بهبود توان عملیاتی بندر شهید رجایی با استفاده از شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری‌های چند معیاره

علی خاتمی فیروزآبادی[۱]، لعیا الفت[۱]، علی محتشمی*[۲]، محسن رحیمی مزرعه شاهی[۱]
[۱]دانشکده مدیریت و حسابداری – دانشگاه علامه طباطبایی
[۲] دانشکده مدیریت و حسابداری- دانشگاه آزاد اسلامی قزوین(عهده‌دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۸۸ .تاریخ داوری: آذر ۱۳۸۸ . تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۸

چکیده

در این مقاله به بررسی ترکیب مطلوب افزایش طرح‌های بهبود دهنده عملیات تخلیه و بارگیری ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی می‌پردازیم. برای این منظور از شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری‌های چند معیاره استفاده خواهیم کرد. برای شبیه‌سازی سیستم و آلترناتیوهای بهبود دهنده از نرم‌افزار شبیه‌سازی ARENA و برای تحلیل آلترناتیوها از مقایسات زوجی روش AHP و روش TOPSIS استفاده می‌کنیم. در این پژوهش ۴ آلترناتیو کلی و ۴ شاخص تصمیم‌گیری جهت رتبه‌بندی در نظر گرفته شدند. ۴ آلترناتیو کلی عبارت بودند از اسکله، گنتری کرین، ترانستینر و ریچ استاکر؛ و ۴ شاخص تصمیم‌گیری عبارت بودند از هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل و حجم تخلیه و بارگیری سالیانه. با توجه به محدودیت‌های سیستم برای افزایش تجهیزات و همچنین در نظر گیری شاخص‌های مختلف تصمیم‌گیری بهترین آلترناتیو برای بهبود سیستم شناسایی شد. این آلترناتیو عبارت بود از افزایش ۵ اسکله، ۱۵ گنتری کرین، ۳۸ ترانستینر و ۴۴ ریچ استاکر.

کلمات کلیدی: بندر، سیستم‌های صف، شبیه‌سازی، توان عملیاتی، اسکله، گنتری کرین، ترانستینر، ریچ استاکر.

۱- مقدمه

اهمیت مسیرهای آبی، دریاها و اقیانوس‌ها به‌عنوان بهترین مسیر مقرون به‌صرفه، برای حمل کالاهای تجاری باعث گرایش بیشتر کشورها و تولیدکنندگان برای حمل کالا به‌وسیله شناورها و استفاده مطلوب از امکانات و تسهیلات آنها گردیده است. از این‌رو یکی از صنایع مادر و زیرساخت‌های اقتصادی و استراتژیک هرکشور، داشتن بنادر مجهز به تأسیسات و امکانات لازم برای تدارک سوخت، مواد غذایی و سایر ملزومات، پهلودهی، تخلیه، بارگیری و ارائه سایر خدمات بندری به کشتیرانی‌های داخلی و خارجی است.

بدون داشتن چنین امکاناتی، کشورها قادر به داشتن خطوط کشتیرانی موفقی نخواهند بود. از طرف دیگر، درصورت نبود این امکانات، ورود و خروج کشتی‌ها با پرچم خارجی نیز، به کشور، به حداقل رسیده و نتیجتاً حمل و نقل کالا به آن کشورها با هزینه‌های گزاف مواجه خواهد گردید، لذا هر کشور و دولت مستقلی، سعی در داشتن چنین امکاناتی با بهترین شرایط از نظر اقتصادی و تکنولوژیکی می‌نماید.

در شرایط معاصر، آنچه که پیش روی سازمان‌های فعال در عرصه بین‌المللی قرار دارد، تدوین برنامه برای ایجاد تحول و شناخت ویژگی‌ها و چگونگی تحقق آن، تعیین مسیرهای توسعه، شناخت نیازهای بازار و مدیریت بر آینده و زمان است.

حضور مؤثر در بازارهای به‌شدت رقابتی موجود، نیازمند شناسایی الگوهای پیشرفت است و آنچه ضامن تحصیل و تحقق آن است، همانا تأکید بر برنامه‌ریزی، تحقیق و مطالعه و اعمال مدیریت متناسب با زمان است.

حساسیت نقش کشور ایران در آب‌های بین‌المللی و موقعیت استثنایی آن به‌عنوان یکی از محورهای اصلی ترانزیت، همچنین وجود سرمایه‌های مادی (تأسیسات و نهاده‌های بندری، کرانه‌ها و پس‌کرانه‌های مساعد، امکانات حمل و نقل) و معنوی (توان علمی و تجربی کارکنان، عزم راسخ به پیشرفت و انگیزه‌های توسعه و وجود اراده‌ی جمعی برای برنامه‌ریزی، مطالعه و تحقیق و هم‌گرایی با شرایط تحول و نوآوری)، ضرورت حضور ایران را در عرصه حمل و نقل دریایی، امور بندری و صنعت دریانوردی دو چندان کرده و ما را متوجه به این نکته مهم می‌کند که باید توان کنشی و واکنشی خود را در برابر تحولات، دسترسی به توسعه، شناخت بازارها و مدیریت بر آینده و زمان گسترش دهیم [۲].

با توجه به گرایش روزافزون ناوگان حمل و نقل دریایی جهان در جهت کانتینریزه نمودن کالا به‌منظور برخورداری از مزایای آن و همچنین ضرورت برنامه‌ریزی کلان حمل و نقل به‌منظور ترانزیت کالای کشورهای آسیای میانه از طریق ایران، برای پاسخگویی به نیازهای واردات و صادرات کشور این سوال در ذهن ایجاد می‌شود که امکانات و تجهیزات بندری

*mohtashami07@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

موجود تا چه میزان پاسخگوی نیاز واردات و صادرات از طریق حمل و نقل کانتینری خواهد بود؟

با توجه به مطالبی که پیشتر ذکر شد و با توجه به راهبردی بودن این صنعت، بهبود روزافزون و ارتقای سطح کیفی و کمی بنادر، بسیار ضروری و غیر قابل اجتناب می‌نماید. ایجاد بهبود، توسعه، حصول کارایی، و اثربخشی بالاتر در این صنعت نیازمند سرمایه‌گذاری‌هایی با مبالغ بسیار بالاست که مطمئناً، اگر فرآیند بهبود و توسعه در این مقیاس، بدون مطالعات کافی صورت گیرد، این اقدامات بدون شک مطلوب نخواهد بود. به‌عبارت دیگر در فرآیند انتخاب طرح‌های موجود برای توسعه و بهبود سیستم، عوامل مختلفی دخیل هستند که تصمیم‌گیری در زمینه انتخاب و اولویت این طرح‌ها، تنها در صورت بررسی آنها از زوایای مختلف صورت‌پذیر است و در صورت عدم مطالعه کافی در اولویت‌بندی طرح‌ها، چه بسا در فرآیند تصمیم‌گیری و انتخاب، طرح‌هایی انتخاب شوند که نتایج مطلوب و مورد انتظار را در پی نداشته و یا طرح‌هایی با نقاط منفی کمتر و نقاط مثبت بیشتری وجود داشته باشند که به‌دلیل عدم مطالعه کافی مورد انتخاب واقع نشوند. برای مثال هزینه خرید یک جرثقیل ۵۵۰ تنی می‌تواند تا ۱۰ میلیون دلار (معادل ۹.۵ میلیارد تومان) هزینه دربرداشته باشد. این در حالی است که ممکن است میزان برآیند بهبودی که این گزینه در سیستم ایجاد می‌کند، کمتر از گزینه‌ای دیگر (حتی شاید با هزینه کمتر) باشد.

در ذیل مروری بر ادبیات تحقیق و پژوهش‌هایی که در داخل و خارج از کشور انجام شده است صورت گرفته است.

