Archive of SID

2th International Conference on Industrial Management
19 & 20 April 2017
دومین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی
(30 و 31 فروردین 1396)

تخصیص مکان‌های ذخیره سازی برای کانتینرهای خروجی بنادر با استفاده از مدل‌سازی ریاضی

عباس شول

استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه ولی‌عصر(عج)، رفسنجان، ایران

shoul@vru.ac.ir

چکیده

بخش عمده واردات و صادرات کالا در ایران از طریق مرز آبی انجام می‌پذیرد. با توجه به نقش مهم بنادر در زنجیره عظیم حمل و نقل دریایی، بهبود عملکرد آنان و استفاده بهینه از فضای موجود در بنادر از اهمیت ویژه ای بر خوردار است. در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط به منظور تخصیص بهینه دهانه‌های بارگیری بنادر به کشتی‌ها به منظور پهلوگیری و تخصیص بهینه کانتینرهای هر کشتی به بلوک‌های دهانه‌های بارگیری ارائه شده است. در این مقاله کل کانتینرهای ورودی به بلوک‌های ذخیره‌سازی تخصیص می‌یابد. بعد از مدلسازیِ مسأله مورد نظر، 10 مسأله نمونه با ابعاد مختلف طراحی و حل شده است که نتایج حاصل از حل نشان از کارایی و اعتبار مدل ارائه شده دارد.

واژگان کلیدی: کانتینر، دهانه‌های ورودی، کشتی، بلوک، برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط

1- مقدمه

برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از امکانات موجود در یک بندر با توجه به حجم بالای سرمایه‌گذاری، هزینه‌های سنگین نگهداری و تعمیرات، جریمه و سایر هزینه‌های ناشی از تأخیر کالا در بندر بسیار مهم و قابل اهمیت است. لزوم سرمایه‌گذاری بسیار سنگین احداث، تجهیز، توسعه و نگهداری بنادر و توانایی عظیم شناورها در حمل و نقل کالاها و ارزانی این روش حمل و نقل، اهمیت بنادر را در شبکه جهانی حمل و نقل کالا بیش از پیش معلوم می‌دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

تجربیات موفق در طراحی بنادر با استفاده از روش شبیه‌سازی و وجود برنامه‌های رایانه‌ای آماده بیانگر این موضوع است که طراحی را می‌توان به وسیله شبیه‌سازی انجام داد؛ اما پس از طراحی بندر شرایط محیطی بدون تغییر خواهد ماند و در نظر گرفتن اثر فرسوده شدن تجهیزات بر زمان سرویس و ... بسیار حائز اهمیت می‌باشد. تا کنون تحقیقات زیادی بر روی عملیات گوناگون در داخل دهانه‌های بارگیری بنادر انجام شده است که از بین آن‌ها می‌توان به ژنگ[1] و همکاران(2000) اشاره کرد که بر روی زمان‌بندی جرثقیل‌ها تحقیق کردند و همچنین ایمای[2] و همکاران(2001) به مسأله تخصیص اسکله پرداختند. لگاتو[3] و همکاران (2001) به برنامه‌ریزی اسکله و بهینه‌سازی منابع پرداختند. لگاتو و همکاران (2004) مدیریت منابع انسانی را در اسکله در نظر گرفتند. ایمای و همکاران (2004) مسأله بارگیری و چیدمان در شناورها را درنظر گرفتند. کیم و کیم (2007) [4] یک روش برای تعیین هزینه برای ذخیره‌سازی کانتینرها در یک اسکله پیشنهاد دادند. پرستون و کوزان[5] (2001) از تکنیک الگوریتم ژنتیک برای تعیین ذخیره‌سازی کانتینرها به نحوی که زمان سپری شده برای حمل و نقل کانتینر از محل ذخیره سازی به کشتی یا کشتی به محل ذخیره‌سازی، استفاده کرده‌اند. در این مقاله به دنبال ارایه و حل مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط به منظور تخصیص بهینه دهانه‌های بارگیری بنادر به کشتی‌ها به منظور پهلوگیری و تخصیص بهینه کانتینرهای هر کشتی به بلوک‌های دهانه‌های بارگیری هستیم. در ادامه ادبیات تحقیق، تعریف و مدلسازی مسأله ارایه می‌شود، سپس حل مدل و نتایج محاسباتی و در انتها به نتیجه گیری پرداخته می‌شود.

2- ادبیات تحقیق

بیشتر عملیات تشریح شده در ترمینال‌های کانتیریت دارای مبدأ یا مقصدی در محوطه ذخیره می‌باشند، بنابراین، پشته‌سازی بهینه در محوطه ذخیره کانتینرها برای اجرای موثر عملیات در ترمینال ضروری به نظر می‌رسد. سودمندی پشته‌سازی، به ارتقاع پشته سازی و استراتژی های برنامه ریزی انبار کردن کانتینرهای ورودی و خروجی وابسته است. استراتژی‌های انبار کردن در تحقیقات چن[6](1999) تشریح شده است. نتیجه این مطالعات نشان داد که اجرای پشته سازی بلند سبب جابه جایی مجدد کانتینرها می‌شود. به عبارت دیگر برای رسیدن به یک کانتینر ممکن است که حرکت کانتینرهایی که بر کانتینر مورد نظر قرار دارند، ضروری باشد(چن و همکاران، 2000).

