



مرکز ملی باوردهای علمی و فناوری

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

امکان سنجی ایجاد پایانه‌های کانتینری داخلی در پس کرانه بنادر با شیوه‌های دسترسی نوین

سید احسان دادور^{۱*}، نادر عربشاهی^۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۰۸

*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۶

© نشریه صنعت حمل و نقل دریایی ۱۳۹۴، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل و نقل دریایی است.

چکیده

از جمله روش‌های کاهش فشار ناشی از نیاز به گسترش فضای فیزیکی در پایانه‌های ساحلی استفاده از یک بندر خشک در پس کرانه بندر می‌باشد. بندر خشک یا داخلی، پایانه‌های داخلی ترکیبی کالا می‌باشند که در بعضی از کشورها به منظور مواجهه با این‌گونه پدیده‌ها ایجاد شده‌اند و در غالب موارد دارای ارتباط مستقیم و برنامه‌ای ریلی با یک یا چند بندر ساحلی می‌باشند. بخش اعظمی از خدمات گسترده صورت گرفته در بندر ساحلی قابلیت ارائه در بندر خشک را دارند. عملکرد یک بندر خشکی/ داخلی می‌تواند بسیار کارآمد باشد در صورتی که تمامی خدمات و وظایف مرتبط با پردازش، زمان بندی، انبارش و انتقال کانتینرها در بین بندر خشک و پایانه‌های کانتینری ساحلی به صورت خودکار انجام شوند. در این تحقیق، یک چارچوب کاربردی به منظور «امکان سنجی ایجاد ترمینال کانتینری خشک در پس کرانه بندر خشک^۳ و سیستم جابه‌جایی کانتینر در بین بندر و ترمینال کانتینری خشک» پیشنهاد شده است. به عنوان مطالعه موردی، پس کرانه بندر شهید رجایی، مهمترین بندر کانتینری کشور عملکرد سال ۲۰۰۸ برابر با ۲ میلیون TEU با استفاده از چارچوب پیشنهادی ارزیابی و تحلیل شده است. نتایج شبیه‌سازی با نرم‌افزار ED بیانگر قابلیت اجرایی سیستم پیشنهادی^۴ ACTIPOT می‌باشد که می‌تواند به عنوان یک راهکار برای تداوم رقابت‌پذیری و افزایش ظرفیت بندر شهید رجایی در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: بندر خشک، پایانه کانتینری داخلی، اتوماسیون، ALV، AGV، شبیه‌سازی.

۱. کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، Ehsan.Dadvar @Gmail.com
۲. دکترای سازه‌های هیدرولیکی، ایتالیا، استادیار دانشگاه، مدیر عامل شرکت طرح اندیشان، nashid@neda.net.ir

3. Dry Port

4. Automated Container Transport between Inland Port and Terminals – ACTIPOT

۱- مقدمه

موردی بنادر لس آنجلس و لانگ بیچ به صورت موفقیت آمیزی امکان ایجاد سیستم خودکار با استفاده از وسایل نقلیه هدایت شونده خودکار (AGV) در بین بندر و پایانه کانتینری داخلی در فاصله چند مایلی از ساحل مشخص گردیده است.

۱-۱- ادبیات تحقیق

پژوهش‌های قابل توجهی در زمینه بنادر خشک/ داخلی در سایر کشورها (به ویژه آمریکا، کانادا، سوئد) انجام گرفته است که ضمن تشریح مسائل بنیادین این مفهوم جدید در عرصه حمل و نقل کالا همراه با تشریح هدف‌ها و ارزیابی مزایای آنها به موارد طراحی و اجرا شده مختلف نیز اشاره شده است. کتابچه (هندبوک) قدیمی ولی جامعی در سال ۱۹۹۱ از سوی آنکتاب منتشر شده است [۱۱]. در تحقیق جدیدتری که توسط بخش حمل و نقل و گردشگری «کمیته اقتصادی و اجتماعی آسیا و اقیانوسیه سازمان ملل» با همکاری «انستیتو حمل و نقل دریایی کره جنوبی» تهیه شده است به طور گسترده مباحث مرتبط با «مراکز داخلی لجستیک» مورد بررسی قرار گرفته است [۱۲]. در گزارش «سازمان دهی بنادر خشک سوئد [۱۰]» به معرفی مفهوم بنادر خشک و طبقه بندی انواع آن بر اساس فاصله از بندر ساحلی پرداخته شده است. پژوهش‌ها در زمینه بنادر خشک/ داخلی و مسایل مختلف مرتبط با آنها در داخل کشور تاکنون اندک بوده است و توجه کافی در این زمینه در مقاله‌ها، پایان نامه‌ها و کتب صورت نگرفته است.

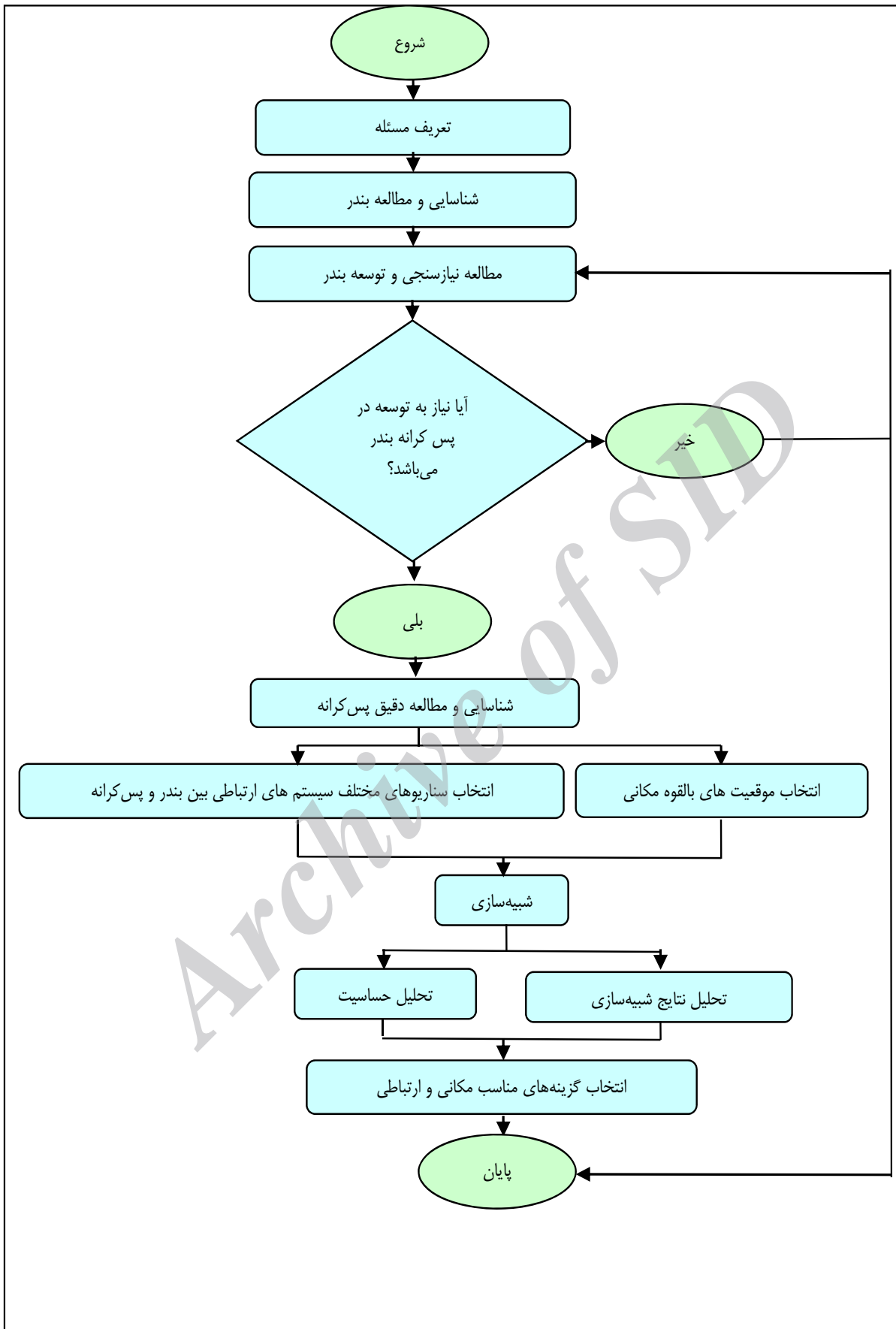
با توجه به متون موجود، به کارگیری سیستم‌های خودکار در عرصه پایانه‌های کانتینری خودکار و حمل و نقل کانتینری، سابقه و گستردگی قابل توجهی دارد و تجربه‌های اجرا شده‌ای در کشورهای هلند، آلمان، استرالیا، هنگ کنگ، سنگاپور، تایوان، کره جنوبی، ژاپن، انگلستان و بلژیک وجود دارد و شرکت‌های مختلفی در زمینه طراحی و تولید وسایل نقلیه و جرقه‌های خودکار فعالیت دارند. در گزارش «سیستم حمل و نقل خودکار کانتینر در بین بندر داخلی و پایانه‌های ساحلی [۹]» سیستم ACTIPOT به طور کامل معرفی، طراحی و تحلیل شده است و به منظور بررسی و مشاهده عملکرد کارآمد آن در عملیات بندری شبیه‌سازی شده است. در پایان نامه کاوش گر [۶] به عنوان یکی از محدود پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه اتوماسیون بندر در داخل کشور، اتوماسیون بندر تشریح و سپس وضعیت یکی از جرقه‌های بندر شهید رجایی با استفاده از دو سیستم مختلف جا به جایی افقی خودکار با استفاده از نرم افزار ARENA شبیه‌سازی و تحلیل شده است.