Bierwirth و Meisel عنوان کردند که به سبب تنوع تجهیزات عملیاتی و چیدمان‌های ترمینال‌ها، پژوهش‌های مختلف به ارائه سطح وسیعی از مدل‌های بهینه‌سازی برای برنامه‌ریزی عملیات ساحلی در ترمینال‌های کانتینری پرداخته‌اند. آنها برای حل مسئله تخصیص اسکله‌ها و زمان‌بندی اسکله‌ها به تمرکز بر رویکردهای حل یکپارچه که از اهمیت فزاینده‌ای در مدیریت ترمینال برخوردار است استفاده کردند [۶].

LI و همکارانش عنوان کردند که عملیات ترمینال کانتینری معمولاً به سبب حرکت‌های کند گنتری کرین‌ها به‌صورت گلوگاه در می‌آیند که این امر منجر به بالا رفتن زمان انتظار شناورها می‌شود. بنابراین، زمان‌بندی کارای گنتری کرین‌ها، برای کاهش زمان‌های انتظار و در نتیجه افزایش توان عملیاتی ترمینال کانتینری، بسیار حائز اهمیت است. بنابراین آنها به ارائه یک مدل کارا برای زمان‌بندی گنتری کرین‌ها با در نظرگیری محدودیت‌های واقعی عملیاتی مانند مداخله بین گنتری کرین‌ها، فاصله ثابت مابین گنتری کرین‌ها و همزمانی عملیات تخلیه و بارگیری کانتینرها پرداختند. آنها وجه تمایز تحقیق خود را با پژوهش‌های پیشین در این دانستند که در تحقیقات پیشین از بین محدودیت‌های فوق تنها محدودیت بین گنتری کرین‌ها مد نظر قرار گرفته بود. همچنین آنها برای حل مسئله زمان‌بندی از الگوریتم‌های ابتکاری بهره بردند [۱۰].

Matthew و همکارانش به بررسی اثر طول بلوک‌ها و سیستم‌های توسعه جرثقیل‌ها برروی عملکرد کلی یک ترمینال کانتینری پرداختند [۱۱].

Allahviranloo و afandizadeh به ارائه مدلی برای بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری در توسعه بندر به‌وسیله برنامه‌ریزی عدد صحیح فازی پرداختند. هدف اصلی آنها در این مطالعه، فرموله کردن یک مدل برای تعیین سرمایه‌گذاری بهینه در توسعه بندر از چشم‌انداز سرمایه‌گذاری ملی بود. از طرف دیگر در مدل ارائه شده به‌وسیله آنها، هزینه‌ها و منافع از دیدگاه مصرف کننده و سرمایه‌گذار نیز مد نظر قرار دارد. مدل ارائه شده به‌وسیله آنها یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح است که تأکید آن بر مدلسازی یک مسئله بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری است که شامل عناصری چون محموله کشتی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، ظرفیت حمل بار، شبکه حمل و نقل بار و محدودیت‌های تجهیزات دریایی است. در این مدل اعداد فازی به‌منظور پیش‌بینی محموله در نظر گرفته شده است. خروجی مدل آنها طراحی نوع کشتی‌ها و اسکله‌ها است که درهر زیر دوره لازم است، برای اینکه برنامه‌ریز (دولت) در هر زیر دوره طرح بهینه توسعه را پیدا کند در حالی‌که در پیش‌بینی محموله کشتی‌ها عدم اطمینان وجود دارد (اعداد فازی) [۵].

Kang و همکارانش به ارائه عملیات بهینه ناوگان حمل و نقل برای فعالیت‌های تخلیه در بندرهای کانتینری پرداختند. آنها در این پژوهش مدلی را پیشنهاد کردند که اندازه ناوگان حمل و نقل (جرثقیل‌ها و لیفتراک‌ها) را برای عملیات تخلیه در ترمینال‌های کانتینری بهینه می‌کند. آنها یک مدل صف چرخه‌ای را برای مطالعه حالت پایدار در نظر گرفتند که در نهایت منجر به ارائه اندازه بهینه ناوگان حمل و نقل در دراز مدت می‌شود [۹].

Henesey و همکارانش به استفاده از شبیه‌سازی در ارزیابی تخصیص اسکله در یک ترمینال کانتینری پرداختند. در این پژوهش، عملیات و تصمیم‌گیری در یک ترمینال کانتینری شبیه‌سازی شده است. به این منظور یک سیستم مدیریت تخصیص اسکله ساخته شد. این سیستم شامل دو بخش بود که عبارت بودند از یک شبیه‌ساز ترمینال کانتینری برای مدلسازی عملیات و یک شبیه‌ساز مدیریتی برای مدلسازی عوامل گوناگون دخیل در تخصیص کشتی‌های کانتینری به اسکله‌ها. در این مطالعه دو سیاست تخصیص اسکله در قالب سناریوهای مختلفی با طول‌های مختلف اسکله، طول‌های مختلف فضای لنگرگاه و توالی‌های متفاوت ورود کشتی‌ها ارزیابی شده است. در این پژوهش آنها به مدلسازی اسکله‌ها در ترمینال کانتینری توسط سیستم ساخته شده به‌گونه‌ای پویا پرداختند [۷].

Alattar و همکارانش به شبیه‌سازی صف‌های کانتینری برای تصمیمات سرمایه‌گذاری پرداختند. لازم به توضیح است که به سبب ازدحام در بندر، برخی اوقات کشتی‌ها نمی‌توانند مستقیماً به بندر وارد شوند. در چنین شرایطی کشتی‌ها در لنگرگاه مستقر شده و کانتینرها با شناورهای کوچکی به کشتی منتقل می‌شوند. در این پژوهش Alattar و همکارانش به بررسی چنین شرایطی پرداختند. آنان به شبیه‌سازی این شرایط پرداختند تا اثر افزایش تجهیزات و تسهیلات را بر کاهش صف انتظار کانتینرها مورد ارزیابی قرار دهند. تجهیزات مورد بررسی در این مطالعه،

Archive of SID

www.SID.ir

محدود به اسکله‌ها و جرثقیل‌ها بوده و هدف از این تحقیق، ارزیابی و تحلیل اثربخشی راه‌حل پیشنهادی پیش از سرمایه گذاری بود [۴].
Nazari، مدلی برای ارزیابی محوطه کانتینری با استفاده از شبیه‌سازی ارائه داد. تمرکز پژوهشگر این مطالعه بر به‌کارگیری شبیه‌سازی برای تحلیل تفاوت‌های بین شاخص‌های عملکرد دو نوع عمده چیدمان ترمینال کانتینری بود که این دو نوع چیدمان عبارت بودند از ترمینال با انبارش عمودی در مقایسه با ترمینال با انبارش افقی. در نهایت نتیجه این تحقیق این بود که چیدمان با انبارش عمودی از حیث شاخص‌های عملکرد مناسب‌تر است (اما هزینه بالاتری دارد). اما محقق این پژوهش اذعان دارد که نتایج این مطالعه را نمی‌توان عمومیت بخشید، چراکه در چنین مطالعه‌ای، عوامل دیگری از جمله ابعاد و شکل ظاهری ترمینال نیز در تعیین چیدمان مناسب نقش بسزایی دارند. از آنجایی‌که این مطالعه با عوامل و معیارهای متعدی سروکار دارد، نظری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره (AHP) برای اولویت‌بندی چیدمان‌های مختلف بهره برده است [۱۲].
با توجه به مطالبی که پیشتر ذکر شد، این پژوهش سعی دارد تا با ارائه مدلی با بهره‌گیری از مفاهیم و محاسبات سیستم‌های صف، روش‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره و فن شبیه‌سازی، به ۱) تحلیل سیستم و ۲) شناسایی و انتخاب مطلوب طرح‌های فیزیکی موجود جهت توسعه و بهبود عملکرد سیستم بپردازد. منظور از بهبود عملکرد سیستم در این پژوهش، کاهش زمان عملیات تخلیه و بارگیری در بندر و به سبب آن افزایش جابجایی کانتینر (شامل واردات و صادرات) است که این امر با توجه به بررسی طرح‌ها و همچنین با در نظر گرفتن اهداف و معیارهایی که در ادامه توضیح داده خواهند شد، میسر می‌شود. لازم به توضیح است که در این مدل، طرح‌ها این قابلیت را دارند که با توجه به شرایط مسئله به صورت مجزا و یا ترکیبی انتخاب شوند.