چونگ و همکاران[7] نیز در سال 1988 استراتژی هایی را طرح و تست کردند که بر اساس آن حرکات غیر موثر جرثقیل‌های پشته در طی فرایند بارگیری می توانست کاهش پیدا کند و کاهش مجموع زمان‌های بارگیری کانتینر به عنوان یک نتیجه از این تحقیق بوده است. آنها ایده استفاده از منطقه بافر را پیشنهاد کردند. یک مدل شبیه سازی برای بررسی تاثیر این مناطق بافر بر روی عملیات بندر اجرا شد. بر این اساس به صورت میانگین 4

1 -Zheng
2 -Imai
3 -Legato
4-KimandKim
5-Preston and Kozan
6-Chen
7-Chung et al

www.SID.ir

Archive of SID

درصد کاهش در مجموع زمان بارگیری با استفاده از فضای بافر می‌تواند به دست آید و این روش می‌تواند در هر بندر کانتینری اجرا شود (چن و همکاران، 2000).

در سال 1998 کیم و کیم بهترین ترکیب از فضا و تعداد جرثقیل‌های محوطه را برای مینیمم کردن مجموع هزینه‌های فضا، جرثقیل‌های اسکله و کامیون‌های داخلی ترمینال محاسبه کردند. کیم و همکاران نیز در سال 2003 با هدف افزایش بهره‌وری فضای انبار، با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط مسأله تخصیص بهینه فضای انبار را برای کانتینرهای خروجی مورد آنالیز قرار داند. از دیگر کارهای انجام شده در این تحقیق پیشنهاد دو الگوریتم ابتکاری و مقایسه عددی آنها در حل مدل فوق الذکر بوده است (نشیمورا و پاپادیمیتورس[1]، 2005).

آمبروزینو[2] و همکاران(2003) تاثیر سازماندهی یارد در پشته سازی کانتینرها را مورد بررسی قرار دادند و مساله را با یک روش ابتکاری بر اساس مدل برنامه ریزی خطی 0 و 1 حل کردند(امبروسیون و سیومچن[3]، 2002).

مورتی و همکاران در سال 2005 تخصیص فضای انبار و مسیریابی وسائط نقلیه را به صورت توأم و مورد بررسی قرار دادند و برای حل مساله دو مرحله پیشنهاد کردند. مرحله اول شامل تخصیص بلوک است که مشخص می‌کند چه تعداد از کانتینرها(ورودی و خروجی) در هر بلوک در هر دوره زمانی قرار می‌گیرند. مرحله دوم تخصیص موقعیت انبار است که موقعیت بهینه برای قرارگیری کانتینرها در داخل بلوک را تعیین می‌کند(مورتی[4] و همکاران، 2005).

ژوو و کانگ[5](2008) مدلی را ارائه دادند که مسئله تخصیص پهلوگاه‌های اسکله و جرثقیل به کشتی‌ها را لحاظ می‌کند. در مدل ارائه شده زمان تخلیه و بارگیری هر کشتی از توزیع نرمال پیروی می‌کند. آنها در مدل ارائه شده عمق آب و محدودیت‌های مربوطه را مد نظر قرار دادند. در تابع هدف مدل زمان انتظار کشتی و زمان انتظار جرثقیل‌های اسکله کمینه بر می‌گردند. در ادامه مقاله برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده گردیده و نتایج محاسباتی ارائه شده حکایت از کارایی مدل مذکور دارند(ژوو و کانگ، 2008).

هان[6] و همکاران(2010) مدلی را ارائه دادند که در آن ورود کشتی ها به صورت پویا بوده و کشتی های ورودی اولویت ها متفاوتی دارند و الویت های هر کشتی متناسب به قرار داد اسکله و خط کشتیرانی است. نکته برجسته در این مدل این است که جرثقیل‌ها می‌توانند در هنگام پهلوگیری کشتی جهت انجام عملیات تخلیه و بارگیری از یک کشتی به کشتی دیگر منتقل شوند. جا به جایی جرثقیل ها با این شرط انجام می پذیرد که تعداد جرثقیل هایی که به هر کشتی می دهند ثابت بماند. زمان ورود و زمان تخلیه و بارگیری کشتی ها تصادفی بوده و از تابع توزیع نرمال پیروی می‌کند. تابع هدف مدل مقداری انتظاری بعلاوه انحراف استاندارد مجموع زمان خدمت دهی و

1-Nishimura., Papadimitriou
2-Ambrosino
3-Ambrosin., Sciomachen
4-Murty
5-Zhou and Kang
6-Han

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار وزن دهی شده تاخیر جدایی از اسکله را کمینه می‌کند. یک الگوریتم ابتکاری بر پایه الگوریتم ژنیتک برای حل مدل ارائه گردیده و نتایج محاسباتی کارایی روش حال ارائه شده را تایید می‌کنند(هان و همکاران،2010).