۲- روش تحقیق

ساختار چارچوب پیشنهادی در شکل (۱) نشان داده شده است. مراحل چارچوب پیشنهادی عبارتند از: (۱) تعریف مسئله، (۲) شناسایی و مطالعه بندر، (۳) مطالعه نیازسنجی و توسعه بندر، (۴) شناسایی و مطالعه دقیق پس کرانه بندر، (۵) انتخاب موقعیت‌های بالقوه مکانی، (۶) انتخاب سناریوهای سیستم‌های ارتباطی بین بندر و پس کرانه، (۷) شبیه‌سازی، (۸) تحلیل نتایج شبیه‌سازی، (۹) تحلیل حساسیت، و (۱۰) انتخاب گزینه مناسب مکانی و ارتباطی، که در نهایت با توجه به تحلیل‌های فوق و همچنین تحلیل مالی هر یک از سناریوها، گزینه نهایی انتخاب می‌شود.

در سال‌های اخیر تجارت جهانی شاهد رشد قابل توجه کالاهای کانتینری، میزان کانتینری شدن کالاها و ابعاد کشتی‌های کانتینری بوده است. از آن جا که حمل و نقل دریایی از منظر هزینه بهینه‌ترین روش حمل و نقل می‌باشد، نقش بندر به عنوان گلوگاه‌های ورود و خروج کالا به درون زنجیره‌های تأمین پررنگ‌تر شده است. از جمله چالش‌های اصلی بندر کانتینری بزرگ دنیا مواجهه با کشتی‌های کانتینری نسل‌های جدید و لزوم تخلیه و بارگیری سریع، منظم، ایمن و کارآمد آنها می‌باشد. از سوی دیگر تراکم قابل توجه محوطه‌های بندری و پایانه‌های کانتینری ساحلی موجب نیاز به توسعه فیزیکی و افزایش توان و کارایی بندر به منظور انجام عملیات تخلیه و بارگیری، امور گمرکی، دسته‌بندی کالا، ارسال و دریافت کالا به/ از مراکز جهت جذب و تولید کالا شده است. محدودیت‌های توسعه فیزیکی به علت کمبود زمین در کرانه‌های ساحلی و هزینه‌های قابل توجه افزایش مساحت پایانه‌ها و یا طرح‌های پیش روی در دریا که ارتباط با مسایل زیست‌محیطی نیز دارند، توجه به راهکارهای دیگر را ضروری ساخته است. نمونه‌ای از این راهکارهای موفق، استقرار «بنادر خشک/ داخلی» می‌باشد که در پس کرانه بعضی از بندر به منظور ارائه خدمات لازم و افزایش غیرمستقیم فضای انبارش، تخلیه و بارگیری پایانه‌های کانتینری ساحلی ایجاد شده‌اند. نمونه دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد اتوماسیون و افزایش عملیات خودکار در زمینه جابه‌جایی کانتینر است که موجب افزایش سرعت، نظم، امنیت و بهره‌وری عملیات پایانه‌های کانتینری شده است.

رشد عملیات کانتینری بندر شهید رجایی به عنوان بزرگ‌ترین بندر کانتینری کشور در سال‌های اخیر به گونه‌ای بوده است که در طی مدت زمانی قریب به ۵ سال عملکرد آن از یک میلیون TEU در سال به رقم دو میلیون TEU در سال ۱۳۸۷ رسیده است و پهلوگیری و انجام عملیات تخلیه و بارگیری روی کشتی‌های کانتینری بزرگی با ظرفیت بالغ بر ۸۰۰۰ TEU و همچنین ۱۴۰۰۰ TEU (کشتی MSC-Beatrice) هم نوید افزایش عملکرد کانتینری این بندر را در بر دارد و هم بندر را با شرایط و الزام‌های متفاوتی مواجه می‌سازد. پدیده‌های موجود در زمینه افزایش موجودی کانتینر در محوطه‌های بندر (رسوب کانتینر) و عملکرد با فاصله قابل توجه تجهیزات تخلیه و بارگیری (جرقه‌های اسکله و محوطه) و جابه‌جایی در بین اسکله‌ها و محوطه‌های انبارش و نیز استفاده غالب روش حمل و نقل جاده‌ای در بین بندر و نقاط مبدأ و مقصد کانتینرها و ایرادهای ناشی از آن، ضرورت تحقیق در مورد امکان‌سنجی ایجاد بندر یا بنادر خشک/ داخلی در پس کرانه بندر شهید رجایی را مشخص می‌سازد. همچنین به کارگیری سیستمی خودکار به منظور جابه‌جایی کانتینرها در بین بندر خشک و بندر شهید رجایی در راستای استانداردسازی عملیات کانتینری این بندر دلیل دیگری برای انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌باشد. نتایج حاصل از تجربه‌های مشابه در سایر کشورها نشان‌دهنده آثار مطلوب ناشی از ایجاد بنادر خشک و همچنین اتوماسیون در جا به جایی کانتینر می‌باشد که نمونه‌هایی از آن را در بنادر خشک/ داخلی در تمامی قاره‌ها و سیستم‌های اتوماسیون کانتینری در بندر رتردام، هامبورگ، سنگاپور و غیره را تحت عنوان بزرگ‌ترین بندر کانتینری دنیا بیان نمود. علاوه بر موارد فوق در طرح سیستم ACTIPOT با مطالعه

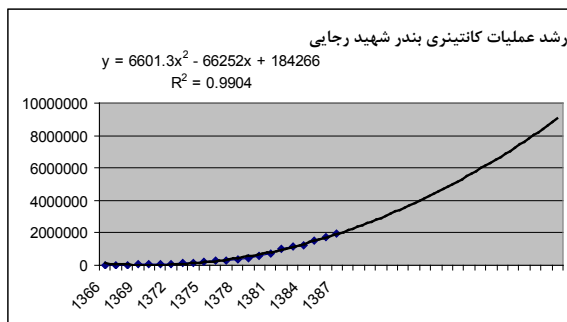


شکل (۱): ساختار چارچوب پیشنهادی « امکان‌سنجی ایجاد پایانه‌های کانتینری داخلی در پس کرانه بندر با شیوه‌های دسترسی نوین »

جدول (۱): عملکرد کانتینری بندر شهید رجائی در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۷

سال	عملکرد (TEU)	درصد رشد
۱۳۶۶	۳۱۶۳۴	٪۰
۱۳۶۷	۲۲۶۴۶	- ٪۲۸
۱۳۶۸	۳۴۹۷۴	٪۵۴
۱۳۶۹	۶۳۲۹۳	٪۸۱
۱۳۷۰	۹۵۶۴۱	٪۵۱
۱۳۷۱	۹۵۶۴۱	٪۰
۱۳۷۲	۸۶۴۳۲	- ٪۱۰
۱۳۷۳	۱۱۳۱۱۶	٪۳۱
۱۳۷۴	۱۷۲۳۸۰	٪۵۲
۱۳۷۵	۲۲۶۶۰۰	٪۳۱
۱۳۷۶	۲۹۳۰۰۰	٪۲۹
۱۳۷۷	۲۹۵۲۰۰	٪۱
۱۳۷۸	۳۵۷۴۰۰	٪۲۱
۱۳۷۹	۴۳۶۱۰۰	٪۲۲
۱۳۸۰	۶۰۳۰۰۰	٪۳۸
۱۳۸۱	۷۵۷۸۰۰	٪۲۶
۱۳۸۲	۱۰۰۸۶۹۴	٪۳۳
۱۳۸۳	۱۱۷۹۱۷۸	٪۱۷
۱۳۸۴	۱۲۶۰۰۸۸	٪۷
۱۳۸۵	۱۵۰۰۰۰۰	٪۱۹
۱۳۸۶	۱۷۲۶۱۸۱	٪۱۵
۱۳۸۷	۱۹۸۴۹۰۰	٪۱۵
کل	۱۲,۳۴۳,۱۹۸	-
میانگین	۵۶۱,۰۸۶	٪۲۳

در نمودار (الف-۱) و نمودار (ب-۱) به ترتیب منحنی‌های درجه دوم و سوم تخمینی برای عملکرد آتی بندر شهید رجائی در افق ۱۵ ساله و در نمودار (ج-۱) و نمودار (د-۱) به ترتیب منحنی‌های درجه دوم و سوم تخمینی برای عملکرد بندر شهید رجائی در افق ۲۰ ساله نشان داده شده است.



۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها و بیان نتایج

۳-۱- مطالعه توسعه عملکرد کانتینری بندر شهید رجائی و سناریوهای مختلف سیستم ACTIPOT

در این پژوهش با استفاده از چارچوب پیشنهادی، عملکرد کانتینری بندر شهید رجائی مورد مطالعه قرار گرفت و پس از بررسی‌های انجام گرفته نیاز به توسعه و افزایش ظرفیت این بندر در افق‌های بلند مدت مشخص شد و سناریوهای مختلف سیستم ACTIPOT با استفاده از نرم‌افزار ED مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور تحلیل عملکرد کانتینری بندر شهید رجائی موارد مختلفی از عملکرد کانتینری در آن مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفتند که به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشند: (۱) رشد عملکرد کانتینری و تخمین‌های مختلف انجام گرفته، (۲) اثرات ناشی از پهلوگیری کشتی‌های کانتینری بزرگ، (۳) مسایل مرتبط با رسوب کانتینر در بندر شهید رجائی و تاثیر آبی آن با توجه به ظرفیت محوطه‌های مختلف، (۴) اثرات ناشی از افتتاح خط فیدر، (۵) آثار مرتبط با ترافیک کامیونی به عنوان روش غالب حمل و نقل کانتینر از/ به بندر شهید رجائی، و (۷) اثرات ناشی از تغییرهای جوی (باد، طوفان و بارندگی).

در زمینه تخمین رشد آتی عملکرد بندر شهید رجائی در افق‌های مختلف همچون سال ۱۴۰۰، یا افق‌های ۱۵ و ۲۰ ساله گزارش‌ها و پژوهش‌هایی موجود می‌باشند که توسط پژوهشگران داخلی و خارجی انجام گرفته‌اند. برخی از آنها شامل: (۱) در گزارش دوم (گزارش منبع شماره ۲) پیش‌بینی شده است که نسل کشتی‌های حامل کانتینر که در زمان انجام تحقیق (سال ۱۳۷۵)، نسل دوم کشتی‌ها بوده است در سال هدف (سال ۱۴۰۰) به نسل سوم ارتقا یابد که حتی در حال حاضر (سال ۱۳۸۹) نادرست بودن آن مشاهده می‌شود، (۲) در تحقیقی که با اعمال اصلاح بر بررسی‌های جایکا صورت گرفته است (گزارش منبع شماره ۳) نیز رشد متوسط عملیات کانتینری از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۴۰۰ حدود ۷۴٪/۱۲ برای رسیدن از رقم ۲۵۰۰۰۰ TEU در سال به عدد ۵ میلیون در سال ۱۴۰۰ تخمین زده شده است که البته تفاوت فاحشی به لحاظ درصد رشد با توجه به آنچه در سال‌های اخیر اتفاق افتاده است، مشاهده می‌شود، (۳) در گزارش طرح جامع بندر شهید رجائی که با همکاری یک شرکت ایرانی به کمک یک مشاور آلمانی انجام گرفته است به رشد قابل توجه عملکرد کانتینری و در نتیجه کمبود فضا به علت میزان بالای زمان توقف کانتینرهای پر در محوطه‌های بندر شهید رجائی اشاره شده است و (۴) در پایان‌نامه مهرابیان، با سه سناریوی مختلف به ظرفیت‌سنجی بنادر تجاری کشور برای تقاضای ۲۰ سال آینده، پرداخته شده است و در نهایت در فصل نتیجه‌گیری مشخص شده است که در جنوب کشور حتی با انجام طرح‌های توسعه، بنادر موجود پاسخ‌گوی حجم تقاضای صادرات و واردات کالاها در آینده نبوده و جهت افزایش ظرفیت بنادر کشور باید تدابیر خاصی اتخاذ شود. در سواحل جنوب کشور، نیاز به ایجاد ظرفیتی در حدود ۴۱ میلیون تن می‌باشد. جدول (۱) که نشان‌دهنده روند عملکرد کانتینری بندر شهید رجائی می‌باشد و با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و EXCEL به پیش‌بینی الگوی رشد و تخمین عملکرد آتی عملکرد بندر شهید رجائی با دو افق ۱۵ و ۲۰ ساله (سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۷) می‌پردازد.

به نظر می‌رسد. یکی از بزرگ‌ترین خطوط کشتی رانی و سازمان بندار و دریانوردی در بندر شهید رجایی مدت زمان معطلی کانتینر در این بندر است. به عنوان مثال، ماندگاری به طور متوسط در محوطه CY از ۴۵ روز به ۳۳ روز و ۲۷ روز تقلیل یافته است که زمان بیش از ۶ تا ۸ روز بر اساس مقایسه با بندار پیش رفته مناسب نمی‌باشد. علاوه بر آن، زمان ذکر شده فقط مربوط به زمان تخلیه کانتینر از کشتی به CY و خروج آن از بندر است. خروج کانتینر نیز به این معنا نیست که تمام کانتینرها بدون فاصله زمانی، پس از خروج به طور خالی برگشت داده می‌شوند، بلکه زمان زیادی طول می‌کشد تا کانتینر به مقصد برسد و کانتینر خالی دوباره به بندر برگشت داده شود. در جدول (۳) آمار ثبت شده در چند سال اخیر موجودی کانتینر (رسوب) در بندر شهید رجایی آورده شده است.

جدول (۳): آمار موجودی کانتینر (رسوب) در بندر شهید رجایی

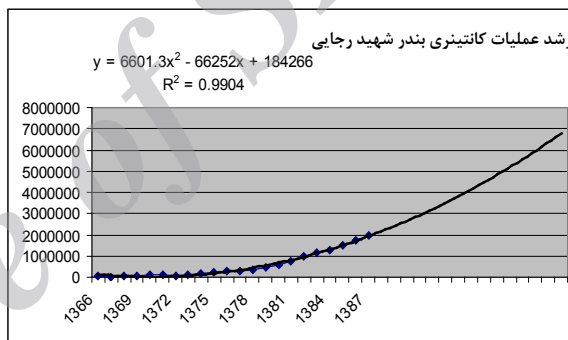
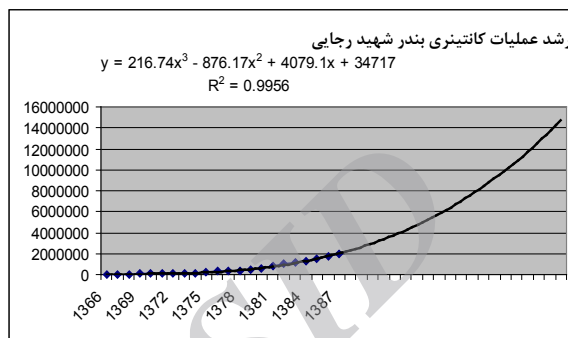
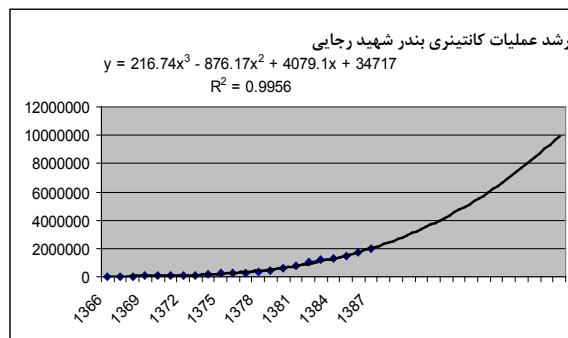
سال	عملکرد (TEU)	موجودی انبار در پایان سال (TEU)	درصد کانتینرهای رسوبی
۱۳۸۳	۱,۱۷۹,۱۷۸	۶۱,۷۱۴	۵/۲۳
۱۳۸۴	۱,۲۶۰,۰۸۸	۳۸,۲۲۲	۳/۰۳
۱۳۸۵	۱,۵۰۰,۰۰۰	۶۰,۵۶۶	۴/۰۳
۱۳۸۶	۱,۷۲۶,۱۸۱	۷۳,۰۰۰	۴/۲۳
۱۳۸۷	۱,۹۸۴,۹۰۰	۹۰,۰۰۰	۴/۵۳

با توجه به جدول (۳) درصد متوسط کانتینرهای رسوبی برابر با ۴۰٪/۲۱ می‌باشد. بر این اساس، درصد متوسط و پیش‌فرض عدم افزایش درصد کانتینرهای رسوبی در سال‌های آینده با استناد به جدول (۲) به صورت جدول زیر می‌باشد.