۲- روش پژوهش

پروژه حاضر مشتمل بر مراحل و فعالیت‌های مختلفی است. در این پروژه از روش‌ها، تکنیک‌ها، ابزارها و نرم‌افزارهای مختلف برای هر بخش از پروژه استفاده شده است.
با توجه به حجم بالای مراحل و محاسبات در این پروژه، در ذیل به ارائه فعالیت‌های صورت گرفته پرداخته می‌شود:

- جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز
- شناسایی آلترناتیوهای کلی بهبود دهنده سیستم و مشخصات مربوط به هر آلترناتیو
- شناسایی معیارهای مهم جهت تصمیم‌گیری
- محاسبه اهمیت نسبی معیارهای تصمیم‌گیری با روش AHP
- شبیه‌سازی وضعیت فعلی با نرم افزار ARENA
- تجزیه و تحلیل نتایج حاصله از شبیه‌سازی
- به‌دست آوردن ترکیب‌های مختلف از آلترناتیوهای بهبود دهنده سیستم
- به‌دست آوردن مشخصات مربوط به هر ترکیب
- کاهش ترکیب‌های به‌دست آمده به‌وسیله حل از طریق روش TOPSIS (با درنظرگیری سه شاخص هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل)
- شبیه‌سازی سیستم برای هر ترکیب و تحلیل نتایج حاصل از اجرای هر ترکیب
- به-دست آوردن ترکیب مطلوب افزایش آلترناتیوها با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری (کل معیارها (در این مرحله شاخص چهارم یعنی حجم تخلیه و بارگیری سالیانه به مدل اضافه می‌شود)) توسط روش TOPSIS

شکل (۱) مراحل انجام فعالیت‌های فوق را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد.

۲-۱- *توان عملیاتی ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی*

با توجه به این مطلب که مطالعه حاضر در پی شبیه‌سازی ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی می‌باشد، لازم است تا در این بخش، به ارائه آماری در مورد عملکرد و توان عملیاتی ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی بپردازیم.
جدول (۱) توان عملیاتی ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی را از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۹ نشان می‌دهد.

۲-۲- *ساخت مدل شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار APENA*

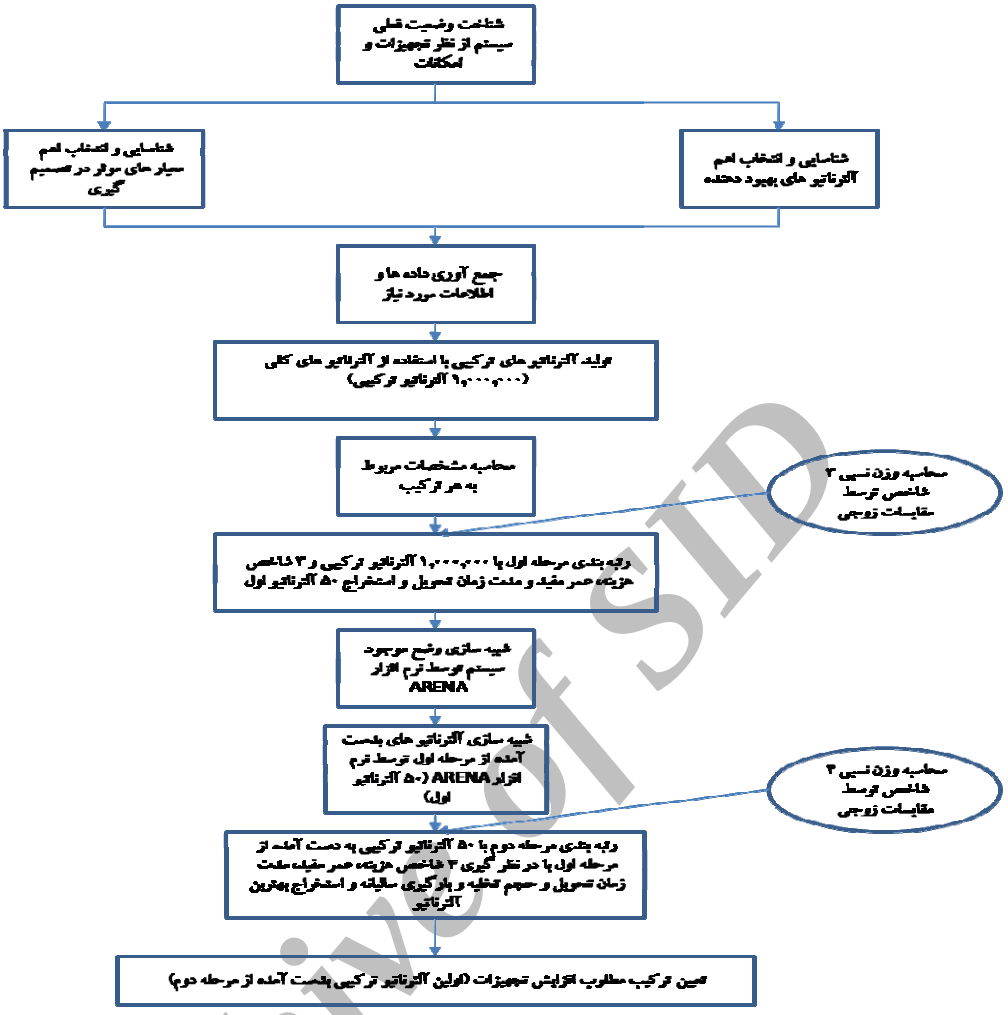
هر سیستمی که در آن خدمتی ارائه می‌شود و مشتری نیازمند آن خدمت باشد، تشکیل سیستم صف را می‌دهد. در یک سیستم صف چند مؤلفه اصلی وجود دارد که عبارتند از: مشتری، الگوی ورود مشتریان، خدمت، خدمت‌دهنده و جمعیت بالقوه مشتریان به‌طوری‌که مشتری وارد سیستم می‌شود و در صف انتظار جهت دریافت خدمت می‌ایستد، پس از انتظار خدمت دریافت می‌کند و بعد از دریافت خدمت از سیستم خارج می‌شود [۱].
در طراحی مدل شبیه‌سازی در این پژوهش، سعی شده تا در حد امکان جزئیات منطبق بر واقعیت در مدل گنجانده شود تا نتایج حاصل از مدل با اطمینان هر چه بیشتر قابل اعتماد و تجزیه و تحلیل باشد. برای این منظور مدل به دو بخش کلی تقسیم شده است:

۱. عملیات تخلیه (واردات)
۲. عملیات بارگیری (صادرات)

این دو بخش به‌طور مجزا در یک مدل طراحی شده‌اند. فرآیند عملیات تخلیه و بارگیری تا حد زیادی شبیه به یکدیگر است اما توابع توزیع مدت زمان‌های خدمت‌دهی در عملیات تخلیه و بارگیری تا حدی متفاوت از یکدیگرند. این امر (جداسازی صادرات و واردات) را می‌توان از نقاط قوت در طراحی این مدل برشمرد. ضمن اینکه در طراحی این مدل کانتینرهای خالی و پر به‌منظور افزایش دقت مدل تفکیک شده‌اند که این امر را نیز می‌توان از نقاط قوت در طراحی این مدل برشمرد. با توجه به آمار و ارقام مندرج در پایگاه اطلاع‌رسانی شرکت تاید واتر خاورمیانه، ۹۵.۵ درصد از کانتینرهای وارداتی را کانتینرهای پر و ۴.۵ درصد از

