همایش ملی پژوهش های مهندسی صنایع
National Conference On Researches of Industrial engineering
همدان - ۲۷ شهریور ماه ۱۳۹۳

ترکیب مدلسازی ریاضی و شبیه سازی جهت تخصیص ترکیبی بهینه از تجهیزات در بندر کانتینری

کامران شهانقی[۱]، امین آخوندی[*،۲]، احسان اژدری[۳]

[۱]استادیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران — پست الکترونیکی: shahanaghi@iust.ac.ir

[*،۲] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران — پست الکترونیکی:a_akhoundi@ind.iust.ac.ir ۰۹۱۳۸۱۱۷۰۷۹

[۳]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران — پست الکترونیکی:ehsan.azhdari@gmail.com ۰۹۱۳۶۹۷۲۲۱۸

چکیده

امروزه حمل و نقل کانتینری به عنوان یکی از سریع ترین و ارزان ترین شیوه های حمل و نقل کالاها در جهان شناخته می شود. استفاده از کانتینر در حمل و نقل کالاها موجب تسریع و تسهیل حمل و نقل بین المللی از طریق سرعت بخشیدن به عملیات تخلیه و بارگیری، صرفه جویی در زمان حمل و نقل، کاهش هزینه تخلیه و بارگیری، افزایش ایمنی و کاهش ریسک به دلیل باز نشدن درب کانتینرها بین مبدا و مقصد، سهولت در چیدمان و استفاده بهینه از فضا در محل تخلیه و بارگیری می شود. در این مقاله یک مدل مبتنی بر شبیه سازی به منظور تخصیص تعداد بهینه انواع تسهیلات درگیر در عملیات تخلیه و بارگیری استفاده شده است. در ادامه به منظور اعتبارسنجی مقاله، از یک مطالعه موردی در بندر شهید رجایی که از مهمترین بنادر کانتینری جنوب کشور می باشد، استفاده شده است. تطابق خروجی های مدل ودنیای واقعی، حاکی از کارایی مدل ارائه شده دارد.

واژه های کلیدی: ترمینال کانتینری، شبیه سازی پیشامدهای گسسته، بهینه سازی شبیه سازی

۱- مقدمه

امروزه بنادر به عنوان زیر ساختی برای توسعه کشورها در حمل و نقل بین المللی شناخته می شوند و حمل و نقل از طریق بندر و به ویژه حمل و نقل کانتینری به عنوان روشی مؤثر برای توسعه کشورها محسوب می گردد که نقش غیر قابل انکاری در فرآیند تولید، تجارت و اشتغالزایی ایفا می کند. از این رو رشد اقتصادی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه ارتباط نزدیکی با افزایش تجارت خارجی و واردات و صادرات دارد که قسمت اعظم آن از طریق حمل و نقل دریایی صورت میگیرد. تجارت کانتینری با کشتیهایی با گنجایش ۲۲۶ تی ای یو در سال ۱۹۵۷ آغاز شد. در دهه ۱۹۶۰ میلادی، حمل و نقل کانتینری به شکل رایج کنونی آغاز و از آن تاریخ به بعد کشورهای مختلف جهان به منظور توسعه بنادر کانتینری و امکان پهلوگیری کشتیهای بزرگ کانتینردار سرمایه گذاری های فراوانی انجام داده اند. در گذشته حمل بار به صورت فله ای یا بسته های حجیم مشکلات فراوانی را در حمل و نقل و بارگیری به وجود می آورد که از دست رفتن بخشی از کالاها و ایجاد مشکلات بارگیری برای تریلرها و کامیونها، کندی هدایت بار و افزایش زمان توقف کشتیها در اسکله از جمله این مشکلات بود. گرایش سیستم حمل و نقل جهانی به سمت حمل و نقل کانتینری بیانگر آن بود که برای جلوگیری از این خسارتها، کشتیرانی کانتینری باید رشد پیدا کند؛ هر چند که وزن کانتینرها خود به خود از میزان بارگیری کشتیها می کاست. به عنوان مثال در یک کشتی کانتینری به ظرفیت ۲۵۰۰ تی ای یو و وزن ۳۳۹۰۰ دی دابلیو تی، در حدود ۱۷ درصد از ظرفیت قابل بارگیری را وزن کانتینرها تشکیل میدهد که رقم قابل توجهی است. با این وجود خطوط کشتیرانی جهان حاضر شدند برای ایمنی حمل بار، رضایت مشتریان و بهینه نمودن سیستم حمل و نقل، چنین بهایی را بپردازند(صفارزاده، ۱۳۸۵).