جدول (۴): پیش‌بینی مقدار کانتینرهای رسوبی بندر شهید رجایی در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۷

سال	۱۴۰۲	۱۴۰۷
عملکرد تخمینی (منحنی درجه ۲) (TEU)	۷۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
عملکرد تخمینی (منحنی درجه ۳) (TEU)	۹۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰
درصد متوسط کانتینرهای رسوبی	۴/۲۱	۴/۲۱
گمانه‌های مقداری کانتینرهای رسوبی (TEU) بر اساس منحنی درجه ۲	۲۹۴۷۰۰	۴۲۱۰۰۰
گمانه‌های مقداری کانتینرهای رسوبی (TEU) بر اساس منحنی درجه ۳	۳۷۸۹۰۰	۶۳۱۰۰۰

علاوه بر کمبود آمار و اطلاعات دقیق درباره ظرفیت کانتینری محوطه‌های مختلف بندر شهید رجایی، آمار ظرفیت محوطه‌های مختلف بندر شهید رجایی بر اساس آمار و داده‌های شرکت تایدواتر خاورمیانه که اپراتور ترمینال‌های کانتینری بندر شهید رجایی می‌باشد، در جدول (۵) ارائه شده است. بر اساس مقایسه دو جدول (۴) و (۵) مشخص می‌شود که باید توجه بیشتری به مسئله میزان موجودی کانتینر (رسوب) در محوطه‌های کانتینری بندر شهید رجایی شود. زیرا در صورتی که رشد درصد کالاهای کانتینری تداوم داشته باشد، وضعیت بندر شهید رجایی از نظر تأمین ظرفیت عملیاتی مناسب در سال‌های آتی به شدت نامطلوب خواهد شد.



نمودار (۱): منحنی تخمین عملکرد آتی بندر شهید رجایی الف - درجه دوم در افق ۱۵ ساله (۱۴۰۲)، ب: درجه سوم در افق ۱۵ ساله (۱۴۰۲)، ج: درجه دوم در افق ۲۰ ساله (۱۴۰۷) و د - درجه سوم در افق ۲۰ ساله (۱۴۰۷)

با توجه به نمودار (۱- الف) تا (۱- د) در جدول (۲) پیش‌بینی عملکرد کانتینری بندر شهید رجایی برای افق‌های ۱۵ و ۲۰ ساله جمع‌بندی شده است.

جدول (۲): پیش‌بینی مقدار عملکرد کانتینری بندر شهید رجایی در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۷

سال	تخمینی	درجه ۲	R ²	درجه ۳	R ²
۱۴۰۲ (افق ۱۵ ساله)	۷ میلیون TEU	۰/۹۹۰۴	۱۰ میلیون TEU	۰/۹۹۵۶	
۱۴۰۷ (افق ۲۰ ساله)	۹ میلیون TEU	۰/۹۹۰۴	۱۵ میلیون TEU	۰/۹۹۵۶	

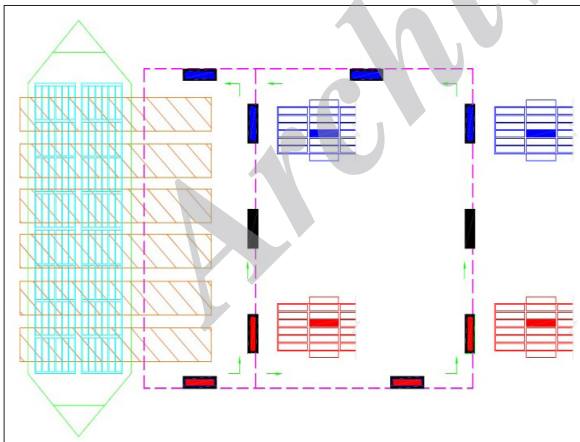
با توجه به جدول (۲) مقدار R² به دست آمده برای منحنی تخمینی درجه سوم بهتر از درجه دوم می‌باشد و با توجه به مقادیر تخمینی و الگوی رشد چند سال اخیر بندر شهید رجایی انتظار چنین رشدی صحیح



شکل (۲): چهار موقعیت بالقوه ایجاد پایانه کانتینری خشک به همراه مسیرهای پیشنهادی سیستم ACTIPOT

۲-۳- تعیین ویژگی‌های سناریوهای مختلف سیستم ACTIPOT برای بندر شهید رجائی

دو سیستم حمل‌ونقل خودکار کانتینر یعنی AGV و ALV در بین اسکله کانتینری بندر شهید رجائی و چهار موقعیت بالقوه ایجاد پایانه کانتینری داخلی، همچنین وسایل نقلیه خودکار سیستم ACTIPOT مورد مطالعه قرار گرفتند. ساختار شماتیک سیستم پیشنهادی به صورت شکل (۳) می‌باشد. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، وسیله نقلیه خودکار (AGV یا ALV) پس از بارگیری یک کانتینر وارداتی (به رنگ قرمز) از اسکله به سمت CY و یا پایانه کانتینری داخلی در حرکت می‌باشد. پس از آنکه کانتینر وارداتی تحویل داده شد، وسیله نقلیه خودکار در ادامه مسیر با یک کانتینر صادراتی (به رنگ آبی) دوباره بارگیری شده و به سمت اسکله حرکت می‌کند، در اسکله کانتینر صادراتی تحویل داده می‌شود و این چرخه تا اتمام کانتینرهای وارداتی و صادراتی ادامه می‌یابد.



شکل (۳): ساختار شماتیک سیستم ACTIPOT پیشنهادی

ویژگی‌های وضعیت پایه سیستم پیشنهادی شامل موارد زیر می‌شود:
 (۱) با توجه به قابلیت‌های فیزیکی پهلوگیری کشتی‌های کانتینری بزرگ، تجربه حضور کشتی‌هایی با ظرفیت ۹۰۰۰ TEU و ۱۴۰۰۰ TEU در بندر شهید رجائی و همچنین بر اساس پژوهش‌های انجام شده، تخلیه و بارگیری کشتی با ظرفیت ۸۰۰۰ TEU در وضعیت پایه مد نظر قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که در اغلب پژوهش‌های انجام گرفته قبلی، یکی از دو رویکرد تخلیه و بارگیری مورد توجه قرار گرفته بود. (کانتینرها

جدول (۵): آمار ظرفیت محوطه‌های مختلف بندر شهید رجائی

ردیف	محوطه	ظرفیت (TEU)
۱	CY (IMPORT)	۲۵۸۹۹
۲	IMPORT	۳۹۹۶
۳	ترانشیپ	۲۶۲۸
۴	پایانه اختصاصی شماره ۱	۵۵۰۰
۵	ترمینال ۱	۱۰۰۵۸
۶	ترمینال ۲	۴۷۰۰
۷	ترمینال ۲	۴۴۴۰
	مجموع	۵۷۲۲۱

ردیف	محوطه	ظرفیت (TEU)
۱	XK	۳۹۰۰
۲	ترمینال ۱	۴۰۰۰
	مجموع	۷۹۰۰

ردیف	محوطه	ظرفیت (TEU)
۱	خط صادرات (EXPORT)	۲۴۷۲
۲	محوطه کانتینرهای غیراستاندارد	۴۳۳
۳	خط شهرستان	۱۸۰۰
۴	محوطه کانتینرهای یخچالی اختصاصی	۵۱۲
۵	خطوط یخچالی CY	۴۲۴
۶	محوطه کانتینرهای یخچالی پمپ بنزین	۹۲
۷	محوطه کانتینرهای یخچالی CFS	۰
۸	پاورپک	۷۳۵
۹	کانتینرهای یخچالی حوضچه جدید	۴۳۲
۱۰	اختصاصی شماره ۳	۲۰۴۳
	مجموع	۸۹۴۳

ردیف	محوطه	ظرفیت (TEU)
۱	محوطه پرس	۸۸۲۰
۲	محوطه حوضچه جدید	۳۰۰۰
۳	محوطه سی‌دلف	۵۰۰۰
۴	محوطه کاوه	۸۰۰۰
۵	محوطه BACT	۱۲۰۰۰
	مجموع	۶۳۸۲۰
	مجموع کل محوطه‌ها	۱۳۷۸۴۴

بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های موارد ذکر شده در بالا و پژوهش‌های مشابه (برای مثال نتایج پژوهش مرحله دوم طرح جامع بندر شهید رجائی [۴]) در نظر گرفتن چندین منطقه بالقوه در پس کرانه بندر شهید رجائی به منظور توسعه ترمینال کانتینری خشک، به عنوان یکی از گزینه‌ها و راهکارهای ارتقای عملکرد و مواجهه با چالش‌های موجود، ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده، مصاحبه‌ها، بازدید محلی، شناسایی اراضی موجود و تصویرهای ماهواره‌ای و نقشه‌های بندر شهید رجائی و پس کرانه آن، چهار موقعیت بالقوه به منظور ایجاد پایانه کانتینری خشک همراه با سیستم ACTIPOT انتخاب شدند. در شکل (۲) این چهار موقعیت بالقوه و مسیرهای پیشنهادی سیستم ACTIPOT نشان داده شده است.

