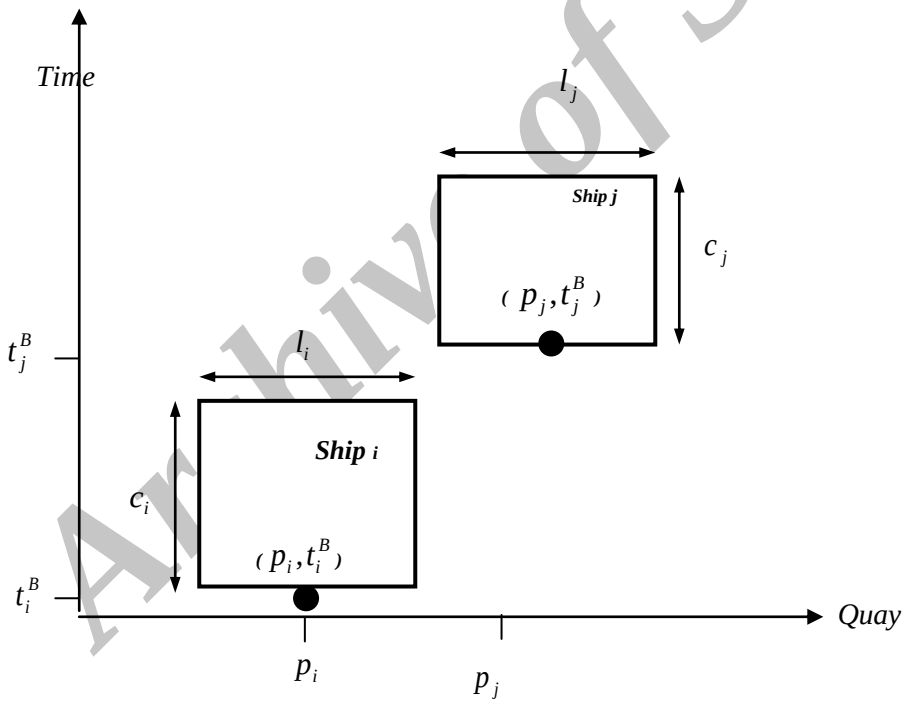
لیم [۶] مساله تخصیص پهلوگیرها را برای اولین بار به صورت پیوسته، و با تابع هدف کمینه‌سازی بیش ترین فضای استفاده شده اسکله در هر زمان و فرض پهلوگیری کشتی‌ها به محض رسیدن به بندر، مورد بررسی قرار داد. گوان و همکاران [۷] مساله اخیر را با تابع هدف کمینه‌سازی مجموع زمان های سرویس‌دهی به کشتی‌ها فرمول بندی کردند. پارک و کیم [۸] مساله تخصیص پیوسته را به صورت یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی صحیح مختلط، با تابع هدف کمینه‌سازی هزینه‌های ناشی از تاخیر در اعزام کشتی‌ها و پهلوگیری کشتی‌ها در موقعیت های غیر بهینه، فرمول بندی و از روش گرم و سرد سازی شبیه سازی شده برای حل آن استفاده کردند. کیم و مون [۹] مدل ارایه شده در [۸] را بار دیگر توسط روش زیر گرادیان حل کردند. در این اواخر ایمای و همکاران [۹] یک مدل غیرخطی صحیح مختلط برای مساله تخصیص پهلوگیر پیوسته ارایه داده‌اند. در این مدل مدت زمان تخلیه و بارگیری کشتی‌ها به جای مقداری ثابت به صورت تابعی از موقعیت کشتی‌ها در پهلوگیر در نظر گرفته شده است. عربشاهی، نادر و سیدعلیزاده گنجی، سید رضا [۱۰] مدل مطرح شده [۱] را بار دیگر توسط الگوریتم ژنتیک مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند.