آلوارز[1] و همکاران(2010) عنوان کردند که امروزه کشتی‌های کانتینری قرارداد دارند تا با حداکثر سرعت خود سفر کنند در حالی که در دسترس بودن اسکله در بندر مقصد را در نظر نمی‌گیرند. سیستم خدمت دهی مبتنی بر ورود هم باعث تشدید پیش از پیش این سیاست شده است. این نوع قراردادهای خطوط کشتیرانی و سیاستهای خدمت دهی در اسکله‌ها عوامل اصلی تراکم لنگرگاه‌ها و افزایش مصرف سوخت با عواقب ناسازگار اقتصادی، ایمنی و زیست محیطی هستند. در این مقاله خط مشی جدیدی برای پهلوگیری کشتی ها و قراردادهای خطوط کشتیرانی پیشنهاد شده است. برای بررسی کارایی مدل ارائه شده از روش شبیه سازی و بهینه سازی به صورت همزمان بهره گرفته شده است. در مدل شبیه سازی رویداد گسسته، کشتی ها و مشخصات اصلی قیزیکی و اقتصادی آنها، چیدمان پایانه کانتینری، کارایی تجهیزات ساحلی، توافقات قراردادی، جریمه های مربوطه و سیاست های پهلوگیری مد نظر قرار گرفته اند. مسئله شبیه سازی چندین مثال از مدل بهینه سازی را حل می کند تا فرایند برنامه ریزی فعالیت ها در پایانه را نشان دهد(آلوارز و همکاران،2010).

آرانگو[2] و همکاران(2011) مطالعه موردی تخصیص پهلوگاه‌های اسکله بندر سویل اسپانیا را مورد بررسی قرار دادند، این بندر نه تنها بندر داخلی اسپانیاست و در دهانه رود گوادالگایور واقع شده است. این مقاله با استفاده از شبیه سازی و بهینه سازی در نرم افزار آرنا مسئله تخصبص پهلوگاه های اسکله به کشتی های کانتینری را مورد بررسی قرار داده است. از پیشنهادهایی که در توسعه مقاله از سوی نویسندگان ارائه شده به بهینه سازی عملیات بندری که توسط تجهیزاتی از قبیل لیفتراک ها انجام می شود و در نظر گرفتن تاثیر این موقله در کمینه کردن تابع هدف این مدل می‌توان اشاره کرد(آرانگو و همکاران،2011).

لالا-رویز و همکاران(2014) از روش الگوریتم ژنیتک مبتنی بر ساختار کروموزمی جایگشتی برای حال مدل ارائه شده توسط گیاللامباردو و همکاران استفاده کردند. برای بررسی کارایی روش حل ارائه شده از داده‌های واقعی موجود در ادبیات استفاده شده است. نویسندگان عنوان کرده اند که روشهای حل موجود، جواب های با کیفیت خوب و بالا را در ازای زمان پردازش بالا به دست می دهند، حال آن که روش حل ارائه شده قادر به تولید جواب های با کیفیت بالا در زمانی کوتاه است(لالا و همکاران، 2014).

اورساواس[3](2014) یک سیستم پشتیبان تصمیم را با توجه به ذینفعان یک پایانه کانتینری مدل نمود. سیستم پشتیبان تصمیم ارائه شده مسئله تخصیص پهلوگاه‌های اسکله و جرثقیل‌ها را به طور همزمان مدنظر قرار می‌دهد. نتایج محاسباتی ارائه شده نشان می‌دهند که بهبودی بین ده تا بیست و پنج درصد در کاهش زمان خدمت دهی به کشتی‌ها و هزینه نیروی انسانی مطالعه موردی حاصل شده است. مدل ارائه شده یک مدل دو هدفه است که تابع هدف اول مدل هزینه نیروی انسانی پایانه کانتینری را کمینه و تابع هدف دوم مدل زمان خدمت دهی به

1-Alvarez
2-Arango
3-Ursavas

www.SID.ir

Archive of SID

کشتی ها را کمینه می کند. با توجه به تضاد بین توابع هدفِ ارائه شده با حل مدل مجموعه جواب‌های پارتو، حاصل شده و انتخاب از بین جواب‌های پارتو صورت می‌پذیرد (اورساواس،2014).

3- تعریف مسأله

یک ترمینال کانتینری به مکانی در بندر گفته می‌شود که شناورهای حاوی کانتینر در آن جا پهلو می‌گیرند و کانتینرهای ورودی را تحویل داده و کانتینرهای خروجی را بارگیری می‌کنند. کانتینرهای تخصیص داده شده به محوطه از لحاظ عملیاتی به چهار دسته تقسیم می‌شوند (ژانگ و همکاران، 2003):

1. کانتینرهای ورودی بر روی شناورهای که هنوز تخلیه و به محوطه آورده نشده‌اند.
2. کانتینرهای ورودی که از قبل به محوطه تخصیص داده شده و منتظر مشتریان خود هستند.
3. کانتینرهای خروجی که هنوز به محوطه آورده نشده‌اند.
4. کانتینرهای خروجی که از قبل به محوطه تخصیص داده شده و منتظر بارگیری هستند.