Archive of SID
www.SID.ir

کانتینرهای وارداتی را کانتینرهای خالی تشکیل می‌دهند. همین‌طور در فرآیند صادرات، ۴۵ درصد از کانتینرهای صادراتی را کانتینرهای پر و ۵۵



شکل (۱): جزئیات روند اجرای پروژه

جدول (۱): توان عملیاتی ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۹ ([۳] – تا مارس ۲۰۰۹)

سال	باکس	TEU	TEU (کاهش)افزایش	نرخ رشد
۱۹۹۷	۱۵۵،۸۰۰	۲۱۹،۰۰۰	---	---
۱۹۹۸	۲۱۴،۴۰۰	۲۹۹،۲۰۰	+۸۰،۲۰۰	+۳۷%
۱۹۹۹	۲۳۲،۵۰۰	۳۲۹،۵۰۰	+۳۰،۲۰۰	+۱۰%
۲۰۰۰	۳۰۳،۰۰۰	۴۱۸،۰۰۰	+۸۸،۵۰۰	+۲۷%
۲۰۰۱	۳۸۳،۰۰۰	۵۴۸،۰۰۰	+۱۳۰،۰۰۰	+۳۱%
۲۰۰۲	۵۰۲،۰۰۰	۷۳۱،۰۰۰	+۱۸۳،۰۰۰	+۳۳%
۲۰۰۳	۶۵۰،۸۲۵	۹۶۵،۰۱۱	+۲۴۳،۰۱۱	+۳۱%
۲۰۰۴	۷۷۱،۸۸۲	۱،۱۴۲،۶۵۹	+۱۷۷،۶۴۸	+۱۸.۴%
۲۰۰۵	۸۵۶،۸۴۹	۱،۲۹۲،۹۶۲	+۱۵۰،۳۰۳	+۱۳.۲%
۲۰۰۶	۹۴۰،۲۴۸	۱،۴۰۸،۰۶۷	+۱۱۵،۱۰۵	+۹%
۲۰۰۷	۱،۱۳۵،۷۰۱	۱،۷۲۲،۵۱۳	+۳۱۴،۴۴۶	+۲۲%
۲۰۰۸	۱،۳۰۲،۹۴۳	۲،۰۰۰،۲۳۰	+۲۷۷،۷۱۷	+۱۶%
۲۰۰۹	۳۰۴،۹۸۱	۴۶۱،۷۱۹	---	---

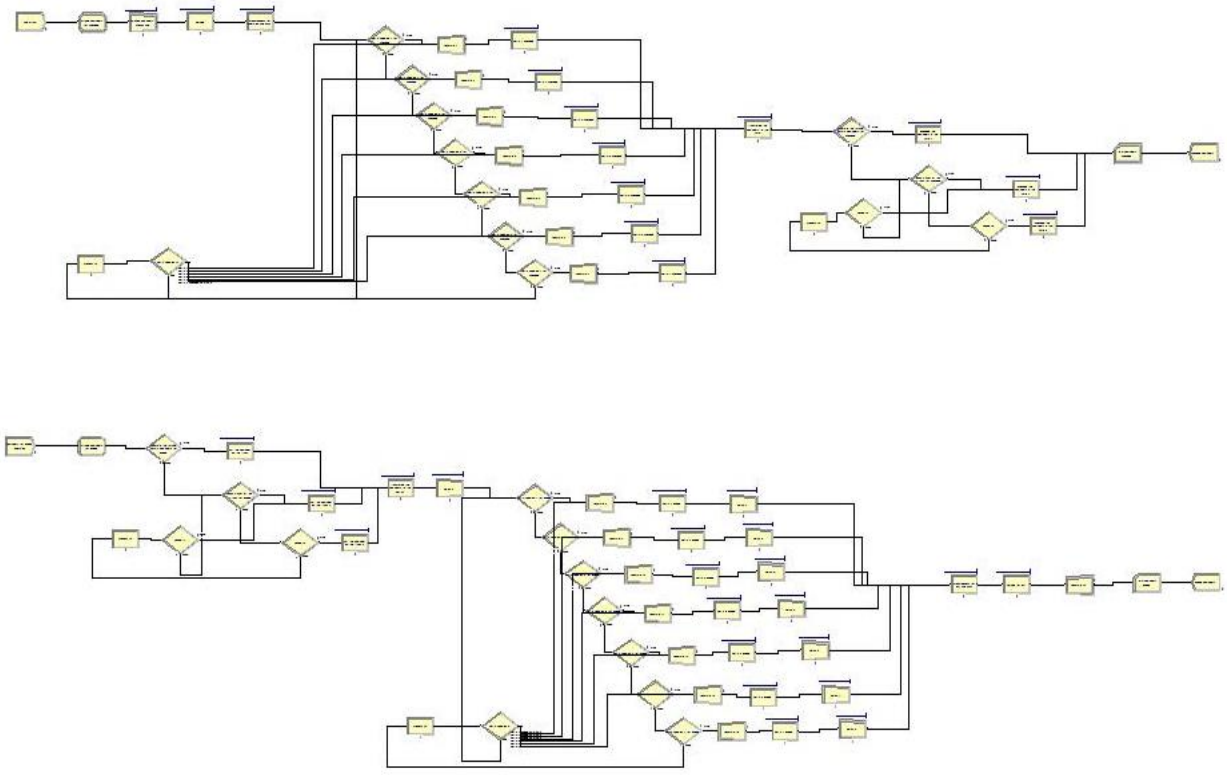
Archive of SID
www.SID.ir

درصد از کانتینرهای صادراتی را کانتینرهای خالی تشکیل می‌دهند. لازم به توضیح است که در طراحی این مدل شبیه‌سازی، از ۸۵ ماژول شامل ماژول‌های خلق (Create)، تخصیص (Assign)، فرآیند (Process)، تصمیم (Decide)، دسته‌کردن (Batch)، جداسازی (Separate)، ذخیره (Record)، منفک کردن (Dispose) و غیره استفاده شده است.
شکل (۲) تصویر مدل طراحی شده با نرم‌افزار ARENA را نشان می‌دهد.

۲-۳- تعیین آلترناتیوها

یکی از بخش‌های مهم در این طرح، تولید آلترناتیوهای ترکیبی بهبود دهنده است. زیرا (بر خلاف بسیاری از طرح‌های مشابه)، تعداد زیادی از تجهیزاتی که به‌صورت مستقیم یا غیر مستقیم در عملیات تخلیه و بارگیری دخیل‌اند مدنظر قرار داده شده است. آلترناتیوهای کلی بهبود دهنده در این طرح به‌صورت ذیل تعریف می‌شوند:

- افزایش تعداد اسکله
- افزایش تعداد گنتری کرین
- افزایش تعداد ترانستینر
- افزایش تعداد ریچ استاکر



شکل (۲): تصویر مدل طراحی شده توسط نرم‌افزارARENA

در این طرح ترکیبات مختلفی از آلترناتیوهای کلی (اسکله، گنتری کرین و ...) مورد بررسی قرار گرفته است، بنابراین به‌دست آوردن ترکیبات مختلف از این چهار آلترناتیو کلی، امری بسیار مهم و حیاتی است چرا که باید تمام ترکیبات موجود با درنظرگیری شاخص‌های مختلف تصمیم‌گیری مدنظر قرار گیرند، در غیر این‌صورت ممکن است ترکیباتی وجود داشته باشند اما به‌دلیل ساختار نامناسب تولید ترکیبات، از دید پژوهشگر دور مانده و در روند دستیابی به بهترین ترکیب مورد ارزیابی قرار نگیرند. در ادامه به توضیح ساختار و روشی که در این طرح برای تولید ترکیبات استفاده شده است پرداخته می‌شود، اما قبل از آن لازم است تا شاخص‌های تصمیم‌گیری و محدودیت‌های افزایش تجهیزات بررسی شود.