Archive of SID

www.SID.ir

مساله تخصیص پهلوگیرها

همان طور که در شکل (۱) نیز مشاهده می شود، مسأله در یک فضای دو بعدی طول اسکله و زمان برنامه ریزی و به صورت محورهای افقی و عمودی تعریف می شود. در این شکل هر کشتی در مختصات دکارتی به صورت یک مستطیل نمایش داده شده است، به طوری که طول مستطیل برابر با طول کشتی و ارتفاع آن مدت اقامت کشتی در اسکله (یا مدت زمان تخلیه و بارگیری) را نشان می‌دهد. .نقطه مرجع برای مختصات طولی پهلوگیر، بر اساس مرکز ضلع افقی مستطیل (طول کشتی) و هم چنین نقطه مرجع برای مختصات زمان پهلوگیری نیز براساس لبه پایینی ضلع عمودی مستطیل بیان می شود.



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

Archive of SID

www.SID.ir

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 به صورت زیر بیان می شود :

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 γ_i افزایش می یابد.
۳. حداقل فاصله مورد نیاز میان کشتی ها برای لنگر اندازی در طول کشتی ها لحاظ شده است.
۴. زمان تلف شده به هنگام پهلوگیری کشتی ها در زمان تخلیه و بارگیری کانتینرها لحاظ می شود.

مدل ریاضی مساله

پارامترهای به کار رفته در مدل تخصیص عبارتند از :

$i(=1,\ldots,T) \in V$ تعداد کشتی های ورودی به بندر.

Q طول پهلوگیر.

a_i زمان رسیدن کشتی i به بندر.

c_i زمان تخلیه و بارگیری کشتی i .

l_i طول کشتی i که این مقدار شامل فاصله میان کشتی های مجاور نیز می باشد.

M یک عدد بسیار بزرگ.

Archive of SID

www.SID.ir

γ_i هزینه سفر اضافی (در واحد طول پهلوگیر) به منظور جا به جایی کانتینرها ناشی از موقعیت های پهلوگیری غیر بهینه کشتی i.

m_i بهترین موقعیت پهلوگیری کشتی i.

t_i^B زمان پهلوگیری کشتی i .

p_i موقعیت پهلوگیری کشتی i .

δ_{ij}^x اگر کشتی i در مختصات دکارتی طول و زمان پهلوگیری در سمت چپ کشتی j قرار گیرد برابر ۱ و در غیر اینصورت برابر ۰ در نظر گرفته می شود. در شکل (۱)، کشتی i در سمت چپ کشتی j قرار گرفته است.

δ_{ij}^y اگر کشتی i در مختصات دکارتی طول و زمان پهلوگیر در زیر کشتی j قرار گیرد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ در نظر گرفته می شود. در شکل (۱)، کشتی i در زیر کشتی j قرار گرفته است که از آن میان p_i و t_i^B متغیرهای صحیح تصمیم گیری می‌باشند و δ_{ij}^x و δ_{ij}^y نیز به عنوان متغیرهای صفر و یک در مدل نقش دارند. بر این اساس می توان مدل ریاضی مساله را به صورت زیر فرموله کرد :

$$Minimize \sum_{i=1}^{l}\left\{t_i^B + c_i + \gamma_i \times |p_i - m_i| - a_i\right\} Subject\ \ to \tag{1}$$

$$i \neq j \quad p_i + \frac{l_i + l_j}{2} - \left(p_j + M\left(1-\delta_{ij}^x\right)\right) \leq 0 \qquad j = 1,2,\ldots,v, \tag{2}$$

$$t_i^B + c_i - \left(t_j^B + M\left(1-\delta_{ij}^y\right)\right) \leq 0 \quad i, j = 1,2,\ldots,v,\ i \neq j \tag{3}$$

$$i, j = 1,2,\ldots,v,\ \ i < j \quad \delta_{ij}^x + \delta_{ji}^x + \delta_{ij}^y + \delta_{ji}^y - 1 \geq 0 \tag{4}$$

$$i = 1,2,\ldots,v \qquad p_i + \frac{l_i}{2} - Q \leq 0 \tag{5}$$

$$i = 1,2,\ldots,v \qquad p_i - \frac{l_i}{2} \geq 0 \tag{6}$$

$$t_i^B - a_i \geq 0 \qquad i = 1,2,\ldots,v \tag{7}$$

(8)