هدف از این تحقیق تخصیص کانتینرها به بلوک‌ها با هدف کمینه‌سازی مسافت طی شده و تعدیل بار کاری می‌باشد.

در این بخش به مسأله تخصیص دهانه‌های بارگیری پرداخته می‌شود. برای این منظور از برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط[1](MIP) استفاده شده است. دهانه‌های بارگیری و ظرفیت هر دهانه بارگیری که باید برای ذخیره‌سازی کانتینرها در هر دوره در افق برنامه‌ریزی تخصیص داده شوند، تعیین خواهند شد. مفروضات مسأله مورد نظر به صورت زیر است:

- مسأله زمان‌بندی در این تحقیق در نظر گرفته نمی‌شود.
- فرض براین است که به اندازه کافی منابع برای رسیدگی به کانتینرها وجود دارد.
- تخصیص کشتی‌های به اسکله‌ها از قبل معلوم است.
- اندازه کانتینرها برابر در نظر گرفته شده است.

اندیس ها و پارامترها:

K	تعداد کل بلوک‌ها در منطقه
B	تعداد کل دهانه‌های بارگیری
S_A:	مجموعه کشتی‌هایی که باید در فضاها در طول افق برنامه‌ریزی تخصیص داده شود.
S_L:	مجموعه کشتی‌هایی که در طول افق برنامه‌ریزی باید بارگیری شوند.
S_s:	مجموعه کشتی‌هایی که باید در فضاها در طول افق برنامه‌ریزی قبلی تخصیص داده شود.
S	مجموعه کشتی‌ها
i:	اندیس مربوط به دهانه بارگیری $1 \le i \le B$

1-mixed integer programming

www.SID.ir

Archive of SID

j: اندیس مربوط به کشتی

k: اندیس مربوط به بلوک‌ها

پارامترها:

c_i ظرفیت ذخیره سازی دهانه i

b_i تعداد بلوک کانتینر که به دهانه i تعلق دارد

m_j حداکثر تعداد دهانه‌ها که کشتی j می‌تواند در آن پهلو بگیرد.

D_j تعداد مقصدهای کشتی j

v_i^0 تعداد کانتینرهایی که در شروع افق زمانی در در دهانه i وجود دارد.

N_j تعداد کانتینرهای خروجی مورد انتظار برای کشتی j

B_j مجموعه دهانه‌های بارگیری که برای ذخیره‌سازی کانتینرهای محدود کشتی j اختصاص داده شده است.

d_{ij} فاصله صفر بین دهانه بارگیری i و محل پهلوگیری کشتی j

متغیرهای تصمیم:

x_{ij} تعداد کانتینرهای محدود کشتی j که به دهانه بارگیری i تخصیص داده خواهد شد

δ_{ij} اگر کانتیرهای کشتی j در محل بارگیری i تخلیه شوند 1 در غیر اینصورت صفر

M_j تعداد کل دهانه‌های بارگیری که به کشتی j تخصیص داده می‌شود.

v_i تعداد کل کانتینرها در دهانه بارگیری i در انتهای افق زمانی

W_k بار کاری بلوک k در طی افق برنامه‌ریزی

W_{mean} میانگین بار کاری بلوک‌ها در طی افق برنامه‌ریزی

$W_{\max}$ بیشترین بار کاری بلوک‌ها در طی افق برنامه‌ریزی

مدل تحقیق:

(1) $$M\ \inf_1 = \sum_{i=1}^{B} \sum_{j \in S_A} x_{ij} d_{ij}$$

(2) $$M\ \inf_2 = \sum_{k=1}^{K} |W_k - W_{mean}|$$

(3) $$M\ \inf_3 = W_{\max} \quad (3)$$

(4) Subject to:

(5) $$v_i = v_i^0 + \sum_{j \in S_A} x_{ij}, i = 1,2,...,B \quad and \quad i \notin B$$

(6) $$v_i \le \gamma C_i, \quad i = 1,2,...,B$$

(7) $$v_i = 0, \quad i \in B_j, \quad j \in S_L$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_{i=1}^{B} x_{ij} = N_j, \quad j \in S_A \tag{8}$$

$$x_{ij} \le N_j \delta_{ij}, \quad i = 1,2,...,B, \quad j \in S_A \tag{9}$$

$$\sum_{j \in S} \delta_{ij} \le 1, \quad i = 1,2,...,B \tag{10}$$

$$M_j = \sum_{i=1}^{B} \delta_{ij}, \quad j \in S_A \tag{11}$$

$$M_j \ge D_j, \quad j \in S_A \tag{12}$$

$$M_j \le m_j, \quad j \in S_A \tag{13}$$

$$\sum_{i=1}^{B} M_j \le B \tag{14}$$

$$W_k = \sum_{\substack{j \in S_A \\ b_i = k}} x_{ij}, \quad k = 1,2,...,k \tag{15}$$

$$W_{mean} = \frac{\sum_{k=1}^{K} W_k}{K} \tag{16}$$

$$W_{\max} \ge W_k, \quad k = 1,2,...,K \tag{17}$$

$$x_{ij}, v_i, M_j, W_k \ge 0, \quad i = 1,2,...,B, \quad j \in S_A, \quad k = 1,2,...,K \tag{18}$$

$$\delta_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1,2,...,B, \quad j \in S_A \tag{19}$$