4DScript در آن وجود دارد که از آن می‌توان در خصوص طراحی شرایط ویژه فرایندهای واقعی در مدل استفاده نمود. با توجه به ساختار باز این نرم‌افزار، کاربر می‌تواند بسته‌های نرم‌افزارهای کاربردی را به طور دلخواه برای فرایندهای خود طراحی نماید. یکی دیگر از قابلیت‌های ویژه این نرم‌افزار قابلیت طراحی و نمایش انیمیشن سه بُعدی مبتنی بر واقعیت مجازی می‌باشد. به منظور تهیه ساختار پایه برای سناریوهای مختلف فایل اتوکد نقشه بندر شهید رجایی و اراضی پس‌کرانه (با مقیاس ۱:۱۲,۵۰۰) آن از سازمان بندر و دریانوردی تهیه شد و موقعیت‌های انتخاب شده بالقوه به منظور ایجاد پایانه کانتینری روی آن به همراه مسیرهای پیشنهادی طراحی شدند.

سناریوهای مختلف سیستم‌های AGV و ALV شامل (۱) اتم Product: از این اتم به منظور تولید محصولاتی که در شبیه‌سازی مورد نظر کانتینرها می‌باشند، استفاده شده است، (۲) اتم Source: این اتم نقش شبیه‌سازی تخلیه کانتینرهای وارداتی را در قسمت کشتی و تولید کانتینرهای صادراتی را در قسمت‌های مرتبط با کانتینرهای صادراتی در CY و پایانه کانتینری در پس‌کرانه بر عهده دارد. با توجه به اینکه در این شبیه‌سازی نرخ ورود و خروج کانتینرها از شبکه وابسته به عملکرد ساعتی جرثقیل‌های اسکله و محوطه در نظر گرفته شده است، و همچنین با توجه به آنکه در وضعیت پایه عملیات شبیه‌سازی برای کشتی‌های با ظرفیت ۸,۰۰۰ TEU ضریب بارگیری برابر با ۸۵ درصد می‌باشد، فرض برابر بودن درصد کانتینرهای وارداتی و صادراتی و تخصیص ۳ جرثقیل اسکله به عملیات واردات انجام می‌پذیرد، بر اساس برآوردهای زیر تعداد ۵۶۷ کانتینر در هر یک از اتم‌های Source تولید می‌گردد و با توجه به اینکه زمان فعالیت جرثقیل‌های محوطه و اسکله در کنار مدت زمان رفت و برگشت وسایل نقلیه افقی تا اتمام کلیه کانتینرهای وارداتی و صادراتی تحت عنوان مدت زمان عملیات تخلیه و بارگیری کشتی مد نظر قرار گرفتند، فاصله زمانی بین تولید محصولات (کانتینرها)، ناچیز (برابر با یک ثانیه) در نظر گرفته شد.

$$8000 \text{ (TEU)} / 2 = 4000 \text{ (FEU)}$$

تبدیل کانتینر ۲۰ فوت به ۴۰ فوت

$$4000 \text{ (FEU)} * 0.85 = 3400 \text{ (FEU)}$$

اعمال ضریب بارگیری کشتی

$$3400 \text{ (FEU)} / 2 = 1700 \text{ (FEU)}$$

اعمال ضریب کانتینرهای

وارداتی - صادراتی

$$1700 \text{ (FEU)} / 3 = 567 \text{ (FEU)}$$

تخصیص تعداد کانتینرهای هر جرثقیل اسکله

(۳) اتم Sink: این اتم نقش شبیه‌ساز بارگیری کانتینرهای صادراتی را در قسمت کشتی و انبارسازی کانتینرهای وارداتی در قسمت‌های مرتبط با کانتینرهای وارداتی CY و پایانه کانتینری در پس‌کرانه بر عهده دارد، (۴) اتم Robot: از این اتم به منظور شبیه‌سازی جرثقیل‌های اسکله و محوطه استفاده شده است که در مورد هر نوع از جرثقیل‌ها، مقادیر مرتبط با عملکرد ساعتی آنها شامل زمان بارگیری (Load time) و تخلیه (Unload time) با واحد ثانیه بر اساس مقادیر حاصل از شرکت تایدواتر خاورمیانه و سازمان

از نوع ۴۰ فوت در نظر قرار گرفته‌اند، (۲) بر اساس پژوهش‌های موجود و مصاحبه‌های صورت گرفته، ضریب بارگیری کشتی برابر با ۸۵٪ در نظر گرفته می‌شود و فرض می‌شود درصد کانتینرهای وارداتی و صادراتی برابر هستند [۹]، (۳) عملکرد ساعتی جرثقیل‌های اسکله برابر با ۳۰ حرکت در ساعت و جرثقیل‌های CY و پایانه‌های داخلی برابر با ۳۳ حرکت در ساعت در نظر گرفته می‌شود. این ارقام بر اساس عملکرد جرثقیل‌های اسکله و محوطه در اسکله کانتینری جدید بندر شهید رجایی در نظر گرفته شده‌اند که حاصل از مصاحبه‌های حضوری با کارکنان مرتبط در شرکت تایدواتر خاورمیانه و اداره تجهیزات سازمان بندر و دریانوردی استان هرمزگان می‌باشند [۱]، (۴) با توجه به تفاوت ساختاری سیستم پیشنهادی با سیستم ACTIPOT مشروح در چندین مقاله و یک گزارش خارجی، در سیستم پیشنهادی به‌طور همزمان از بخشی از ظرفیت محوطه CY و بخشی از ظرفیت پایانه‌های کانتینری داخلی استفاده می‌شود. به این منظور با توجه به آنکه اگر کانتینرهای وارداتی از اسکله دورتر و از سوی دیگر کانتینرهای صادراتی به اسکله نزدیک‌تر قرار گیرند، موجب افزایش بهره‌وری کلی پایانه و تجهیزات موجود می‌شود، در سیستم پیشنهادی ۴۰٪ کانتینرهای وارداتی در CY و ۶۰٪ مابقی در پایانه‌های کانتینری داخلی انبار می‌شوند و ۶۵٪ کانتینرهای صادراتی از CY و ۳۵٪ مابقی از پایانه‌های کانتینری داخلی تأمین می‌شوند، (۵) تعداد تجهیزات، ۶ دستگاه جرثقیل اسکله (این رقم بر اساس گزارش‌های موجود در زمینه تخلیه و بارگیری کشتی‌های بزرگ کانتینری در نظر گرفته شده است)، ۲۴ جرثقیل محوطه (به طور معمول برای هر جرثقیل اسکله، ۴ جرثقیل محوطه در نظر گرفته می‌شود)، که بر اساس درصدهای توزیع کانتینرهای وارداتی و تأمین کانتینرهای صادراتی، ۱۴ دستگاه در CY و ۱۰ دستگاه در پایانه کانتینری داخلی قرار می‌گیرد، (۶) از آنجا که به طور معمول برای هر جرثقیل اسکله، ۸ دستگاه AGV مورد استفاده قرار می‌گیرد، در وضعیت پایه، تعداد اولیه AGV‌ها برابر با ۴۸ دستگاه می‌باشد، و (۷) از آنجا که به طور معمول برای هر جرثقیل اسکله از ۴ دستگاه ALV استفاده می‌شود، در وضعیت پایه، تعداد اولیه ALV‌ها برابر با ۲۴ عدد می‌باشد. اندازه بافر^۱ در وضعیت پایه برابر با ۴ کانتینر در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳- شبیه‌سازی