Archive of SID

www.SID.ir

$$p_i \geq 0 \qquad i = 1,2,\ldots,v$$

تابع هدف (۱) نشان دهنده مجموع زمان های سرویس دهی به کشتی ها مـی باشـد که تحت عنوان زمان رسیدن تا اعزام کشتی ها مطرح می شـود. محـدودیت هـای (۲) و (۳) نیز نشان دهنده محدودیت های عدم اشتراک در بعد زمان و مکان برای کشـتی هـا مـی باشـند. محـدودیت (۴) نشـان دهنـده ایـن مطلـب اسـت کـه بایسـتی یکـی از محدودیت های عدم اشتراک مکان و یا زمان برقـرار باشـند. محـدودیت‌هـای (۵) و (۶) مطمئن می‌سازند کـه هـر کشـتی بایـد در طـول اسـکله پهلـوگیری کنـد، و در نهایـت محدودیت (۷) مجاب می‌سازد که کشتی ها باید بعد از زمان رسیدن به بندر پهلـوگیری کنند.

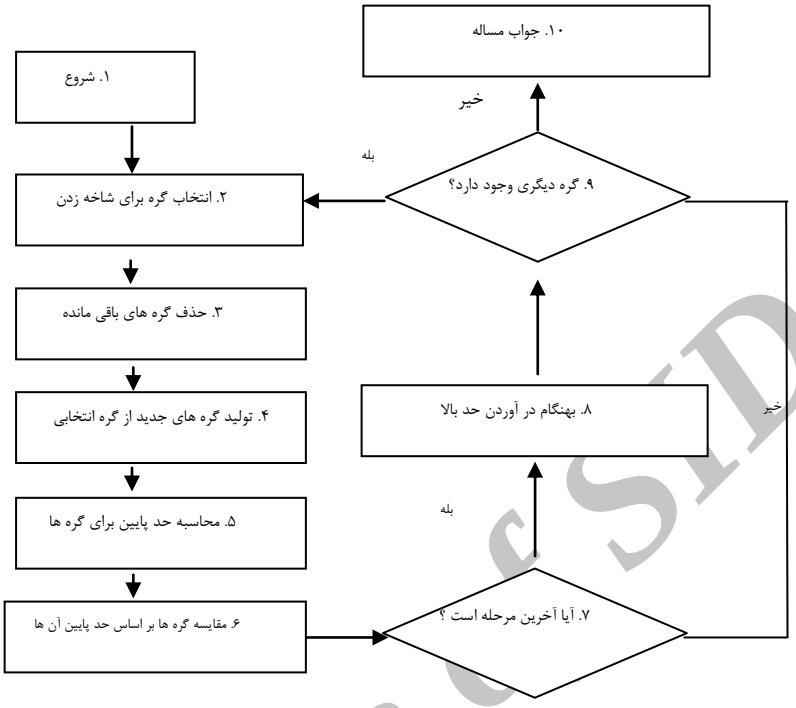
متدلوژی حل مدل

برای آنالیز عددی خروجی های مدل تخصیص پهلوگیرها که در قالب یک مدل برنامه ریزی با متغیرهای عدد صحیح و صفر و یک[۱۳] مطرح شده است، از الگوریتم شاخه و کرانه[۱۴] استفاده می شود. به همین منظور مدل تخصیص در محیط نرم افزار LINGO 8.0 که مجری الگوریتم شاخه و کرانه می باشد، کدنویسی شده است. در شکل (۲) می توان روند کلی اجرای الگوریتم شاخه و کرانه را در قالب یک فلوچارت مشاهده کرد.

1- Integer Linear Programming

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲– روند کلی اجرای الگوریتم شاخه و کرانه [۱۱]

Archive of SID

www.SID.ir

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 خواهد بود که دارای نزدیک ترین فاصله نقل و انتقال به انبارهای کانتینر می‌باشند. تعداد کشتی‌هایی که در روز به بندر تردد می‌کنند ۶، ۷ و ۸ 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. این مثال ها با استفاده از مدل ایمای و مدل پیشنهادی در این مقاله و برای طول های مختلف مورد بررسی قرار می گیرند و آنگاه نتایج از نظر زمان حل و تعداد متغیرهای مساله مورد آنالیز قرار خواهد گرفت. در جداول (۱) و (۲) می توان خروجی مربوط به مدل ها را مشاهده کرد.