حمل و نقل کانتینری از جنبه های مختلف قابل بررسی است. مطابق با ادبیات موضوع و (مومنی و همکاران، ۱۳۹۱)، مهمترین مزایا و امتیازات حمل و نقل کانتینری از نظر صاحبان کالاها و مالکان کشتی ها به شرح زیر می باشد:

- مزایا و امتیازات حمل برای صاحبان کالا
  - حمل و نقل سریع و مطمئن کالا در کمترین زمان
  - اطمینان فروشنده و خریدار از امنیت کالا با توجه به سیستم بسته کانتینرها
  - خسارت کمتر به محمولات
- مزایا و امتیازات حمل برای مالکان کشتی
  - محفوظ ماندن کالا
  - امکان حمل و جذب محمولات کوچک حتی در حد یک کانتینر از هر بندر کوچک یا بزرگ
  - کاهش زمان عملیات بندری در بنادر
  - کاهش هزینه های مهار
  - کاهش فضای مرده در داخل انبارها
  - استفاده بهینه از فضای عرشه
  - عدم نیاز به جرثقیل کشتی در بنادر اصلی
  - امکان بارگیری و تخلیه در زمان بارندگی و شرایط جوی مختلف
  - بازدهی بهتر کشتی کانتینربر نسبت به کشتیهای دیگر

به هرحال کانتینری شدن حمل و نقل کالا سبب افزایش سرعت، ایمنی و دقت مناسب در بارگیری شده و همین امر انقلاب کانتینری را در ۳۵ تا ۴۰ سال گذشته به ارمغان آورده است. در نتیجه حمل کالا با کانتینر روز به روز افزایش یافته و سفارش کشتیهای کانتینری نسبت به سایر کشتیها بیشتر شده است.

۲- مرور ادبیات موضوع

در سالهای اخیر توجه ویژه ای به تجهیزات بندری شده است. به طوریکه برنامه ریزی و تعیین تعداد بهینه این تجهیزات، مد نظر بسیاری از محققان قرار گرفته است؛ در این بین، (آقای چن و همکارانش، ۲۰۰۴) از مدل برنامه ریزی خطی برای ارزیابی بهینه تجهیزات بندری استفاده نمودند و ارزیابی را براساس حجم بار ورودی تحقق بخشیدند. در این تحقیق حجم بارگیری یک نوع کشتی خاص مورد ارزیابی قرار گرفت و محدودیتهای زیادی در مدل ریاضی ایشان ایجاد گردید که با عملکرد واقعی بندر منطبق نبود و امکان تعمیم این مدل به کل فعالیتهای تخلیه و بارگیری برای اندازه های مختلف کشتیهای ورودی به بندر وجود نداشت. در مطالعه دیگری که در بندر بارسلونای اسپانیا توسط (فرانسیس و همکاران، ۲۰۰۶) انجام گرفت، برای یک سیستم حمل و نقل داخلی در یک ترمینال کانتینری، عملکرد یک نوع جرثقیل ساحلی خاص، مورد بررسی قرار گرفت. اما این روش به دلیل تنوع تجهیزات بندری برای سایر ترمینالها قابل استفاده نبود. در مطالعه ای دیگر، هنریک مدیر برنامه ریزی یک ترمینال در اروپا، کاهش زمان انتظار کشتیها را از طریق تخصیص جرثقیلهای ساحلی مناسب به یک کشتی دانست. اما بدیهی است تغییر در تعداد و نوع تجهیزات باعث تغییر در راندمان بندر میشد ولی نکته ای که وجود دارد بحث در نظر گرفتن هزینه در این مورد است که توسط (هانسن، ۱۹۹۶) مطرح گردید که باعث شد تعیین تعداد بهینه تجهیزات با مشکل روبرو شود. در مطالعاتی که برای بهبود عملکرد یک ترمینال کانتینری صورت گرفت، از تئوری یا مدل حیات و مرگ استفاده شده است(لوگودیس و همکاران، ۲۰۰۹). در این مدل دو مرحله مورد بررسی قرار گرفت که شامل یک مرحله مربوط به فرآیند تخلیه و بارگیری و مرحله دوم مربوط به محوطه های انبار کانتینرها بود. اطلاعات ورودی شناورها و زمان خدمت رسانی برای یک دوره سه ساله در بندری واقع در شرق مدیترانه استخراج شده بود. پارامترهای تعداد خدمت دهندگان و نرخ خدمت رسانی جزو متغیرهای این مطالعه بودند. در این مطالعه تغییر در تعداد تجهیزات که راندمان بندر و زمان انتظار کشتیها را متأثر مینماید، مورد بررسی قرار نگرفت و تنها با توجه به تجهیزات موجود، عملکرد بندر مورد ارزیابی قرار گرفت. در مطالعه دیگری به ارزیابی و روش انتخاب تجهیزات گنتری کرین با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) پرداخته شد(عبدالله زاده، ۱۳۸۶). البته اگر در بندری بخواهند یک نوع جرثقیل خاصی خریداری نمایند روش فوق روشی مناسب خواهد بود، اما برای این که بخواهند عملکرد کلی تجهیزات یک بندر را بر اساس حجم بارگیری کشتیهای ورودی به بندر و بر اساس حداقل نمودن زمان انتظار کشتیها ارزیابی نمایند، روش مناسبی نخواهد بود و محدودیتهای زیادی در بکارگیری آن احساس خواهد شد.