فاصله سفر بین لنگرگاه و ذخیره سازی دهانه بارگیری برای کانتینرهای خروجی به مکان فضای تخصیص داده شده برای هر کشتی بستگی دارد. فاصله سفر یک کانتینر از دهانه i به مکان پهلوگیری کشتی j توسط نماد d_{ij} نشان داده می‌شود. بنابراین فاصله سفر توسط تابع هدف یک محاسبه و کمینه می‌شود. تابع هدف دوم تعداد کانتینرهای تخصیص داده شده به دهانه‌های بارگیری را بالانس می‌کند و تابع هدف سوم سعی براین دارد تا بیشترین مقدار بار کاری یا کانتینرهای تخصیص داده شده به یک دهانه بارگیری را کمینه کند. محدودیت (4) مجموع کانتینرهای داخل یک دهانه بارگیری را در انتهای افق زمانی محاسبه می‌کند. محدودیت شماره (5) اطمینان حاصل می‌کند که ظرفیت هر دهانه بارگیریاز سطح مجاز آن تجاوز نکند، که در آن γ ظرفیت مجاز برای هر دهانه بارگیری است. محدودیت شماره (6) آن دسته دهانه اشغال شده توسط کانتینرهای محدود شده به کشتی $j, j \in S_L$ تخلیه شده و در افق برنامه ریزی بعدیدر دسترس قرار گرفته است. محدودیت شماره (7) اطمینان حاصل می‌کند که فضای مورد نیاز از هر کشتی در طول افق برنامه ریزی بایدمناسب باشد. محدودیت (8) بیان می‌دارد که متغیر δ_{ij} اگر برابر 1 باشد آن‌گاه کانتینرهای کشتی j در دهانه iبارگیری می‌شوند. محدودیت (9) مطمئن می‌سازد که کانتینرهای محدود برای کشتی‌های مختلف در یک دهانه قابل مخلوط نیستند. محدودیت (10) تعداد کل دهانه بارگیری که برای ذخیره سازی کانتینرهای کشتیJ استفاده می‌شود را مشخص

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کند. محدودیت (11) اطمینان حاصل شود که تعداد دهانه بارگیری اختصاص یافته به یک کشتی j بیشتر یا مساوی D_j می‌باشد. محدودیت (12) حداکثر تعداد دهانه که برای ذخیره سازی کانتینرهای کشتی j استفاده می‌شود را مشخص می‌کند. این می‌تواند از توزیع کانتینرها در مناطق بیش از حد گسترده اجتناب کنند. محدودیت (13) اطمینان حاصل شود که تعداد کل دهانه حیاط اختصاص داده در افق برنامه ریزی می‌تواند مقدار کل دهانه حیاط موجود در ترمینال تجاوز نمی‌کند. محدودیت (14) حجم کار در هر بلوک کانتینر، که توسط تعداد کل کانتینرهای به کار گرفته در افق برنامه ریزی ارزیابی شده است را تعریف می‌کند. محدودیت (15) میانگین بار کاری بلوک‌ها در طی افق برنامه ریزی را محاسبه می‌کند و محدودیت (16) بیشترین بار کاری بلوک‌ها در طی افق برنامه ریزی را بدست می‌آورد.

تابع هدف دوم با وجود قدر مطلق یک عبارت غیر خطی است. برای خطی سازی رابطه تابع هدف دومیو و لی(2000) یک متغیر مثبت انحرافی θ^s استفاده کردند که فرم خطی شده تابع هدف دوم به صورت زیر می‌باشد:

$$MinZ_2 = \sum_{k=1}^{K} |W_k - W_{mean}|$$

$$MinZ_2 = \sum_{k=1}^{K} \left[(W_k - W_{mean}) + 2\theta \right] \quad (20)$$

$$-\theta - W_k + W_{mean} \le 0; \forall k \quad (21)$$

تابع هدف مسأله مورد نظر از مجموع سه معیار معرفی شده در بالا به دست می‌آید. برای حل این مدل باید از روش‌های چند هدفه استفاده شود. در این تحقیق از روش وزن‌دهی استفاده می‌شود. برای این کار باید تمامی معیارها در یک مقیاس باشند. این معیارها در یک مقیاس نمی‌باشند و برای بی بعد سازی تابع هدف به روش زیر عمل می‌شود.

$$ObjectiveFunction = w_1\left(\frac{f_1 - f_1^+}{f_1^- - f_1^+}\right) + w_2\left(\frac{f_2 - f_2^+}{f_2^- - f_2^+}\right) + w_3\left(\frac{f_3 - f_3^+}{f_3^- - f_3^+}\right) \quad (22)$$

که در عبارت فوق اوزان معیارهای f_1, f_2, f_3 به ترتیب می‌باشد. این اوزان را می‌توان از کارشناسان و تصمیم-گیرندگان در حوزه مورد مطالعه به‌دست آورد.