همان طور که در جدول (۱) مشاهده می شود متغیرهای غیر خطی موجود در مدل پیشنهادی به مراتب کم تر از حالت های مشابه آن ها در مدل ایمای می باشد که بر اثر آن افزایش زمان حل مساله را در پی خواهد داشت. تعداد محدودیت غیرخطی مدل پیشنهادی همیشه ۱ خواهد بود که علت آن نیز وجود عبارت قدر مطلقی $|x_i - p_i|$ در محدودیت (۷) می باشد، در صورتی که این مقدار در مورد مدل ایمای به ترتیب ۶۶، ۹۱ و۱۲۰ محدودیت برای مسایل با تعداد ۶ ، ۷ و ۸ کشتی در روز می باشد. بنابراین می توان انتظار داشت که مدل پیشنهادی دارای زمان عملیاتی کم تری نسبت به مدل ایمای باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ابعاد مسایل مطرح شده در مدل های ایمای و پیشنهادی

نتایج مدل پیشنهادی		نتایج مدل ایمای		
تعداد محدودیت های غیرخطی	تعداد متغیر های تصمیم غیرخطی	تعداد محدودیت های غیرخطی	تعداد متغیر های تصمیم غیرخطی	تعداد کشتی
۱	۶	۶۶	۸۴	۶
۱	۷	۹۱	۱۱۲	۷
۱	۸	۱۲۰	۱۴۴	۸

جدول ۲- نتایج حل مسایل با استفاده از مدل های ایمای و پیشنهادی

نتایج مدل پیشنهادی		نتایج مدل ایمای				
زمان حل مدل(ثانیه)	مقدار تابع هدف(ساعت)	زمان حل مدل(ثانیه)	مقدار تابع هدف(ساعت)	طول اسکله	تعداد کشتی	شماره مثال
۲۶	۵۴/۵۰۰	* Not available		۷۰۰	۶	۱
۱۶	۴۹/۷۵۰	Not available		۸۰۰		۲
۱۵	۴۹/۰۰۰	Not available		۹۰۰		۳
۱۵	۴۸/۲۵۰	Not available		۱۰۰۰		۴
۱۳	۴۶/۵۰۰	۱۹۴	۴۶/۵۰۰	۱۱۰۰		۵
۱۳	۴۵/۷۵۰	۹۳	۴۵/۷۵۰	۱۲۰۰		۶
۱۳	۴۵/۰۰۰	۴۵	۴۵/۰۰۰	۱۳۰۰		۷
۱۳	۴۵/۰۰۰	۳۰	۴۵/۰۰۰	۱۴۰۰		۸
۲۶	۵۸/۱۲۵	Not available		۸۰۰	۷	۹
۲۶	۵۶/۵۰۰	Not available		۹۰۰		۱۰
۲۰	۵۳/۳۷۵	Not available		۱۰۰۰		۱۱
۱۵	۵۳/۰۰۰	Not available		۱۱۰۰		۱۲
۱۵	۵۱/۱۲۵	Not available		۱۲۰۰		۱۳
۱۴	۵۰/۰۰۰	۲۹۱	۵۰/۰۰۰	۱۳۰۰		۱۴
۱۴	۵۰/۰۰۰	۴۸	۵۰/۰۰۰	۱۴۰۰		۱۵
۷۷	۶۳/۶۲۵	Not available		۱۰۰۰	۸	۱۷
۴۴	۶۲/۵۰۰	Not available		۱۱۰۰		۱۸
۲۴	۵۹/۱۲۵	Not available		۱۲۰۰		۱۹
۱۷	۵۸/۲۵۰	Not available		۱۳۰۰		۲۰
۱۳	۵۸/۱۲۵	Not available		۱۴۰۰		۲۱
۱۵	۵۸/۰۰۰	Not available		۱۵۰۰		۲۲
۱۲	۵۸/۰۰۰	۷۷۱	۵۸/۰۰۰	۱۶۰۰		۲۳
۱۲	۵۸/۰۰۰	۵۶۳	۵۸/۰۰۰	۱۷۰۰		۲۴