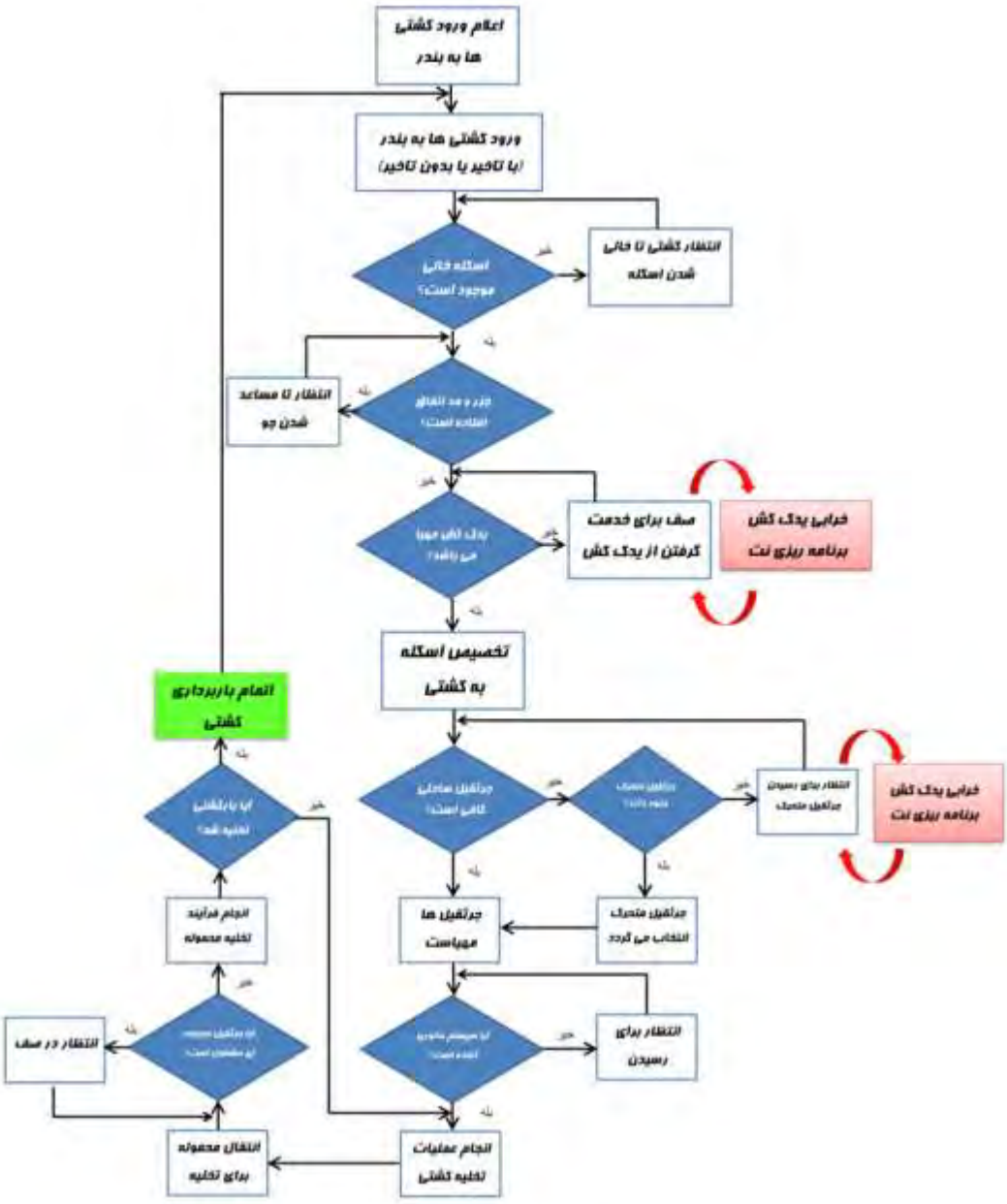
در این مقاله، یک مدل ریاضی به منظور انتخاب ترکیبی بهینه از جرثقیل ها با هدف کمینه کردن زمان انتظار کشتی ها ارائه شده که با توجه به پیچیدگی و عدم قطعیت بسیار بالای ترکیب تابع هدف و محدودیت ها، امکان حل ریاضی مسئله وجود نداشته و از یک روش مبتنی شبیه سازی – بهینه سازی به منظور حل مدل استفاده شده است.