در عبارت (22) f^- یک حد بالا f^+ یک حد پایین برای معیار مورد نظر می‌باشد. برای به‌دست آوردن f^- و f^+ ها به این صورت عمل می‌شود که ابتدا با در نظر گرفتن هر معیار به تنهایی مسأله حل شود که در این صورت با توجه به سه معیار موجود سه بار باید هر مسأله حل شود که برای هر حل سه معیار f_1, f_2, f_3 محاسبه می‌شود که نتایج مربوطه به صورت یک ماتریس 3*3 در رابطه (3-39)نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

(23)

$$\begin{array}{c} \\ f_1^* \\ f_2^* \\ f_3^* \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} f_1 & f_2 & f_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \end{array}$$

در ماتریس(23) سطر اول مربوط به حالتی است که فقط با در نظر گرفتن معیار f_1 مدل مسأله مورد نظر حل می‌شود و سطر دو و سوم به ترتیب مربوط به حالت‌های در نظر گرفتن فقط معیارهای f_2, f_3 حل می‌شوند. مقادیر f^- و f^+ها نیز به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$f_1^+ = \min\{a_{11}, a_{21}, a_{31}\} \quad (24)$$

$$f_2^+ = \min\{a_{12}, a_{22}, a_{32}\} \quad (25)$$

$$f_3^+ = \min\{a_{13}, a_{23}, a_{33}\} \quad (26)$$

$$f_1^- = \max\{a_{11}, a_{21}, a_{31}\} \quad (27)$$

$$f_2^- = \max\{a_{12}, a_{22}, a_{32}\} \quad (28)$$

$$f_3^+ = \min\{a_{13}, a_{23}, a_{33}\} \quad (29)$$

در این مرحله برای حل نهایی مدل تابع هدف این مسأله را به شکل رابطه (22) می‌نویسیم و با استفاده از نرم افزار گمز این مسأله را حل می‌کنیم.

4- نتایج محاسبات

با توجه به مطالبی که در قسمت‌های قبل بیان شده است، مدل ارائه شده در این تحقیق یک برنامه ریزی عدد صحیح مختلط است. مسئله مورد نظر مربوط به تخصیص بهینه اسکله‌ها به کشتی‌هامی‌باشد.در این قسمت برای اطمینان از صحت مدل یا به عبارت دیگر اعتبار سنجی مدل، مسائله با در نظر گرفتن اوزان مختلف با استفاده از نرم‌افزار GAMS IDE/Cplexحل می‌شوند تا کارایی مدل ارائه شده بررسی شود. برای این منظور 10 مسأله نمونه طراحی شده است که نتایج حاصل از حل آن به صورت جدول (1) است.

جدول 1نتایج حاصل از حل 10 مسأله نمونه با ابعاد مختلف

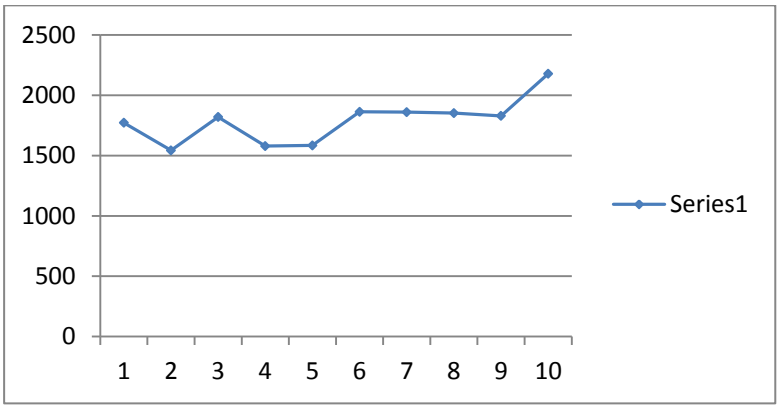
Solver / Problem	GAMS										
	f_1^-	f_1^*	f_1^+	f_2^-	f_2^*	f_2^+	f_3^-	f_3^*	f_3^+	Z	runtime
1	2459	1772	1689	164	0	0	290	260	260	0.032	4.843
2	1612	1543	1491	30	0	0	92	72	72	0.129	4.88
3	1820	1820	2265	30	0	0	218	188	188	0.300	5.934

www.SID.ir

Archive of SID

4	2052	1579	1419	115	0	0	112	87	45	0.073	4.748
5	1694	1584	1562	76	30	0	92	72	72	0.188	6.082
6	2734	1863	1745	249	19	0	117	115	110	0.063	6.773
7	2582	1860	1767	30	0	0	197	124	117	0.034	9.549
8	2091	1852	1852	122	30	0	134	134	114	0.436	14.283
9	2367	1829	1733	121	0	0	127	117	79	0.045	12.405
10	2489	2178	2153	150	80	0	110	72	72	0.209	8.493
Min	1612	1543	1419	30	0	0	92	72	45	0.032	4.88
Mean	1944.1	1788	1767.6	108.7	15.9	0	148.9	124.1	112.9	0.143	7.617
Max	2734	2178	2265	249	80	0	290	260	260	0.436	8.326