* مدل ایمای قادر به حل مساله نمی باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مندرجات موجود در جدول (۲) گواه بر این مضمون است که زمان حل مسایل با استفاده از مدل پیشنهادی در بیش تر مواقع به مراتب کم تر از زمان حل مسایل مشابه توسط مدل ایمای بوده و نیز در برخی موارد مدل مذکور قادر به حل مسایل پیچیده تری(طول اسکله کمتر در مقابل تعداد کشتی های ثابت) است که مدل ایمای قابلیت حل آن ها را ندارد. هم چنین حساسیت مدل ایمای در مقابل افزایش بعد مساله، نسبت به مدل پیشنهادی بیش تر می باشد. به عبارت دیگر بسیاری از مسایل غیر قابل حل توسط مدل ایمای را می توان با استفاده از مدل پیشنهادی مورد آنالیز قرار داد که از بارزترین نمونه ها می توان به مسایل با ۶ کشتی در روز و طول اسکله کم تر از ۱۰۰۰ متر، ۷ کشتی در روز با طول کم تر از ۱۳۰۰ متر و ۸ کشتی در روز با طول کم تر از ۱۶۰۰ متر اشاره کرد.

تحلیل نتایج مدل تخصیص

به منظور آشنایی بیش تر با چگونگی عملکرد مدل تخصیص، جزییات ورودی و خروجی مربوط به مدل تخصیص، برای مساله با ۸ کشتی در روز و طول اسکله ۱۲۰۰ متر را می توان به ترتیب در جداول (۳) و (۴) مشاهده کرد. ورودی های مدل، همان طور که پیش تر اشاره شد، شامل زمان ورود به بندر (a_i) ، طول کشتی ها (l_i)، مختصه بهترین موقعیت پهلوگیری (m_i)، زمان تخلیه و بارگیری (c_i) و هزینه سفر اضافی (γ_i) می باشد. خروجی ها نیز شامل زمان پهلوگیری (t_i^B) و مختصه موقعیت پهلوگیری (p_i) هر کشتی می باشند. میزان تأخیر کشتی ها در بندر نیز در این جدول آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- ورودی های مساله تخصیص پهلوگیرها برای طول اسکله ۱۲۰۰ متر

زمان ورود به بندر (ساعت و دقیقه)	a_i	۶:۰۰	۷:۰۰	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰
طول کشتی (متر)	l_i	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۲۰۰
مختصه بهترین موقعیت پهلوگیری (متر)	m_i	۳۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۳۰۰	۶۰۰
زمان تخلیه بارگیری (ساعت)	c_i	۵	۷	۹	۵	۷	۹	۵	۷
هزینه سفر اضافی (متر / ساعت)	γ_i	۰/۰۰۵							

همان طور که در جدول (۴) نیز مشاهده می شود، تمام کشتی ها به جز آخرین کشتی ورودی به بندر که با یک ساعت تاخیر در بهترین موقعیت پهلو می گیرد، به محض ورود به بندر در کنار اسکله پهلوگیری می کنند. به عبارت دیگر تاخیر ایجاد شده از پهلوگیری آخرین کشتی برابر با یک ساعت (حدفاصل زمان پهلوگیری و زمان ورود به بندر) می باشد، در صورتی که در مورد کشتی های دیگر (به جز دومین کشتی که در بهترین موقعیت و در زمان ورود به بندر پهلوگیری کرده است) این زمان برابر است با قسمت سوم موجود در تابع هدف ($\gamma_i \times |p_i - m_i|$) که به صورت خطی با فاصله از بهترین نقطه افزایش می یابد. میزان تاخیر کشتی ها در این بندر فرضی (۵/۱۲۵ ساعت) درحدود ۹٪ مقدار تابع هدف را شامل می شود.