۳- تعریف مساله

همانطور که گفته شد، حمل ونقل دریایی و به ویژه کانتینری میتواند هزینه هایی را برای صاحبان کالا و مالکان کشتی ایجاد کند. این هزینه ها به وسیله صاحبان کشتیها در بخش خصوصی و دولتی چه بطور مستقیم و چه غیر مستقیم برای فرستندگان یا

دریافت کنندگان کالا، بخش اصلی حمل و نقل دریایی را تشکیل میدهند. بنابراین بنادر با عملکرد بهینه و سریع خود در کاهش هزینه های دریایی و حمل و نقل، نقش بسزایی را بازی میکنند. سالانه مبالغ سنگینی صرف خرید تسهیلات بندری از سوی سازمان بنادر و دریایی کشور و شرکتهای خصوصی فعال در زمینه خدمات بندری میگردد بدون آنکه روش و یا معیار دقیقی برای تصمیم گیری جهت خرید این گونه تسهیلات مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، در هر بندر پیش بینی های ترافیکی، نوع و ابعاد شناورها و همچنین انجام شبیه سازی های رایانه ای منجر به طراحی تجهیزاتی از قبیل پهلوگیرها و پایانه های حمل و نقلی متناسب با عملکرد آنها می شود[حمیدی، ۱۳۸۹] . در این تحقیق بندر شهید رجایی به عنوان مطالعه موردی بررسی خواهد گردید؛ چرا که این بندر از اصلیترین و مهمترین بنادر کشورمحسوب میگردد و در حدود ۹۰ درصد کالاهای کانتینری کشور از این بندر بارگیری و تخلیه میگردد. هدف اصلی این تحقیق ترکیب مدلسازی ریاضی و شبیه سازی جهت تعیین تعداد بهینه انواع جرثقیل های موجود در عملیات تخلیه و بارگیری بندر کانتینری می باشد.

فرآیند حمل و نقل مورد نظر در بندر شهید رجایی به صورت زیر می باشد(عربشاهی، ۱۳۹۱):



شکل (۱) عملیات تخلیه و باربرداری کشتی در بندر شهید رجایی

پس از بررسی های به عمل آمده بر روی پارامترهای مسئله و نمونه گیری های متعدد، مقدار این پارامترهای غیرقطعی مطـابق بـا جدول زیر تخمین زده شده است:

جدول(۱) تخمین توزیع های احتمالی فعالیت های بندر

فعالیت ها	توزیع احتمالی
نرخ ورود کشتی ها با تاخیر	Uniform(28,148)
زمان برداشتن کانتینر توسط جرثقیل ۳۰ تنی	Normal(6,2)
زمان برداشتن کانتینر توسط جرثقیل ۲۰ تنی	Normal(5,2)
زمان برداشتن کانتینر توسط جرثقیل محوطه ای نوع ۱	Normal(5,1)
زمان برداشتن کانتینر توسط جرثقیل محوطه ای نوع ۲	Normal(7,1)
زمان حمل کانتینر ۲۰ تن توسط تریلر	Normal(15,1)
زمان حمل کانتینر ۳۰ تن توسط تریلر	Normal(17,3)
نرخ خرابی جرثقیل های ساحلی	Triangular(0,30,30)
نرخ خرابی جرثقیل محوطه ای	Triangular(0,30,30)
برنامه ریزی نگهداری تعمیرات جرثقیل های ساحلی	۲۰ روز یکبار
جزر و مد	۴ ساعت مد ۸ ساعت جزر
تعداد کانتینرهای ۲۰ تنی کشتی	poisson(500)
تعداد کانتینرهای ۳۰ تنی کشتی	poisson(300)