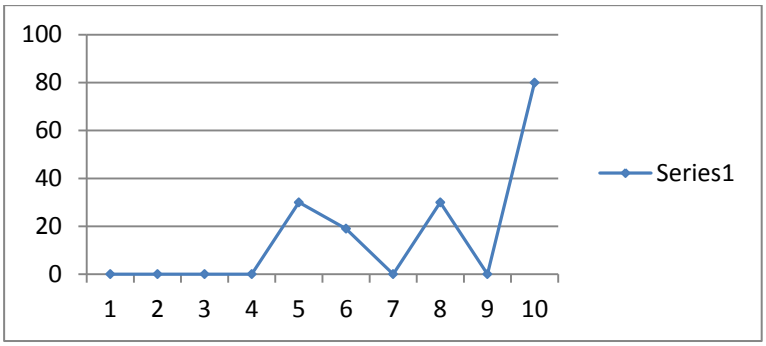
مشاهده می‌گردد که حل دقیق مسائل نمونه در بازه زمانی 4/88 تا 14/283 ثانیه با میانگین 7/617 ثانیه انجام گرفته‌است. از طرفی میانگین بهینگی به دست آمده برای این مسائل توسط نرم‌افزار حل دقیق برابر 0/143بوده و مقادیری را در بازه 0/032 تا 0/436 به خود گرفته‌است. هم‌چنین مقادیر هدف‌های مختلف و حدود بالا و پایین آن‌ها نیز در جدول فوق آورده شده‌اند. مقادیر سه معیار و تابع هدف کلی و همچنین زمان حل مسائل مختلف در نمودارهای زیر به صورت شماتیک ترسیم گردیده‌است.



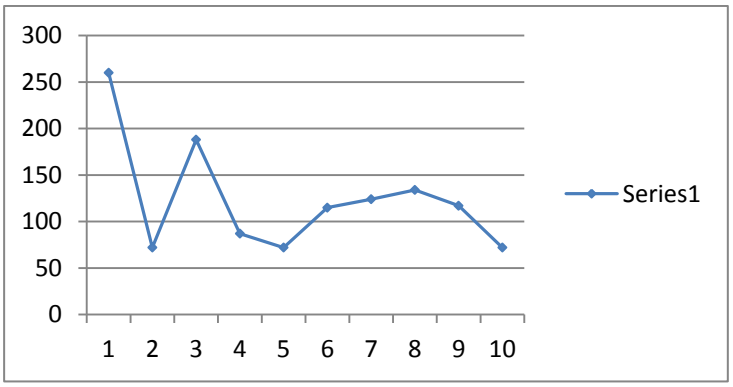
شکل 1نمودار تغیرات *f1

www.SID.ir

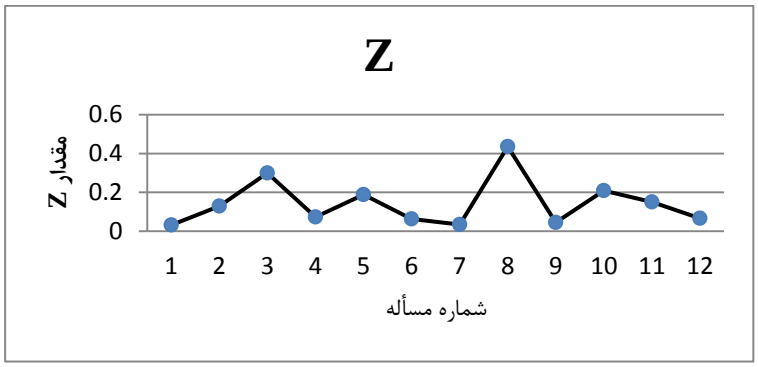
Archive of SID



شکل 2نمودار تغیرات *f2



شکل 3 نمودار تغیرات *f3



شکل 4نمودار تغیرات z

با توجه به حل 10 مسأله نمونه و نتایج حاصله مشاهده می‌شود که مدل در مسائل با ابعاد مختلف پاسخگو می‌باشد و از کارایی خوبی برخوردار است پس با توجه به این نتایج می‌توان دریافت که مدل دارای صحت و اعتبار کافی برای استفاده از آن در مسائل دنیای واقعی را دارد.

4-نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله یک رویکرد مبتنی بر مدل‌سازی ریاضی برای افزایش کارایی ترمینال کانتینری بنادر ارایه شده است. در این مقاله کلیه کانتینرها در یک افق زمانی مشخص وارد بندر می‌شوند، و به بلوک‌های ذخیره‌سازی با اهداف

www.SID.ir

Archive of SID

متعادل‌سازی حجم کاری، کمینه‌کردن مسافت طی شده و کمینه‌کردن بیشترین حجم کاری، تخصیص بهینه می‌یابند و به طور همزمان کانتینرهای هر کشتی نیز به بلوک‌ها تخصیص داده می‌شوند. مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای این منظور ارائه شده است که برای اعتبار سنجی این مدل، ده مسأله نمونه با ابعاد مختلف طراحی شده و با استفاده از نرم افزار حل دقیق گمز حل شده است که نتایج حاصله نشان از کارایی و اعتبار مدل ارائه شده دارد.