با استفاده از نرم‌افزار ED^۲ هشت سناریوی موجود (چهار موقعیت مکانی با استفاده از دو شیوه استفاده از وسایل نقلیه خودکار AGV یا ALV) شبیه‌سازی شدند. نرم‌افزار شبیه‌سازی گسسته ED متعلق به شرکت اینکنترول^۳ کشور هلند می‌باشد. این نرم‌افزار برای مدل‌سازی، شبیه‌سازی، مشاهده و کنترل فرایندهای پویا طراحی شده است. کاربران می‌توانند عناصر (که اتم نامیده می‌شوند) را از کتابخانه استاندارد اتم‌ها انتخاب کنند و در مدل خود استفاده نمایند. این نرم‌افزار بر اساس مفهوم اتم‌ها به عنوان اجزای مدل‌سازی پایه‌گذاری شده است. نرم‌افزار ED دارای تعداد قابل توجهی اتم‌های از پیش تعریف شده می‌باشد و البته امکان ایجاد اتم‌های جدید از سوی کاربران وجود دارد. همچنین بخش برنامه‌نویسی داخلی با عنوان

1. Buffer
2. Enterprise Dynamics - www.enterprisedynamics.com
3. Incontrol

DScript^۴ هدایت مناسب برای رسیدن به مقصد مورد نظر و همین طور اعمال درصدهای اختصاصی به محوطه‌های مختلف انجام می‌شود (۴۰٪ کانتینرهای وارداتی در CY و ۶۰٪ مابقی در پایانه‌های کانتینری داخلی انبار می‌شوند و ۶۵٪ کانتینرهای صادراتی از CY و ۳۵٪ مابقی از پایانه‌های کانتینری داخلی تأمین می‌شود):

```
If (Label([ImportContainer],first (c),
Bernoulli (40,
dUniform (1,6),
dUniform (7,12),
dUniform(13,15): stop)
```

با استفاده از تابع توزیع برنولی ۴۰٪ کانتینرهای وارداتی به صورت یکنواخت (با استفاده از تابع توزیع یکنواخت^۳ در بین جرثقیل‌های موجود در CY (خروجی‌های شماره ۱ الی ۶ در بخش Send to Advanced transporter ها) و مابقی کانتینرها (۶۰٪) بین جرثقیل‌های موجود در پایانه کانتینری داخلی (خروجی‌های شماره ۷ الی ۱۲ در بخش Send to Advanced transporter ها) توزیع می‌شوند و در صورتی که با توجه به برچسب تخصیص داده شده کانتینرها از نوع صادراتی^۴ باشند به صورت یکنواخت (با استفاده از تابع توزیع یکنواخت) در بین جرثقیل‌های اسکله (خروجی‌های شماره ۱۳ الی ۱۵ در بخش Send to Advanced transporter ها) توزیع می‌شوند. با توجه به این که شماره خروجی‌ها اعداد گسسته‌ای می‌باشند از حرف d به عنوان مخفف کلمه گسسته^۵ قبل از تابع یکنواخت به صورت (dUniform) استفاده شده است تا تنها به اعداد گسسته در بازه خروجی‌های مد نظر ارجاع داده شود. همچنین به منظور توقف ساعت مدل و آگاهی از زمان دقیق اتمام عملیات تخلیه و بارگیری کشتی، با استفاده از دستور Stop در Trigger on entry/exit در Source ها و Sink های کشتی، مدل متوقف و زمان مد نظر ثبت می‌شود:

```
If(And)
Output(c)=567,
Output(AtomByName([Ship2],Model))=567,
Output(AtomByName([Ship3],Model))=567,
Input(AtomByName([Ship4],Model))=567,
Input(AtomByName([Ship5],Model))=567,
Input(AtomByName([Ship6],Model))=567),Stop)
```

معیارهای ارزیابی شامل موارد زیر می‌باشد:

(۱) زمان تخلیه و بارگیری کشتی (کل چرخه زمانی تخلیه کانتینرهای وارداتی و انبارسازی آنها در CY و پایانه کانتینری داخلی و بارگیری کانتینرهای صادراتی از CY و پایانه کانتینری داخلی در هر سناریو) و (۲) تعداد بهینه وسایل نقلیه خودکار (AGV و ALV). نتایج حاصل در نمودار (۲-الف)، نمودار (۲-ب)، نمودار (۳-الف) و نمودار (۳-ب) نشان داده شده است.

بنادر و دریانوردی استان هرمزگان در این اتم تنظیم شده است، (۵) اتم Advanced transporter: این اتم نقش AGV و ALV شرح داده شده در بخش‌های قبل را دارد که دارای ویژگی‌هایی اعم از سرعت، شتاب‌های مثبت و منفی و ... می‌باشد، (۶) اتم Network Node: از این اتم به منظور تعیین مختصات جابه‌جایی AGV ها و مسیر قرار گرفته‌اند، (۷) اتم Dispatcher: از این اتم به منظور تعیین نقاط ابتدایی مسیر حرکت AGV ها و ALV ها در ساختار کلی مدل استفاده می‌شود، (۸) اتم Destinator: این اتم به منظور تعیین نقاط انتهایی مسیر حرکت AGV ها و ALV ها در ساختار کلی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد، (۹) اتم Network Controller: از این اتم به منظور کنترل عملیات و بهینه‌سازی مسیریابی AGV ها و ALV ها استفاده شده است، و (۱۰) اتم Queue: با توجه به قابلیت برداشت و قراردعی کانتینر توسط ALV، وضعیتی به منظور برداشت و قراردعی کانتینرها برای سیستم ALV در نظر گرفته شده که با استفاده از این اتم شبیه‌سازی شده است.

در غالب نمونه‌های شبیه‌سازی در این زمینه که در فصل کاوش در متون به آنها پرداخته شده است، وضعیت‌هایی که در عمل با شرایط واقعی بنادر کانتینری انطباق کامل ندارد، مورد توجه قرار گرفته است، برای مثال شبیه‌سازی یکی از رویکردهای تخلیه یا بارگیری و یا تخلیه کامل کشتی و یا درصد قابل توجهی از آن و سپس بارگیری آن به طور کامل و یا با همان میزان درصد تخلیه، در صورتی که در شرایط واقعی در بنادر کانتینری بر اساس برنامه‌های دریایی و طرح چینش بار که با استفاده از EDI به بنادر مختلف در طی مسیر کشتی ارسال می‌شود، تعدادی کانتینر در هر بندر تخلیه و تعدادی نیز بارگیری می‌شود. به این منظور پس از اعمال ضریب بارگیری کشتی به میزان ۸۵٪، نیمی از آن به کانتینرهای وارداتی و نیمی از آن به کانتینرهای صادراتی اختصاص می‌یابد. به بیان دیگر در وضعیت پایه، با اعمال ضریب ۸۵٪ تعداد TEU ۳۴۰۰ (یا ۱۷۰۰ FEU) تخلیه و به همان میزان نیز بارگیری می‌شود.

فرآیند چرخه‌های جابه‌جایی کانتینر در سناریوهای مختلف به این صورت می‌باشد که AGV یا ALV توسط اتم Dispatcher به یکی از Node های موجود در مدل طراحی شده فرا خوانده می‌شود. روبات^۱ تحت عنوان جرثقیل اسکله یا محوطه کانتینر را بر AGV یا ALV قرار می‌دهد یا بر می‌دارد، سپس AGV یا ALV توسط اتم Destinator به سوی یکی از Node های مقصد ارسال می‌شود، همچنین جرثقیل اسکله یا محوطه کانتینر را از روی AGV یا ALV بر می‌دارد یا قرار می‌دهد، سپس AGV یا ALV توسط اتم Dispatcher به یکی دیگر از Node های موجود در مدل طراحی شده فرا خوانده می‌شود. این چرخه برای کلیه AGV ها یا ALV ها در تمام مدت زمان انجام عملیات تخلیه و بارگیری کشتی تکرار می‌شود. به منظور ایجاد تفکیک در بین کانتینرهای وارداتی کشتی و کانتینرهای صادراتی، با استفاده از چسباندن برچسب^۲ روی کانتینرهای تولید شده در Source کشتی، محوطه‌ها را تفکیک می‌نمایند و سپس در بخش Send to Advanced transporter با نوشتن دستور زیر تحت زبان