۲-۴- تعیین شاخص‌های تصمیم‌گیری

در این پژوهش ترکیب‌های بهبود دهنده سیستم (مشتق از آلترناتیوهای کلی) با چهار شاخص مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و در نهایت بهترین آلترناتیو تعیین خواهد شد. شاخص‌هایی که در این مطالعه مد نظر قرار گرفته‌اند عبارتند از:

- هزینه اجرای هر ترکیب
- عمر مفید اجرای هر ترکیب
- مدت زمان تحویل و آماده‌سازی هر ترکیب

www.SID.ir

- میزان افزایش حجم تخلیه و بارگیری سالیانه بندر در صورت اجرای هر ترکیب

لازم به توضیح است که در این مطالعه شاخص‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شده‌اند که به لحاظ ماهیتی از یکدیگر مستقل بوده و وابستگی متقابل نداشته باشند.

۲ – ۵- محدودیت‌های افزایش تجهیزات

برای بررسی حداکثر میزان افزایش تجهیزات، این امر از طریق مصاحبه با کارشناسان و خبرگان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

با توجه به مسائل و محدودیت‌های جغرافیایی (بخصوص برای افزایش تعداد اسکله‌ها)، هزینه، ترافیکی (شلوغ شدن محوطه و کاهش راندمان)، نیروی انسانی و استراتژیک، برای هر آلترناتیو حد بالایی در نظر گرفته شد که این عدد برای اسکله ۶، گنتری کرین ۱۸، ترانستینر ۴۵ و ریچ استاکر ۴۵ تعیین شد. به‌عبارت دیگر تعداد افزایش اسکله بین ۰ تا ۶، گنتری کرین بین ۰ تا ۱۸، ترانستینر بین ۰ تا ۴۵ و ریچ استاکر بین ۰ تا ۴۵ می‌تواند تغییر کند. بنابراین تعداد ترکیبی که باید مورد بررسی قرار گیرد عبارت است از:

۷*۱۹*۴۶*۴۶=۲۸۱،۴۲۸

به‌عبارت دیگر بهترین ترکیب برای بهبود سیستم باید از بین ۲۸۱،۴۲۸ ترکیب انتخاب شود که در ادامه در مورد این قسمت از پژوهش توضیح داده شده است.

۲-۶- تولید آلترناتیوهای ترکیبی

همان‌طور که پیشتر گفته شد یکی از مراحل حساس در چنین مطالعه‌ای بحث تولید ترکیبات است که اهمیت آن در قسمت «تعیین آلترناتیو» مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به اینکه ۲۸۱۴۲۸ ترکیب برای رسیدن به ترکیب مطلوب باید مدنظر قرار گیرد بدین‌منظور برای تولید ترکیبات، از نرم افزار Excel کمک گرفته شد. به‌وسیله این نرم‌افزار با استفاده از اعداد تصادفی ۱،۰۰۰،۰۰۰ (یک میلیون) ترکیب ایجاد شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هدف از ایجاد ۱،۰۰۰،۰۰۰ ترکیب این بود که سعی شود تا تمام ترکیبات (۲۸۱۴۲۸ ترکیب) در محاسبات لحاظ شوند، به‌همین‌منظور عدد ۱،۰۰۰،۰۰۰ انتخاب شد تا اطمینان حاصل شود که ۲۸۱۴۲۸ ترکیب مد نظر قرار می‌گیرد.

۲ – ۷ – روند تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین ترکیب مطلوب تجهیزات

در بخش‌های قبلی به تعیین آلترناتیوها، تعیین شاخص‌های تصمیم‌گیری و تولید ترکیبات مختلف پرداخته شد. در این بخش روند تجزیه و تحلیل داده‌ها و به سبب آن تعیین ترکیب مطلوب تجهیزات توضیح داده می‌شود.

به‌منظور حل مسئله‌ی چند معیاره‌ی تعیین ترکیب مطلوب تجهیزات در این مطالعه از تکنیک‌ها و روش‌های مختلفی از جمله شبیه‌سازی، AHP و TOPSIS استفاده شده است. در این پروژه برای رتبه‌بندی آلترناتیوهای ترکیبی، در دو مرحله از روش TOPSIS استفاده شده است که در مرحله اول ۱،۰۰۰،۰۰۰ (یک میلیون) آلترناتیو ترکیبی با ۳ شاخص رتبه‌بندی شده‌اند و در مرحله دوم ۵۰ آلترناتیو ترکیبی با ۴ شاخص رتبه‌بندی شده‌اند.

دلیل تقسیم این مسله به دو زیر مسئله و حل جدای هر کدام از آنها این بود که با توجه به کثرت آلترناتیوهای ترکیبی (۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو) در ابتدا امکان در نظرگیری تمام آلترناتیوها و تمام شاخص‌ها (با توجه به ماهیت شاخص‌ها) وجود نداشت. بدین‌منظور برای رتبه‌بندی ۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو، از ۳ شاخص «هزینه، عمر مفید و مدت زمان تحویل» که برای این ۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو قابل محاسبه بودند بهره گرفته شد. جهت رتبه‌بندی این ۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو ترکیبی، از روش TOPSIS استفاده شده و ۵۰ آلترناتیو اول استخراج شد. در ادامه شاخص حجم تخلیه و بارگیری سالیانه به مدل اضافه گشت. برای محاسبه این شاخص برای هر کدام از آلترناتیوهای ترکیبی، از شبیه‌سازی استفاده شد. برای این منظور هرکدام از آلترناتیوها به‌صورت مجزا مورد شبیه‌سازی قرار گرفته و میزان درصد افزایش حجم تخلیه و بارگیری سالیانه (در صورت اجرای هر یک) محاسبه شد. سپس این ۵۰ آلترناتیو با ۴ شاخص (هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل و حجم تخلیه و بارگیری سالیانه) مورد رتبه‌بندی بر اساس روش TOPSIS قرار گرفتند. در نهایت مسئله بعد از عبور از دو مرحله‌ی اصلی به جواب مطلوب دست یافت که در ادامه در مورد هر کدام از این مراحل توضیح داده شده است.

۲ – ۸ – محاسبه وزن شاخص‌ها با مقایسات زوجی

یکی از مراحل حساس و مهم در این طرح، محاسبه‌ی وزن شاخص‌های تصمیم‌گیری بوده که برای این امر از نظرات پنج کارشناس و خبره در این زمینه کمک گرفته شده است.

به این منظور از افراد خواسته شد تا طی پرسشنامه‌ای به بیان نظرات خود در مورد اهمیت نسبی شاخص‌ها بپردازند. سپس نظرات افراد از این پرسشنامه‌ها استخراج شده و در قالب ماتریس‌های مقایسات زوجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ادامه برای محاسبه و بررسی میزان سازگاری نظرات از نرم‌افزارهای Excel، Expert Choice و MATLAB کمک گرفته شد. سپس این ماتریس‌ها برای محاسبه وزن نهایی در قالب یک ماتریس واحد درآمده و وزن آنها محاسبه شد.

با توجه به اینکه در این طرح مسئله اصلی به دو زیر مسئله خرد شده، ماتریس‌های مقایسات زوجی اصلی نیز در قالب دو ماتریس مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌عبارت دیگر در مرحله اول ۳ شاخص هزینه، عمر مفید و مدت زمان تحویل در نظر گرفته شده و سازگاری ماتریس‌ها و وزن نهایی ماتریس ادغام شده محاسبه شد (جدول ۲). سپس در مرحله دوم شاخص حجم تخلیه و بارگیری سالیانه به مجموعه‌ی شاخص‌ها اضافه شده و ماتریس‌های جدید مورد محاسبه‌ی میزان سازگاری و وزن نهایی ماتریس

Archive of SID

www.SID.ir

ادغام شده قرار گرفتند و این وزن‌ها برای تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند (جدول۳).