برای تحقیقات آتی می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- ارائه مدلی جهت آرایش بهینه بارکش‌ها در دهانه بارگیری
- ارائه مدلی جهت چیدمان بهینه کانتینرها
- ارائه مدلی جهت چیدمان بار بر روی کشتی‌ها
- ارانه مدلی جهت چیدمان بار بر روی کشتی‌ها

منابع

Alvarez, T. Longva, and E. S. Engebrethsen(2010). "A methodology to assess vessel berthing and speed optimization policies," Maritime Economics & Logistics, vol. 12, pp. 327-346

Ambrosino D., Marina M.E., Sciomachen A., (2002), Decision rules for the yard storage management, University of Genova, Technical Report, Italy

Arango, P. Cortés, J. Muñuzuri, and L. Onieva(2011). "Berth allocation planning in Seville inland port by simulation and optimisation," Advanced Engineering Informatics, vol. 25, pp. 452-461

Castilho, B., Daganzo, C(1992).Handling strategies for import containers atmarine terminals. Transportation Research Part B 27, 151–166.

Chen C.Y., Chao S.L., Hsieh T.W., (2000), A time-space network model for the space resource allocation problem in container marine transportation, paper presented at

www.SID.ir

Archive of SID

the 17th internationalsymposium on mathematical programming, Atlanta, USA

Dekker, R., Voogd, P., van Asperen, E(2006).Advanced methods for containerstacking. OR Spectrum 28, 563–586.

Han, Z.-q.Lu, and L.-f. Xi(2010) "A proactive approach for simultaneous berth and quay crane scheduling problem with stochastic arrival and handling time," European Journal of Operational Research, vol. 207, pp. 1327-1340.

Hao, J., Ji, Z., Lin, Y(2000). Study of optimization of a bay of stacking. Journal ofDalian University of Technology 40 (1), 102–105.

Imai, A., Nishimura, E., Papadimitriou, S(2001).The dynamic berthallocation problem for a container port. Transportation Research Part B 35(4).401-417

Imai, A., Sasaki, K., Nishimura E. and Papadimitriou, S(2004) Multi-objectivesimultaneous stowage and load planning for a container ship with containerrehandle in yard stacks, European Journal of Operational Research ,Article in Press.

Kim,K.H.,Kim,H.B(1999).Segregating space allocation models for containerinventories in port container terminals. International Journal of ProductionEconomics 59, 415–423.

Kim,K.H.,Kim,K.Y(2007).Optimalpriceschedulesforstorageofinboundcontainers. Transport Research Part B 41, 892–905.

Kim,K.H.,Park,K.T(2003).AnoteonadynamicspaceallocationmethodforoutboundcontainersEuropeanJournalofOperationalResearch148(1),92–101.

Kim,K.H.,Park,Y.M.,Ryu,K.R(2000).Derivingdecisionrulestolocateexportcontainersin container yards. European Journal of Operational Research 124(1), 89–101.

Lalla-Ruiz, J. L. González-Velarde, B. Melián-Batista, and J. M. Moreno-Vega(2014). "Biased random key genetic algorithm for the Tactical Berth Allocation Problem," Applied Soft Computing, vol. 22, pp. 60-76,

Legato, P., and Monaco, M.F(2004) Human resources management at a marinecontainer terminal, European Journal of Operational Research 156.769-781

Legato,P.andMazza,R.M(2000).BerthPlanningandResourcePlanningOptimizationataContainerTerminalviaDiscreteEvenSimulation,European Journal Operational Research 133 ,537-547.

Murty K.G., Liu J., Wan Y.W., Linn R.J., (2005), A Decision Support System for operations in acontainer terminal, Decision Support System, Volume 39, p309-332

Nishimura.E., Imai, A., Papadimitriou, S., (2005), Yard trailer routing at a maritime container terminal, Transportation Research Part E, Number 41, p53–76

Preston, P.,Kozan, E(2001).An approach to determine storage locationsof containers at seaport terminals. Computers & Operations Research 28,983–995.

Taleb-Ibrahimi, M., Castilho, B., Daganzo, C.F(1993). Storage space vs. handlingwork in container terminals. Transportation Research Part B 27 (4), 13–32.

Ursavas, E(2014). "A Decision Support System for Quayside Operations in a Container

www.SID.ir

Archive of SID

Terminal," Decision Support Systems

Zhang, C., Liu, J., Wan, Y.-W., Murty, K.G, Linn, R.J(2003). Storage space allocation incontainer terminals. Transportation Research Part B 37, 883–903.

Zhang,C(2000).Resourceplanningincontainerstorageyards.Ph.D .Thesis; The Hong Kong University of Science and Technology.

ZhangC.,LiuJ.,WanY.W(2003).MurtyK.GandLinnR.J.Storagespaceallocationin container terminals, Transportation Research Part B 37, 883-903.

ZHOU and H.-g.KANG(2008). "Study on berth and quay-crane allocation under stochastic environments in container terminal," Systems Engineering-Theory & Practice, vol. 28, pp. 161-169

www.SID.ir