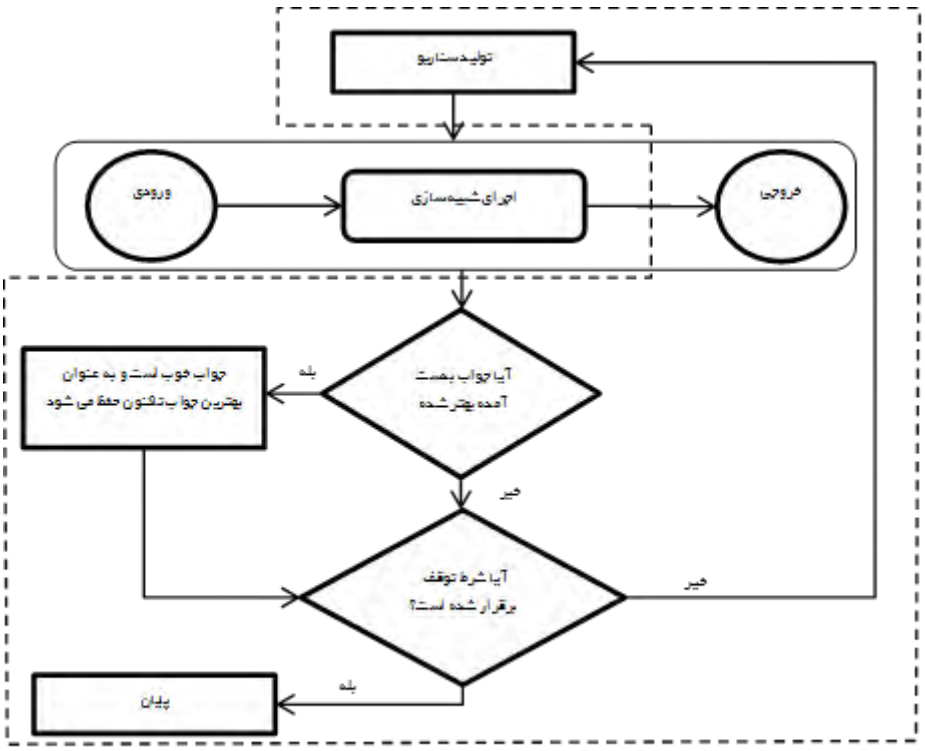
مقادیر عددی برای هزینه کرایه جرثقیل های متحرک و تعداد جرثقیل های متحرک موجود به صورت ذیل است:

جدول (۲) هزینه های کرایه جرثقیل ها و تعداد موجود از آنها

نوع جرثقیل متحرک	کرایه ساعتی واحد پولی	حداکثر تعداد در دسترس	تعداد موجود در اسکله
۲۰ تنی ساحلی	F=20	K=6	Q=2
۳۰ تنی ساحلی	G=25	L=7	R=2
محوطه ای نوع ۱	H=15	M=5	S=3
محوطه ای نوع ۲	I=20	N=6	t=3

۳-۱- مدل مفهومی

شکل زیر، شمایی از مراحل و توالی مدل استفاده شده به منظور انجام عملیات شبیه سازی- بهینه سازی را نشان می دهد (زنگ و همکاران، ۲۰۰۹):



شکل(۲) فلوچارت عملیات بهینه سازی - شبیه سازی(زنگ و همکاران، ۲۰۰۹)

۳-۲- معرفی پارامترها و متغیرهای مسئله:

پارامترها:

F: هزینه کرایه ساعتی جرثقیل متحرک ۲۰ تنی ساحلی) به واحد پولی)

G: هزینه کرایه ساعتی جرثقیل متحرک ۳۰ تنی ساحلی) به واحد پولی)

H: هزینه کرایه ساعتی جرثقیل محوطه ای نوع ۱) به واحد پولی)

I: هزینه کرایه ساعتی جرثقیل محوطه ای نوع ۲) به واحد پولی)

K: حداکثر تعداد در دسترس جرثقیل متحرک ۲۰ تنی ساحلی

L: حداکثر تعداد در دسترس جرثقیل متحرک ۳۰ تنی ساحلی

M: حداکثر تعداد در دسترس جرثقیل جرثقیل محوطه ای نوع ۱

N: حداکثر تعداد در دسترس جرثقیل جرثقیل محوطه ای نوع ۲

Budget: حداکثر مقدار بودجه قابل تخصیص برای اجاره انواع جرثقیل در ماه

متغیرها:

T: مدت زمان انتظار کشتی در اسکله

yi: تعداد جرثقیل نوع i تخصیص داده شده به اسکله

$$Min\ T = f(x_1, x_2, \dots., x_n) \quad (۱)$$

$$F * (y_1 T) + G * (y_2 T) + H * (y_3 T) + I * (y_4 T) \leq Budget \quad (۲)$$

$$1 \leq y_1 \leq \mathrm{K} \quad (۳)$$

$$1 \leq y_2 \leq \mathrm{L} \quad (۴)$$

$$1 \leq y_3 \leq \mathrm{M} \quad (۵)$$

$$1 \leq y_4 \leq \mathrm{N} \quad (۶)$$

$$y_i \in Integer \quad i = 1,2,3,4$$

(۱) تابع هدف مساله است که به دلیل پیچیدگی زیاد و تاثیرعوامل غیر قطعی در آن به صورت ریاضی قابل محاسبه نیست لذا برای محاسبه مقدار تابع هدف هر نقطه از فضای جواب، از تکنیک شبیه سازی استفاده شده است.

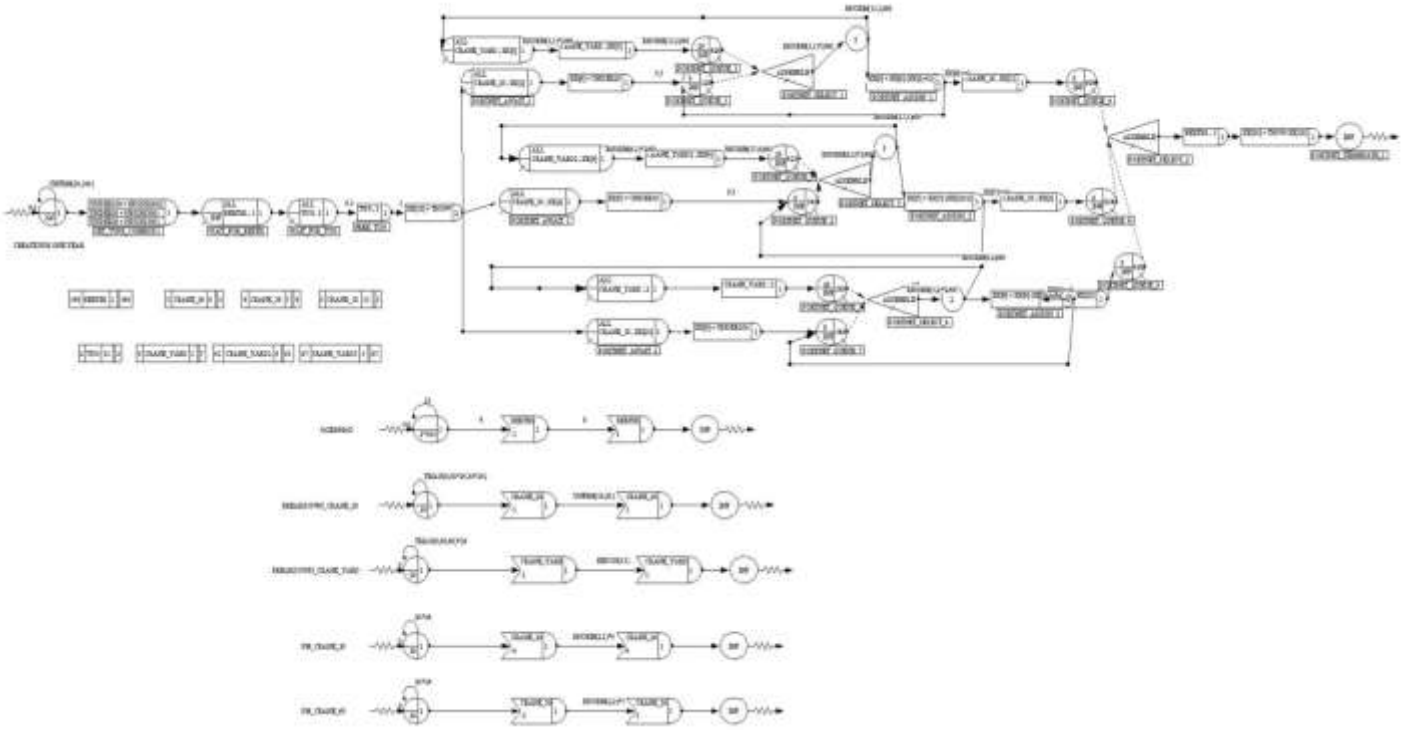
(۲) این محدودیت غیر خطی بیانگر میزان هزینه، برای اجاره کردن جرثقیل های متحرک ساحلی و محوطه ای است. محدودیت های (۳) تا (۶) مربوط به حداکثر تعداد انواع جرثقیل های متحرک در دسترس می باشد.