جدول (۲): ماتریس ادغام شده‌ی مقایسه زوجی سه شاخص «هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل»

ماتریس ادغام شده	هزینه	عمر مفید	مدت زمان تحویل	وزن
هزینه	۱.۰۰	۰.۳۹	۳.۱۰	۰.۲۸
عمر مفید	۲.۵۷	۱.۰۰	۵.۴۷	۰.۶۲
مدت زمان تحویل	۰.۳۲	۰.۱۸	۱.۰۰	۰.۱۰
I.R.=	۰.۰۰۷۱			

جدول (۳): ماتریس ادغام شده‌ی مقایسه زوجی چهار شاخص «هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل و حجم تخلیه و بارگیری سالیانه»

ماتریس ادغام شده	هزینه	عمر مفید	مدت زمان تحویل	حجم تخلیه و بارگیری سالیانه	وزن
هزینه	۱.۰۰	۰.۳۹	۳.۱۰	۰.۲۸	۰.۱۴۲۰
عمر مفید	۲.۵۷	۱.۰۰	۵.۴۷	۰.۴۵	۰.۲۹۵۹
مدت زمان تحویل	۰.۳۲	۰.۱۸	۱.۰۰	۰.۱۵	۰.۰۵۷۱
حجم تخلیه و بارگیری سالیانه	۳.۵۲	۲.۲۲	۶.۷۷	۱.۰۰	۰.۵۰۵۰
I.R.=	۰.۰۲۰۷				

۲ – ۹ - مرحله اول – رتبه‌بندی ۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو ترکیبی با در نظرگیری ۳ شاخص «هزینه، عمر مفید و مدت زمان تحویل»

در مرحله اول همانطور که ذکر شد ۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو ترکیبی با در نظرگیری ۳ شاخص تصمیم‌گیری با الگوریتم TOPSIS طراحی شده در نرم‌افزار Excel رتبه‌بندی شد و ۵۰ آلترناتیو ترکیبی اول انتخاب شدند که در جدول (۴) آورده شده‌اند.

۲ – ۱۰ - مرحله دوم – رتبه بندی ۵۰ آلترناتیو ترکیبی به‌دست آمده از مرحله اول با در نظر گیری ۴ شاخص «هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل و حجم تخلیه و بارگیری سالیانه»:

در مرحله قبل (مرحله ۱)، ۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو با در نظرگیری ۳ شاخص «هزینه، عمر مفید و مدت زمان تحویل» رتبه‌بندی شده و ۵۰ آلترناتیو اول استخراج شدند.

در این مرحله این ۵۰ آلترناتیو با در نظرگیری چهار شاخص «هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل و حجم تخلیه و بارگیری سالیانه» رتبه-بندی می‌شوند.

جدول (۴): رتبه‌بندی ۱،۰۰۰،۰۰۰ آلترناتیو ترکیبی و استخراج ۵۰ آلترناتیو اول

آلترناتیو	اسکله	گنتری کرین	ترانستینر	ریچ استاکر	نزدیکی نسبی به راه حل ایدآل
۲۳۹۱۳۶	۶	۱۷	۳۲	۳۴	۰.۷۳۸۲۶۱۴۰۱
۷۳۳۶۶۰	۵	۱۵	۳۸	۴۴	۰.۷۳۸۱۴۲۱۲۹
۴۸۰۷۰۳	۶	۱۴	۴۰	۳۱	۰.۷۳۴۵۸۸۶۱۱
۱۳۸۸۴۷	۴	۱۲	۲۸	۲۶	۰.۷۳۴۳۶۸۸۳۴
۳۷۳۰۹۰	۵	۱۰	۲۰	۲۲	۰.۷۳۳۵۰۶۷۰۸
۳۹۸۶۴	۴	۱۲	۲۸	۲۵	۰.۷۳۳۴۹۸۷۵۲
۴۳۲۰۹۷	۶	۱۷	۳۰	۳۱	.۷۳۲۲۴۷۲۶۶۰
۶۱۲۴۸	۶	۱۵	۱۹	۲۰	۰.۷۳۱۹۰۲۰۷۵
۴۶۹۳۴۷	۲	۶	۱۴	۱۴	۰.۷۲۹۴۳۴۶۶۳
۳۶۸۸۷	۵	۱۵	۳۷	۲۸	۰.۷۲۹۲۶۹۴۲۲
۲۹۳۸۷۲	۳	۹	۲۰	۱۷	۰.۷۲۹۱۹۴۲۶
۴۶۱۳۰	۶	۱۰	۱۸	۲۲	۰.۷۲۸۶۶۵۴۶۶
۱۵۸۲۹۲	۵	۱۴	۲۵	۲۶	۰.۷۲۷۸۷۸۱۶۹
۱۶۵۳۱۹	۳	۹	۱۷	۱۸	۰.۷۲۷۸۰۴۳۰۶

Archive of SID

www.SID.ir

۰.۷۲۷۷۲۱۳۳۴	۱۷	۱۷	۹	۴	۱۰۲۷۱۴
۰.۷۲۷۶۵۱۵۵۶	۳۰	۲۹	۱۲	۶	۳۲۷۴۹۴
۰.۷۲۷۴۴۰۵۱۲	۱۹	۲۰	۱۲	۴	۲۵۴۳۹۱
۰.۷۲۷۱۵۲۸۲	۲۱	۲۰	۹	۴	۱۲۱۸۳۷
۰.۷۲۵۳۷۴۲۱	۲۰	۱۸	۸	۶	۹۷۶۵۷
۰.۷۲۵۱۸۹۰۰۳	۲۰	۱۷	۱۰	۴	۲۸۰۳۳۳
۰.۷۲۵۱۴۰۸۰۱	۲۹	۱۸	۱۷	۶	۱۳۶۹۸۶
۰.۷۲۴۶۳۵۷۶۸	۲۱	۲۲	۹	۳	۴۸۶۱۸
۰.۷۲۴۶۲۷۳۲۲	۲۲	۱۸	۱۰	۴	۶۴۴۷۰۲
۰.۷۲۴۲۵۱۶۵۵	۲۹	۲۲	۱۵	۵	۲۰۵۶۵۱
۰.۷۲۴۰۴۱۰۳۹	۱۲	۱۲	۶	۲	۵۶۴۸۳
۰.۷۲۴۰۲۰۵۹	۷	۷	۳	۱	۲۶۳۱۹۹
۰.۷۲۳۸۶۴۲۰۷	۱۲	۱۲	۵	۳	۴۴۴۰
۰.۷۲۳۸۰۱۱۰۱	۱۷	۲۰	۸	۴	۸۹۷۴۶۶
۰.۷۲۳۵۱۲۲۲۸	۱۵	۱۵	۶	۲	۳۳۰۳۷۸
۰.۷۲۳۲۷۳۴۵۴	۵	۷	۳	۲	۴۶۰۵۱
۰.۷۲۳۱۲۵۲۳۲	۲۱	۲۵	۱۴	۵	۴۰۸۳۷۰
۰.۷۲۲۹۸۶۷۱۳	۱۸	۲۰	۹	۶	۱۹۸۸۵۱
۰.۷۲۲۹۰۶۲۹۷	۱۷	۱۸	۹	۴	۱۱۹۵۱۳
۰.۷۲۲۷۸۰۱۳۱	۱۸	۱۹	۸	۶	۳۷۶۰۸۶
۰.۷۲۲۵۹۲۸۸۸	۱۷	۱۹	۱۰	۴	۳۳۷۵۶۴
۰.۷۲۲۴۲۴۳۹۱	۲۱	۲۳	۱۱	۴	۱۰۲۴۷۲
۰.۷۲۲۳۲۵۱۷۷	۳۳	۳۱	۱۶	۶	۲۸۵۶۸۰
۷۲۱۸۳۴۶۰۹	۱۷	۱۷	۷	۳	۱۱۱۴۶۲
۰.۷۲۱۵۶۴۶۹۴	۷	۷	۳	۱	۱۸۷۷۹۱
۰.۷۲۱۴۲۷۱۸۴	۲۴	۲۵	۱۷	۶	۲۳۷۵۴۲
۰.۷۲۱۳۹۲۵۹۵	۱۷	۱۷	۷	۳	۳۴۰
۰.۷۲۱۲۴۴۳۳۴	۱۹	۱۹	۹	۴	۶۵۷۵۴
۰.۷۲۱۲۰۷۶۶۹	۲۷	۱۸	۱۵	۶	۱۳۵۹۵۷
۰.۷۲۱۱۵۰۱۶۸	۱۷	۱۷	۹	۶	۱۵۱۰۴۲
۰.۷۲۱۰۰۲۱۱۷	۲۵	۳۱	۱۳	۵	۱۸۲۲۶
۰.۷۲۰۹۶۸۸۵۵	۱۲	۱۲	۵	۲	۱۰۶۰۳۱
۰.۷۲۰۶۱۷۲۴۷	۲۸	۲۳	۱۶	۶	۱۷۴۹۳۲
۰.۷۲۰۴۶۹۶۳۶	۲۴	۲۹	۱۴	۵	۱۳۳۴۸۲
۰.۷۲۰۴۳۷۵۴۴	۱۹	۲۱	۱۴	۵	۲۶۶۷۱
۰.۷۲۰۰۲۷۵۹۹	۲۴	۲۱	۱۷	۶	۲۰۶۴۳۷