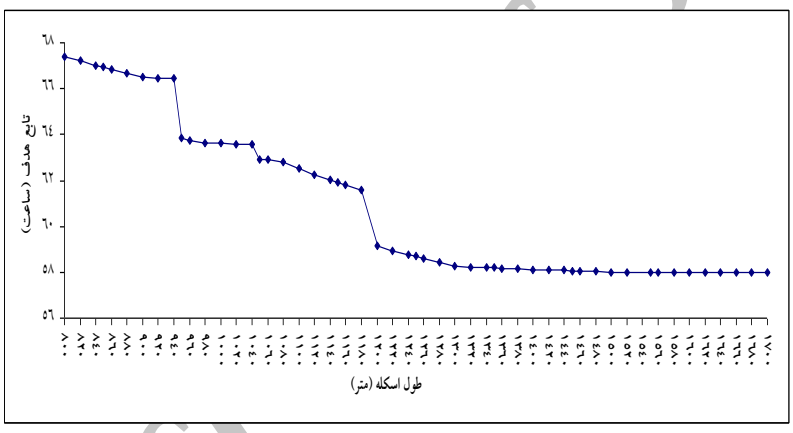
جدول ۴- خروجی های مساله تخصیص پهلوگیرها برای طول اسکله ۱۲۰۰ متر

ساعت ۵۹/۱۲۵ = تابع هدف									
زمان پهلوگیری (ساعت و دقیقه)	t_i^B	۶:۰۰	۷:۰۰	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۴:۰۰
مختصه موقعیت پهلوگیری(متر)	p_i	۲۲۵	۶۰۰	۱۰۷۵	۷۵	۴۰۰	۸۲۵	۲۲۵	۶۰۰
مقدار تأخیر برای کشتی i	۵/۱۲۵	۰/۳۷۵	۰/۰۰۰	۰/۸۷۵	۱/۱۲۵	۱/۰۰۰	۰/۳۷۵	۰/۵	۱/۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

شکل (۳) نیز تغییرات تابع هدف را در مقابل طول اسکله برای مساله ۸ کشتی با γ_i=۰/۰۰۵ نشان می‌دهد. به همان گونه که در این شکل ملاحظه می‌شود، کاهش مقدار تابع هدف نسبت به افزایش طول اسکله به این صورت است که کاهش مقدار تابع هدف در طول نمودار به جز فاصله های بحرانی دارای شیب ملایمی می باشد. فاصله های بحرانی در این نمودار شامل حد فاصل طول های ۹۴۰-۹۵۰ و ۱۱۸۰-۱۲۰۰ می باشند که کاهش مقدار تابع هدف در این فاصله ها به طور کامل مشهود است. نکته حایز اهمیت دیگر آن است که روند نزولی مقدار تابع هدف در طول های بیش تر از ۱۵۰۰ متر، در نمودار فوق الذکر، در مقدار کمینه خود یعنی ۵۸ ساعت، ثابت می مانند.

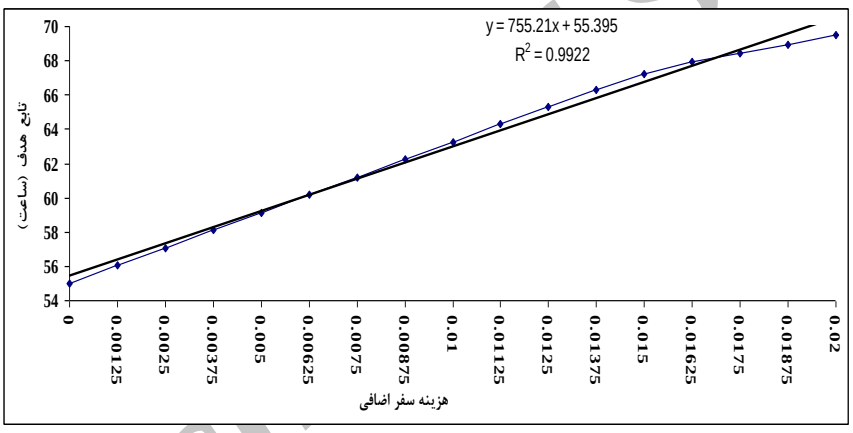


شکل ۳- تغییرات تابع هدف مساله ۸ کشتی در مقابل طول اسکله

شکل (۴) تغییرات تابع هدف مساله ۸ کشتی را برای طول اسکله ۱۲۰۰ متر را در مقابل مقادیر مختلف γ نشان می‌دهد. در این شکل ملاحظه می‌شود که مقدار تابع هدف برایγ = ۰/۰۲ حدود ۶۹/۵۰ ساعت است که با کاهش γ به طور خطی با ضریب تعیین R^2 =۰/۹۹ کاهش می‌یابد. نکته جالب توجه در این شکل آن است که با کاهش