۴- حل مدل

به منظور حل مدل، از یک رویکرد دو فازی استفاده شده است، بدین ترتیب که در فاز اول محدودیت های قطعی مدل بررسی شده و جواب های قابل قبول پالایش می شود، در ادامه و در فاز دوم جواب های حاصل از شبیه سازی در محدودیت های غیرقطعی مسئله قرار داده شده و با حذف پاسخ های زائد، جواب بهینه کلی استخراج می شود.

۴- ۱- فاز اول

ابتدا محدودیت های (۳) تا (۶) در نظر گرفته می شود و فضای جواب تعیین می شود و مجموعه جواب ها بدست می آید که در این مساله تعداد نقاط فضای جواب، ۱۲۶۰ بدست آمد.



شکل(۳)عملیات حمل و نقل در بندر در نرم افزار شبیه سازی AWESIM 3.0

۴-۲- فاز دوم

مجموعه جواب ها در قالب سناریو برای نرم افزار شبیه سازی AWESIM 3.0 تعریف شد و برنامه طبق مدل حمل و نقل ارائه شده(شکل۳) اجرا گردید.

سپس جوابهای هر سناریو در محدودیت (۲) قرار گرفت که در نهایت تعداد ۹۵ سناریو انتخاب شد. در این میان سناریو با کمترین مقدار تابع هدف به عنوان بهترین جواب انتخاب می گردد(جدول ۳).

جدول(۳) تعداد بهینه استفاده از انواع جرثقیل در بندر

نوع جرثقیل	تعداد بهینه
تعداد جرثقیل ۲۰ تنی	۶
تعداد جرثقیل ۳۰ تنی	۷
تعداد جرثقیل محوطه ای نوع ۱	۲
تعداد جرثقیل محوطه ای نوع ۲	۴

۵- آنالیز حساسیت

تعداد ۱۲۶۰ سناریو برای پیدا کردن بهترین جواب تعریف گردید که در جدول ۴ به تعدادی از آنها می پردازیم.سناریو ۸ به عنـوان سناریو برتر با کمترین زمان انتظار انتخاب می شود.

در تحلیل صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که جرثقیل محوطه ای نوع ۱ به عنوان یک گلوگاه می باشد و زمان ماندن کانتینرها برای حمل به طور چشمگیری وابسته به این نوع جرثقیل است. برای مثال در سناریو ۱ از تعداد جرثقیل محوطـه ای نـوع ۲ یـک واحد کم کرده و به تعداد جرثقیل محوطه ای نوع ۱ اضافه می کنیم که سناریو ۲ بدست می آید که میانگین زمـان انتظـار ۱۴۲.۲ دقیقه کاهش می یابد. در سناریو ۶ نیز هنگامی که تعداد جرثقیل محوطه ای نوع ۱، دو واحد کم می شود، میانگین انتظار افـزایش می یابد. در سناریو ۷ نیز با اضافه کردن یک واحد به تعداد جرثقیل محوطه ای نوع ۱ و جرثقیل ۳۰ تنی، میانگین زمان انتظار بـه مقدار قابل توجهی کاهش می یابد.

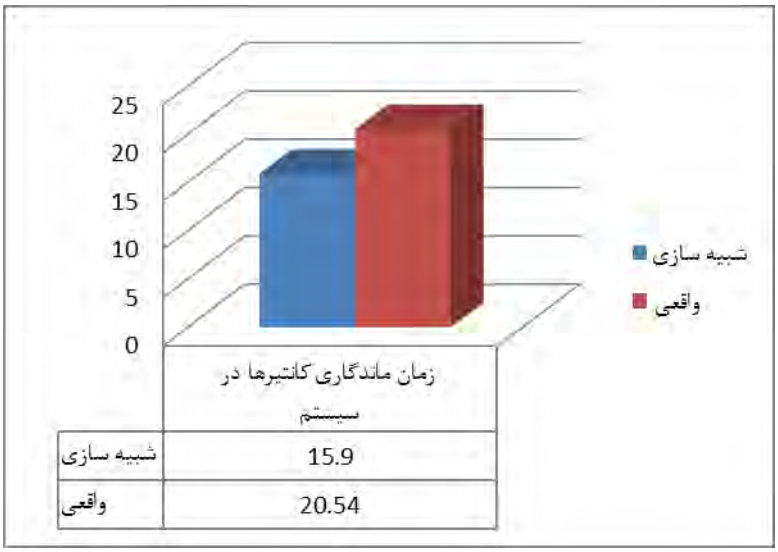
جدول(۴) آنالیز حساسیت تجهیزات حمل و نقل بندر