با توجه به اینکه در این مرحله یک شاخص دیگر (حجم تخلیه و بارگیری سالیانه) به مدل اضافه شده است، باید تا مقادیر این شاخص برای هر آلترناتیو به‌دست آورده شود. برای این منظور هرکدام از آلترناتیوهای فوق در مدل شبیه‌سازی شده اعمال شده و شبیه‌سازی برای آن صورت گرفته است و در نهایت درصد افزایش حجم تخلیه و بارگیری سالیانه که هر آلترناتیو برای سیستم در پی دارد توسط شبیه‌سازی استخراج شده است.

لازم به توضیح است که جهت شبیه‌سازی آلترناتیوها از نرم‌افزار ARENA استفاده شده است.

ماتریس تصمیم‌گیری مرحله دوم با در نظرگیری چهار شاخص «هزینه، عمر مفید، مدت زمان تحویل و حجم تخلیه و بارگیری سالیانه» و وزن‌های محاسبه شده، با الگوریتم TOPSIS حل شده و نتایج آن به شرح جدول (۵) است.

Archive of SID

www.SID.ir

۳ – نتیجه‌گیری

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بهترین آلترناتیو برای بهبود سیستم پس از گذشت از دو مرحله استفاده از الگوریتم TOPSIS، آلترناتیو شماره‌ی

جدول (۵): رتبه‌بندی ۵۰ آلترناتیو ترکیبی و استخراج بهترین آلترناتیو

نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل	ریچ استاکر	ترانستینر	گنتری کرین	اسکله	آلترناتیو
۰.۸۲۵۶۵۹۹۱۱	۴۴	۳۸	۱۵	۵	۷۳۳۶۶۰
۰.۸۱۰۸۶۳۹۳۴	۳۱	۴۰	۱۴	۶	۴۸۰۷۰۳
۰.۸۰۱۶۱۷۸۸۹	۳۴	۳۲	۱۷	۶	۲۳۹۱۳۶
۰.۷۹۴۹۷۳۵۲۹	۳۳	۳۱	۱۶	۶	۲۸۵۶۸۰
۰.۷۸۹۱۴۱۰۹۶	۳۱	۳۰	۱۷	۶	۴۳۲۰۹۷
۰.۷۸۶۷۰۲۹۹۸	۲۸	۳۷	۱۵	۵	۳۶۸۸۷
۰.۷۴۷۹۵۶۹۵۶	۳۰	۲۹	۱۲	۶	۳۲۷۴۹۴
۷۳۸۱۷۳۳۸۸	۲۴	۲۵	۱۷	۶	۲۳۷۵۴۲
۰.۷۳۵۹۱۵۱۸۷	۲۸	۲۳	۱۶	۶	۱۷۴۹۳۲
۰.۷۱۶۶۶۳۲۲۵	۲۹	۱۸	۱۷	۶	۱۳۶۹۸۶
۷۱۶۱۵۰۵۰۳	۲۵	۳۱	۱۳	۵	۱۸۲۲۶
۰.۷۱۲۴۸۳۸۶۹	۲۴	۲۱	۱۷	۶	۲۰۶۴۳۷
۷۰۷۰۸۵۱۱۲	۲۴	۲۹	۱۴	۵	۱۳۳۴۸۲
۰.۶۹۲۵۲۸۵۱۸	۲۹	۲۲	۱۵	۵	۲۰۵۶۵۱
۰.۶۸۶۹۰۹۱۸۶	۲۶	۲۵	۱۴	۵	۱۵۸۲۹۲
۰.۶۸۴۴۲۵۵۴۱	۲۷	۱۸	۱۵	۶	۱۳۵۹۵۷
۰.۶۵۷۵۱۷۷۴۷	۲۱	۲۵	۱۴	۵	۴۰۸۳۷۰
۰.۶۵۲۶۳۶۲۶۳	۲۰	۱۹	۱۵	۶	۶۱۲۴۸
۰.۶۴۶۰۵۶۱۶۶	۲۶	۲۸	۱۲	۴	۱۳۸۸۴۷
۰.۶۳۹۷۸۸۴۸۱	۲۵	۲۸	۱۲	۴	۳۹۸۶۴
۰.۶۱۰۹۸۰۶۶	۱۹	۲۱	۱۴	۵	۲۶۶۷۱
۰.۵۸۶۸۵۱۲۷۴	۲۲	۱۸	۱۰	۶	۴۶۱۳۰
۰.۵۶۴۳۶۲۸۵۸	۱۸	۲۰	۹	۶	۱۹۸۸۵۱
۰.۵۶۱۶۱۴۴۹۸	۲۲	۲۰	۱۰	۵	۳۷۳۰۹۰
۰.۵۵۳۷۵۰۸۲۶	۲۱	۲۳	۱۱	۴	۱۰۲۴۷۲
۰.۵۴۳۷۶۲۷۲۵	۲۰	۱۸	۸	۶	۹۷۶۵۷
۰.۵۳۹۹۵۴۱۲۲	۱۸	۱۹	۸	۶	۳۷۶۰۸۶
۰.۵۳۰۵۵۰۳۱۶	۱۷	۱۷	۹	۶	۱۸۱۰۴۲
۰.۵۲۸۵۴۴۳۵۹	۱۹	۲۰	۱۲	۴	۲۵۴۳۹۱
۰.۴۹۸۳۲۹۴۷۵	۲۲	۱۸	۱۰	۴	۶۴۴۷۰۲
۰.۴۹۴۵۸۸۵۲۷	۲۱	۲۰	۹	۴	۱۲۱۸۳۷
۰.۴۷۵۸۹۹۷۷۲	۲۰	۱۷	۱۰	۴	۲۸۰۳۳۳
۰.۴۷۴۷۴۴۲۰۴	۱۷	۱۹	۱۰	۴	۳۳۷۵۶۴
۰.۴۷۲۱۳۸	۱۹	۱۹	۹	۴	۶۵۷۴۵
۰.۴۶۷۹۰۱۵۶۲	۲۱	۲۲	۹	۳	۴۸۶۱۸
۰.۴۵۲۵۴۱۶۶۶	۱۷	۲۰	۸	۴	۸۹۷۴۶۶
۰.۴۴۹۷۳۴۷۶۹	۱۷	۱۸	۹	۴	۱۱۹۵۱۳