1. Robot
2. Label

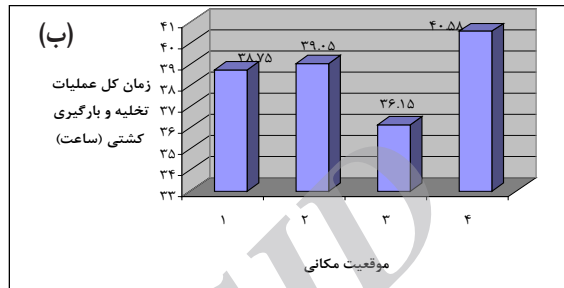
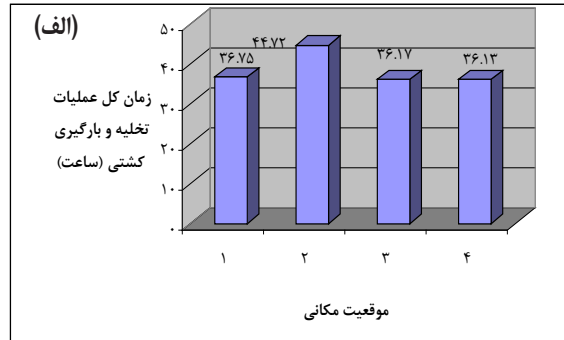
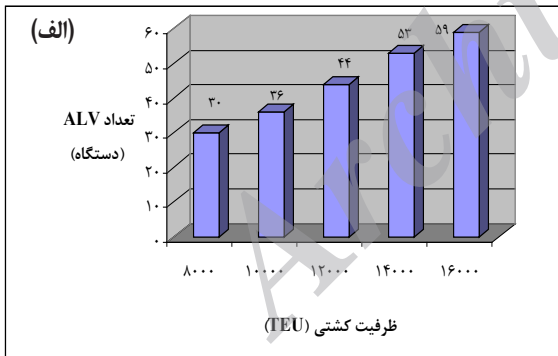
3. Uniform
4. ExportContainer
5. discrete

بر اساس نتایج بهترین گزینه‌های زمانی مشابه در دو سیستم مورد مطالعه قرار گرفتند، ۵۰ دستگاه AGV و موقعیت مکانی شماره ۳ و ۳۰ دستگاه ALV دارای موقعیت مکانی شماره ۳ بوده‌اند. زمان عملیات تخلیه و بارگیری کشتی در این دو مورد، تقریباً برابر و به ترتیب ۳۵ ساعت و ۵۹ دقیقه برای سیستم AGV و برابر با ۳۵ ساعت و ۵۵ دقیقه برای سیستم ALV بوده است و اختلاف در بین دو سیستم تنها ۴ دقیقه بوده است. با توجه به این موضوع عامل تعیین کننده به منظور انتخاب سیستم برتر، تحلیل مالی دو سیستم با عملکرد مشابه فوق می‌باشد. در مورد این گونه سیستم‌ها هزینه‌های خرید وسایل نقلیه و هزینه نگهداری و تعمیر آنها از معیارهای مهم تحلیل مالی می‌باشند. در جدول (۶) هزینه مربوط به هر کدام از سیستم‌های AGV و ALV تحلیل شده است. به منظور بررسی افق طرح دو تخمین خوش بینانه و بدبینانه نیز در نظر گرفته شده است [۱۳].

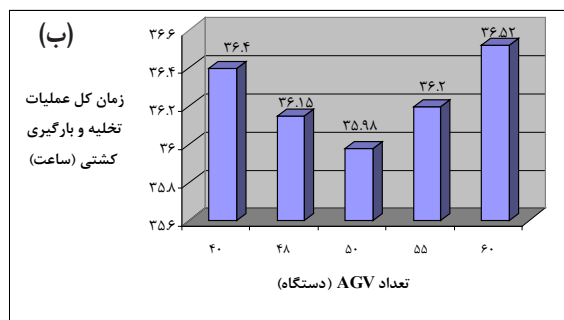
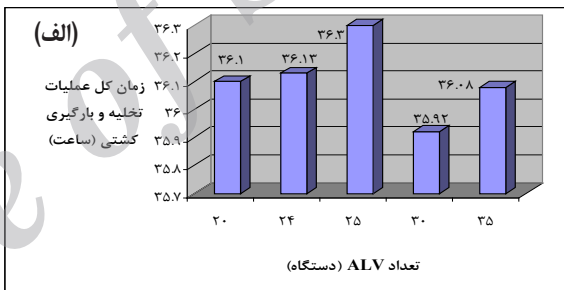
بر اساس جدول (۶)، در کلیه تخمین‌های متوسط، خوش بینانه و بدبینانه انتخاب گزینه مکانی شماره ۳ با استفاده از سیستم ALV دارای کمترین هزینه کل می‌باشد.

۳-۳- تحلیل حساسیت

به منظور بررسی اثرات ناشی از کشتی‌هایی با ظرفیت‌های مختلف، کشتی‌هایی با ظرفیت TEU ۱۰,۰۰۰، ۱۲,۰۰۰، ۱۴,۰۰۰ و ۱۶,۰۰۰ شبیه‌سازی شدند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های انجام گرفته برای موقعیت مکانی شماره ۳ و زمان عملیات تخلیه و بارگیری کشتی برابر با ۳۶ ساعت (بهترین مدت زمان گردش عملیات تخلیه و بارگیری کشتی در حالت پایه)، در نمودار (الف-۴) برای سیستم AGV و در (ب-۴) برای سیستم ALV نشان داده شده است.



نمودار (۲): زمان کل عملیات تخلیه و بارگیری کشتی در سناریوهای وضعیت پایه برای سیستم (الف) AGV و (ب) ALV (ساعت)



نمودار (۳): کمترین زمان کل عملیات تخلیه و بارگیری کشتی برای تعداد مختلف (الف) AGV و (ب) ALV

جدول (۶): هزینه مربوط به سیستم‌های AGV و ALV (یورو)

تخمین بدبینانه		تخمین خوش بینانه		تخمین متوسط		توضیحات
ALV	AGV	ALV	AGV	ALV	AGV	
۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز
۵۵۰,۰۰۰	۳۵۰,۰۰۰	۴۲۵,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰	۴۸۷۵۰۰	۳۲۵۰۰۰	هزینه خرید (یورو)
۱۶۵۰,۰۰۰	۱۰۵۰,۰۰۰	۱۲۷۵,۰۰۰	۹۰۰,۰۰۰	۱۴۶۲۵۰۰	۹۷۵۰۰۰	هزینه نگهداری و تعمیرات (یورو)
۱۸۱۵۰,۰۰۰	۱۸۵۵۰,۰۰۰	۱۴۰۲۵۰,۰۰۰	۱۵۹۰,۰۰۰	۱۶۰۸۷۵۰۰	۱۷۲۲۵۰,۰۰۰	هزینه کل (یورو)

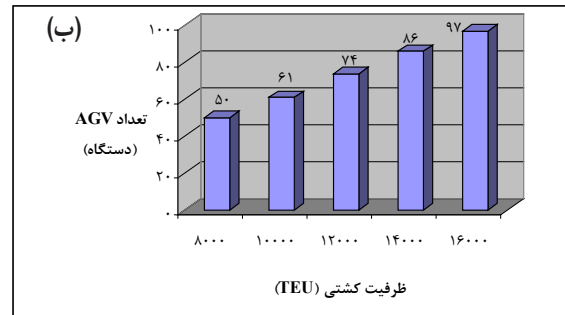
۴- نتیجه گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از مطالعه و تحلیل عملکرد کانتینری بندر شهید رجائی نشان دهنده نیاز به توسعه پس کرانه و لزوم توجه به بهسازی روند عملیات تخلیه و بارگیری و مدت زمان متوسط حضور کانتینر در محوطه‌های بندر شهید رجائی می‌باشد. در این تحقیق به منظور بهبود وضعیت بندر شهید رجائی با استفاده از چارچوب پیشنهادی «با توجه به موقعیت‌های موجود امکان‌سنجی ایجاد ترمینال کانتینری خشک در پس کرانه و سیستم جابه‌جایی کانتینر بین بندر و ترمینال کانتینری خشک»، چهار موقعیت بالقوه ایجاد پایانه کانتینری داخلی در پس کرانه بندر شهید رجائی با تحلیل پرسش‌نامه، مصاحبه‌های انجام گرفته و بازدید میدانی تعیین شدند و به منظور دستیابی به استانداردهای عملکردی بنادر بزرگ کانتینری دنیا استفاده از شیوه خودکار با استفاده از AGV یا ALV در بین بندر و پایانه کانتینری بالقوه مد نظر قرار گرفت. نتایج حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار ED 8 حاکی از برتری موقعیت انتخابی شماره ۳ با توجه به معیار زمان گردش عملیات تخلیه و بارگیری کشتی و استفاده از سیستم ALV پس از تحلیل مالی ۳۰ دستگاه ALV در مقابل ۵۰ دستگاه AGV می‌باشد. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت میزان احتیاج به وسایل نقلیه خودکار (AGV یا ALV) در مقابل افزایش ظرفیت کشتی‌ها از ۸,۰۰۰ TEU تا ۱۶,۰۰۰ TEU حاکی از رابطه‌ای خطی بین آنها می‌باشد، همچنین تحلیل حساسیت در زمینه بهبود عملکرد جرقیل‌های کانتینری محوطه و اسکله به میزان ۳۰٪ و ۱۰٪ نشان دهنده کاهش قابل توجه زمان گردش عملیات تخلیه و بارگیری کشتی می‌باشد.