www.SID.ir

γ از ۰/۰۰۵ به ۰/۰۰۰ مقدار تابع هدف با حدود ۴ ساعت کاهش به ۵۵ ساعت می‌رسد. این مقدار کاهش را، با توجه به شکل (۴)، می‌توان با افزایش دادن طول اسکله از ۱۱۴۰ به ۱۵۰۰ متر (در مقدار ثابت۰/۰۰۵ = γ) نیز به دست آورد. به عبارت ساده‌تر، کاهش ضریب افزایش مدت زمان های تخلیه و بارگیری نسبت به فاصله از بهترین نقاط پهلوگیری به میزان ۰/۰۰۵ ساعت بر متر معادل با افزایش طول اسکله به میزان ۳۶۰ متر می‌باشد. این نتیجه روشن می‌سازد که مکان یابی مناسب انبارهای کانتینری یا زمان بندی صحیح ابزارهای تخلیه و بارگیری می‌تواند بهره‌وری بندر کانتینری این مثال را بدون صرف هزینه‌های ساخت و توسعه اسکله افزایش دهند.



شکل ۴– تغییرات تابع هدف مساله ۸ کشتی در مقابل افزایش γ

نتیجه‌گیری :

مدل معرفی شده در این مقاله بر مبنای مفاهیم موجود در زمینه مسایل پهلوگیرها به صورت پیوسته شکل گرفته است که دارای متغیرهای صحیح وغیرخطی کم تری نسبت به مدل معرفی شده توسط ایمای در سال ۲۰۰۵ می باشد. بنابراین با استفاده از

www.SID.ir

این مدل می توان در مدت زمان حل قابل قبول تری مساله تخصیص پهلوگیرها را مورد آنالیز قرار داد. به این منظور این مقاله پس از معرفی مدل فوق الذکر، استفاده از آن را در تخصیص بهینه پهلوگیرها به خصوص در مواقعی که نسبت به تعداد کشتی های ورودی به بندر با طول پهلوگیر کم تری مواجه هستیم، پیشنهاد می دهد. هم چنین در این مقاله پس از ارایه نمونه ای از خروجی مدل، دو پارامتر موثر در کارایی بنادر کانتینری یعنی طول اسکله و ضریب افزایش مدت زمان تخلیه و بارگیری (نسبت به فاصله از بهترین نقطه پهلوگیری) تحلیل حساسیت شدند. نتایج این دو تحلیل حساسیت نشان داد که تاثیر افزایش ۳۶۰ متر طول اسکله در افزایش بهره‌وری بندر کانتینری این مثال معادل با ۰/۰۰۵ ساعت بر متر کاهش در ضرایب افزایش مدت زمان های تخلیه و بارگیری است. بر اساس این نتایج محدود، مکان یابی مناسب انبارهای کانتینری و نیز اتوماسیون فرایند تخلیه و بارگیری (زمان بندی هم زمان جرثقیل ها و تریلرها، استفاده از سیستم های چند تریلری، و غیره) می‌توانند به عنوان گزینه‌هایی ارزان قیمت، نسبت به گزینه‌های ساخت و توسعه، در افزایش بهره وری بنادر کانتینری مطرح شوند.

مراجع :

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.

Archive of SID

www.SID.ir

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. Imai, A., Nishimura, E., Hattori, M., Papadimitriou, S. (2007) Berth allocation at indented berths for mega-containerships. *European Journal of Operational Research*, **179**, 579–593.

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

7. 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.

8. 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.

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

۱۰. عربشاهی نادر، سیدعلیزاده گنجی سیدرضا، ۱۳۸۶. ارایه مدل تخصیص بهینه پهلوگیرها در ترمینال های کانتینری. سومین کنگره ملی عمران، دانشکده مهندسی عمران ، تبریز.

11. Kim, K.H., Park, Y.M., 2004. A crane scheduling method for in port container terminals. *European Journal of Operation Research*, **156**, 752-768.

Archive of SID

www.SID.ir