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰۲۷۱۴	۴	۹	۱۷	۱۷	۰.۴۴۰۴۹۳۶۲۱
۲۹۳۸۷۲	۳	۹	۲۰	۱۷	۰.۴۲۳۲۶۹۱۱۹
۱۶۵۳۱۹	۳	۹	۱۷	۱۸	۰.۴۰۲۳۶۶۲۶
۱۱۱۴۶۲	۳	۷	۱۷	۱۷	۰.۳۶۵۹۱۲۵۸۱
۳۴۰	۳	۷	۱۷	۱۷	۰.۳۶۵۹۱۲۵۸۱
۳۳۰۳۷۸	۲	۶	۱۵	۱۵	۰.۲۸۴۸۴۲۶۰۵
۴۶۹۳۴۷	۲	۶	۱۴	۱۴	۰.۲۷۱۸۵۶۲۰۶
۴۴۴۰	۳	۵	۱۲	۱۲	۰.۲۶۷۹۸۸۰۰۸
۵۶۴۸۳	۲	۶	۱۲	۱۲	۰.۲۴۷۳۴۹۴۳۶
۱۰۶۰۳۱	۲	۵	۱۲	۱۲	۰.۲۳۷۷۰۶۰۴۸
۲۶۳۱۹۹	۱	۳	۷	۷	۰.۱۸۷۵۷۲۱۰۱
۱۸۷۷۹۱	۱	۳	۷	۷	۰.۱۸۷۵۷۲۱۰۱
۴۶۰۵۱	۲	۳	۷	۵	۰.۱۸۳۶۹۵۵۸۵

۷۳۳۶۶۰ تعیین شد. این آلترناتیو با توجه به جدول (۵)، عبارت است از افزایش ۵ اسکله، ۱۵ گنتری کرین، ۳۸ ترانستینر و ۴۴ ریچ استاکر. این در حالی است که در رتبه‌بندی مرحله قبل این آلترناتیو در رتبه دوم قرار داشت، اما با اضافه شدن شاخص «حجم تخلیه و بارگیری» به مدل، جایگاه این آلترناتیو در رتبه اول قرار گرفت. آلترناتیو فوق بیانگر این نکته است که در صورت اجرای این آلترناتیو می‌توان انتظار داشت که عملکرد سیستم (توان عملیاتی ترمینال کانتینری) حدود ۸۲.۵ درصد بالاتر از وضع فعلی رود که این رقم می‌تواند نوید بخش افزایش حجم واردات و صادرات از بندر فوق و افزایش توان رقابتی بندر فوق و البته کشور ایران در مقایسه با بنادر دیگر منطقه گردد.

پژوهش فوق، پژوهشی است که به‌دنبال انتخاب تجهیزات و تسهیلات بنادر به‌گونه‌ای است که با درنظرگیری شاخص‌های مختلف تصمیم‌گیری، به انتخاب مطلوب‌ترین گزینه بهبود منجر شود. در این پژوهش ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. دلیل انتخاب این بندر حجم بالای ورود و خروج کالاها از این بندر و موقعیت استراتژیک این بندر در میان بنادر دیگر ایران است. در نهایت بهترین گزینه شناسایی شده برای بهبود عملکرد بندر شهید رجایی عبارت بود از افزایش ۵ اسکله، ۱۵ گنتری کرین، ۳۸ ترانستینر و ۴۴ ریچ استاکر. لازم به توضیح است که متدولوژی ارائه شده در این پژوهش قابلیت تعمیم به ترمینال‌های کانتینری بنادر دیگر را داشته و با کمی تغییر، توانایی تعمیم به بنادر دیگر با کاربری‌های متفاوت را نیز دارا می‌باشد.

با توجه به بستر مناسب در پژوهش فوق دارای تحقیقات آتی، در ذیل پیشنهاداتی برای این امر ارائه می‌شود:

در طرح حاضر بهبود سیستم از نقطه نظر افزایش تعداد تجهیزات موثر در امر تخلیه و بارگیری مورد ارزیابی قرار گرفت و افزایش توان تجهیزات موجود با استفاده از برخی راه‌کارها مدنظر قرار نگرفت، بنابراین پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی به این امر نیز پرداخته شود.

در طرح حاضر افزایش تجهیزات به‌صورت توان واحد در نظر گرفته شد. به‌عبارت دیگر، ظرفیت‌ها و توناژهای مختلفی که هر یک از تجهیزات می‌توانند داشته باشند در نظر گرفته نشده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود هر یک از تجهیزات به‌صورت یک مجموعه از تجهیزاتی با ظرفیت‌ها و توناژهای مختلف در نظر گرفته شوند و اثر افزایش هر کدام از آنها در سیستم بررسی شود.

دامنه اجرایی طرح حاضر محدود به ترمینال کانتینری است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد ترمینال‌های دیگر نیز مد نظر قرار گیرند.

در طرح حاضر، خرابی، از کار افتادگی، خارج از دسترس بودن و مدت زمان لازم جهت تعمیر تجهیزات، در مدل گنجانده نشده که پیشنهاد می‌گردد این عامل نیز مد نظر قرار گیرد.

۴ – منابع و مأخذ

[۱] ایروانی، سید محمد رضا، **سیستم‌های صف**، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۷۲.

[۲] پایگاه اطلاع رسانی **سازمان بنادر و دریانوردی** به آدرس: http://www.pso.ir

[۳] پایگاه اطلاع رسانی شرکت **تاید واتر خاورمیانه** به آدرس: http://www.mytcts.com

[4] Alattar, Mohammad Ali, and Karkare, Bilavari, and Rajhans, Neela. (2006). *Simulation of container queues for port investment decisions.* The sixth international symposium on operations research and its applications (ISORA,06). Xinjiang, China, August 8-12, 2006, pp. 155-167.

[5] Allahviranloo, Mahdieh, and Afandizadeh, Shahriar. (2008). *Investment optimization on port's development by fuzzy integer programming*. European Journal of Operational Research 186, pp. 423-434.

[6] Bierwith, Christian, Meisel, frank. (2010). *A survey of berth allocation and quay crane scheduling problems in container terminals.* European journal of operational research 202 (2010) 615 - 627.

[7] Henesey, Lawrence, and Davidsson, Paul, and Persson, Jan A. (2006). *Using simulation in evaluating berth allocation at a container terminal.* Blekinge institute of technology.

[8] James, Payne. (1988). *Introduction to simulation.* Mc, Grow – Hill.

[9] Kang, Seungmo., Medina Juan C., Ouyang Yanfeng. *Optimal operations of transportation fleet for unloading activities at*

Archive of SID
www.SID.ir

container ports. Transportation research, april 2008. (Article in press). doi:10.1016/j.trb.2008.02.003

[10] Li,Wenkai, Wu, yong**,** Petering, M.E.H, Goh, mark, De souza, Robert. (2008). *Discrete time model and algorithms for container* yard crane scheduling. European journal of operational research 198 (2009) 165 – 172.

[11] Matthew E.H., Petering, katta., Murty G. (2008). *Effect of block length and yard crane deployment systems on overall performance at a seaport container transshipment terminal*. Computers & operations research 36, 1711 – 1725.

[12] Nazari, Dariush. (2005). Evaluating container yard layout, A simulation approach. Thesis of Master of Science.

Archive of SID

www.SID.ir