مطلب قابل توجه دیگر واکنش نسبی مخالفت‌آمیز در مقابل اتوماسیون در عرصه جابه‌جایی کانتینر در بین محوطه‌ها و اسکله‌های کانتینری تحت عنوان حمایت از حقوق نیروی انسانی می‌باشد که از قرار ناشی از فراموشی به کارگیری سیستم‌ها، تجهیزات و ماشین‌آلات نیمه‌خودکار و تمام‌خودکار، مدرن و پیشرفته در کارخانه‌ها، خطوط تولید صنایع، معادن، نفت و غیره بدون در نظر گرفتن مسایل مربوط به بیکاری نیروی انسانی به علت نتایج مفید و گسترده در تولید انبوه، افزایش سرعت و دقت انجام عملیات و همچنین به وجود آمدن شرایط انجام برخی عملیات خطرناک توسط ماشین و اتوماسیون به جای نیروی انسانی می‌باشد. پایانه‌های کانتینری نیز رفته‌رفته با توجه به ابعاد استاندارد کانتینرها و تجهیزات مرتبط با حمل‌ونقل و انبارش آنها قابلیت استفاده هر چه بیشتر از تجهیزات و وسایل خودکار را خواهند یافت و حرکت به سوی اتوماسیون در بندر کانتینری دیر یا زود در کلیه بنادر مهم مشاهده خواهد شد و صنعت کانتینر پیشرفته‌تر از قبل خواهد شد. با توجه به مطالب مطرح شده در این تحقیق، به منظور توسعه و بهبود عملکرد کانتینری بنادر، بهبود ساختار زنجیره‌های تأمین و حمل‌ونقل کانتینری خودکار، پیشنهادهای زیر مطرح می‌گردد: (۱)

پس از تشکیل بانک‌های آماری مورد نیاز، بررسی‌های مکان‌یابی بندر خشک/ داخلی در کشور با توجه به بازارهای هدف مختلف محلی، ملی و منطقه‌ای انجام شود، (۲) مطالعه بر ساختار پایانه‌های ترکیبی کانتینری داخلی نظیر پایانه‌های کانونی و حاشیه‌ای^۱ با دو یا سه و یا چهار پایانه کانونی و یا ابرپایانه‌های^۲ کانونی، (۳) تمرکز مطالعه بر روش حمل‌ونقل اصلی در بین بندر خشک/ داخلی و بندر ساحلی، (۴) مطالعه در مورد خط

1. Hub-and-spoke
2. MegaHub



نمودار (۴): (الف) تعداد AGV و (ب) تعداد ALV مورد نیاز برای کشتی‌های با ابعاد مختلف

بر اساس نمودار (۴- الف و ب) به طور نسبی رابطه‌ای خطی در بین تعداد وسایل نقلیه خودکار مورد نیاز (AGV و ALV) و افزایش ابعاد کشتی‌های کانتینری وجود دارد. به منظور بررسی آثار ناشی از بهبود احتمالی افق طرح، عملکرد جرقیل‌های اسکله، CY و موقعیت‌های بالقوه ایجاد پایانه کانتینری خشک، بر زمان کل عملیات تخلیه و بارگیری کشتی‌ها، بر اساس مصاحبه‌های صورت گرفته و گزارش‌های موجود، رقم بهبود ۳۰٪ (افزایش میزان حرکات در ساعت برای جرقیل اسکله از ۳۰ حرکت در ساعت در وضعیت پایه به ۳۹ حرکت در ساعت و برای جرقیل محوطه‌ها از ۳۳ حرکت در ساعت در وضعیت پایه به ۴۳ حرکت در ساعت) و همچنین رقم بهبود ۱۰٪ (افزایش میزان حرکت در ساعت برای جرقیل اسکله از ۳۰ حرکت در ساعت در وضعیت پایه به ۶۰ حرکت در ساعت و برای جرقیل محوطه‌ها از ۳۳ حرکت در ساعت در وضعیت پایه به ۶۵ حرکت در ساعت) برای موقعیت مکانی شماره ۳ و با وضعیت بهینه تعداد وسایل نقلیه خودکار (۵۰ دستگاه AGV و ۳۰ دستگاه ALV) مورد شبیه‌سازی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول (۷): تاثیر بهبود عملکرد جرقیل‌های اسکله و محوطه‌ها بر زمان کل عملیات تخلیه و بارگیری کشتی (ساعت)

شرح	نوع سیستم	درصد تغییرات	درصد تغییرات
وضعیت پایه	AGV	۳۵,۹۸	۳۵,۹۲
بهبود ۳۰٪ در عملکرد جرقیل‌های اسکله و محوطه‌ها	AGV	۲۹,۹۲	کاهش ۲۰٪
بهبود ۱۰٪ در عملکرد جرقیل‌های اسکله و محوطه‌ها	AGV	۲۲,۰۳	کاهش ۶۳٪
	ALV	۲۹,۲۳	کاهش ۲۳٪
	ALV	۲۰,۲۸	کاهش ۷۷٪

بر اساس جدول ۷ مشخص می‌شود که عمده بهبود عملکرد و بهره‌وری بندر به بهبود عملکرد جرقیل‌های آن وابسته می‌باشد. مفهوم آن این است که ایجاد پایانه کانتینری داخلی در پس کرانه و استفاده از سیستم‌های اتوماسیون در جابه‌جایی کانتینر در بین اسکله و پایانه کانتینری داخلی بر بهبود عملکرد تجهیزات تخلیه و بارگیری اثر بسیار مطلوبی خواهد داشت و به استاندارد بزرگ‌ترین بندر کانتینری دنیا خواهد رسید.

۶. کاوش گر نرگس (۱۳۸۶)، توسعه مدل شبیه‌سازی برای تعیین سطح مکانیزاسیون ترمینال‌های کانتینری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب
۷. گزارش عملکرد سازمان بنادر و دریانوردی (سال‌های مختلف).
۸. مهربان لاله (۱۳۸۵)، ظرفیت‌سنجی بنادر تجاری کشور برای تقاضای ۲۰ سال آینده، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.

9. Ioannou P., Chassiakos A. (2002), Automated Container Transport System between Inland Port and Terminals, METRANS.
10. Roso V., Woxenius J., Olandersson G. (2006), Organisation of Swedish dry port terminals, Chalmers University of Technology, Sweden.
11. UNCTAD (1991), Handbook on the management & operation of Dry Ports, UNCTAD, Geneva.
12. UN ESCAP (2008), Logistics Sector Development, Planning models for Enterprises & Logistics Clusters, UN ESCAP, New York.
13. Vis, Iris FA, and Ismael Harika. "Comparison of vehicle types at an automated container terminal." OR Spectrum 26, no. 1 (2004): 117-143.

سیر بهینه و مسیریابی مبادی و مقاصد و بنادر خشک/ داخلی، (۵) مطالعه در مورد گزینه‌ها و روش‌های دیگر شبیه‌سازی عملیات تخلیه و بارگیری کشتی از محوطه‌ها و پایانه کانتینری بالقوه در پس کرانه، (۶) مطالعه تأثیر استفاده از وسایل نقلیه خودکار دیگر (با ویژگی‌های مختلف) بر عملکرد کانتینری بندر و (۷) طراحی فازهای طرح توسعه و همچنین شناسایی و تعیین گزینه‌های بالقوه طرح‌های تجاری.

مراجع

۱. آمارهای دریافتی از شرکت تایداوتر خاورمیانه (سال‌های مختلف).
۲. پیش‌بینی میزان عملکرد بندر شهید رجایی تا سال ۱۴۰۰ (۱۳۷۵)، بر اساس مطالعه جایکا، سازمان بنادر و کشتیرانی.
۳. پیش‌بینی روند عملیات بندری، بندر شهید رجایی تا سال ۱۴۰۰ بر اساس پیش‌بینی‌های طرح جامع بنادر کشور تهیه شده توسط جایکا با اعمال ویرایش (۱۳۷۶)، اداره کل تحقیقات، سازمان بنادر و کشتیرانی.
۴. طرح جامع بندر شهید رجایی، مرحله دوم: مطالعات طرح جامع بنادر بازرگانی ایران، HPC، TNA و سازمان بنادر و کشتیرانی (۱۳۸۵).
۵. قاسمی‌نژاد منصور و پورحسین محمد (۱۳۷۵)، مطالعه و بررسی در زمینه کاهش رسوب کانتینر در بندر شهید رجایی، مرکز طرح و برنامه، اداره کل بنادر و کشتیرانی استان هرمزگان.