سناریوها	واریانس انتظار کشتی(ساعت)	میانگین انتظار کشتی(ساعت)	جرثقیل محوطه ای نوع ۲	جرثقیل محوطه ای نوع ۱	جرثقیل ۳۰ تنی	جرثقیل ۲۰ تنی
سناریو ۱	0.3847	44.7132	6	1	2	3
سناریو ۲	0.7125	42.3492	5	2	2	3
سناریو ۳	0.133	30.2457	3	4	5	4
سناریو ۴	0.2609	25.2639	1	3	5	6
سناریو ۵	0.0196	19.7505	2	3	6	6
سناریو ۶	0.0265	18.9243	4	3	6	6
سناریو ۷	0.017	20.2258	4	1	6	6
سناریو ۸	0.3464	15.9082	4	2	7	6

۶- نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی سیستم حمل و نقل کانتینری به عنوان یکی از مؤثرترین سیستمهای صادرات و واردات کالا در بخش حمل و نقل دریایی در بنادر جنوبی کشور و به عنوان مطالعه موردی برای بندر شهید رجائی پرداخته شد. به همین منظور از سیستم شبیه سازی و سپس بهینه سازی برای محاسبه تعداد بهینه جرثقیل های ساحلی و محوطه ای مورد نیاز با توجه به محدودیتهای هزینه، زمان انتظار کانتینرها و منابع در دسترس استفاده گردید تا در نهایت منجر به کاهش ۳۰ درصدی زمان ماندگاری کانتینرها از ۲۰.۵۴ ساعت به ۱۵.۹ ساعت در سیستم تخلیه و بارگیری بندر شد.(شکل ۴)

البته تحلیل های انجام شده با در نظر گرفتن متوسط بودجه ۲۰۰۰۰ واحد پولی انجام شد که می توان به ازای مقادیر هزینه ای متفاوت اختصاص یافته برای کرایه جرثقیل ها، رویکرد های دیگری را برای تعیین تعداد متناسب جرثقیل مورد نیاز در بندر ارائه نمود.



شکل(۴) مقایسه میانگین زمان انتظار کانتینرها در مدل شبیه سازی با واقعیت

۷- مراجع

حمیدی، ح.،(۱۳۸۹)، مدیریت تجهیزات بندری، انتشارات اسرار دانش، چاپ اول

صفارزاده، م.، عزیز آبادی، ا.، حمیدی،ح.، شهبا، م.،(۱۳۸۵) ، حمل و نقل دریایی، انتشارات اسرار دانش، چاپ اول

عبدالله زاده، و.،(۱۳۸۶) ، ارزیابی و انتخاب تجهیزات گنتری کرین با استفاده از روشAHP گروهی، نشریه دیدگاه، مرکز تحقیقات سازمان بنادر و دریانوردی.

عربشاهی نادر، اله یاری اشکان و کربلایی زاده نادر ،(۱۳۹۱)، بهینه سازی خدمات حمل و نقل کانتینری در بنادر جنوبی کشور (مطالعه موردی: بندر شهید رجایی، دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران).

قیصری، ث.، (۱۳۸۷) ، راهکار اصلاحات در بنادر، انتشارات اسرار دانش، چاپ اول

مؤمنی، م.، معینی، ع.، صاحبی، ح.،(۱۳۹۱) ، شبیه سازی خدمات حمل و نقل کانتینری(فیدرینگ) و بهینه سازی آن، اولین کنفرانس بین المللی مهندسی کیفیت.

CHEN Ch. , W. J. HSU, Sh.Y. HUANG(2004), "Simulation and Optimization of Container Yard Operations." Nanyang Technological University, Singapore.

Hansen B.O.(1996), "CPT Container Pallet Transfer-An Automatic High Capacity Ship/Shore Loading System."Proceeding from the third European Roundtable Conference on SSS Bergen Norway, pp125-126.

Frances S., R. Frances, J. Ramon, L.P. Andres.(2006)," Optimization of Handling Equipment in the Container Terminal of the Port of Barcelona."Transportation Research Board Business Office ,No 1963 ,pp44-51.

Lagoudis, I. N. and A. N. Platis (2009). "Using birth-and-death theory for container terminal strategic investment decisions." International Journal of Decision Sciences, Risk and Management **1**(1): 81-103

Zeng, Q. and Z. Yang (2009). "Integrating simulation and optimization to schedule loading operations in container terminals." Computers & Operations Research **36**(6): 1935-1944