

## بهینه‌سازی حمل و نقل مواد غله بر اساس یک مدل شبیه‌سازی در بندر شهید رجایی

پرهام عظیمی،\* محمدرضا قنبری\*\*

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۳

### چکیده

با در نظرگیری افزایش روز افزون تقاضا برای فعالیت‌های عملیاتی در بندر، مدیران بندر با چالش استفاده بهینه از تجهیزات و تسهیلات بندری رو به رو می‌باشند. یکی از این چالش‌ها جلوگیری از ماندگاری زیاد کشتی‌ها در بندر م باشد. بدین منظور در این مطالعه به بررسی ایجاد انبار موقت در بندر خدماتی شهید رجایی برای بارگیری غلات به کشتی با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی بر پایه تئوری صف خواهیم پرداخت. در این راستا، برخی از معیارهای مهم نظیر زمان سیستم کشتی‌ها، تعداد کشتی‌های بارگیری شده و نرم بارگیری در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که بهینه‌سازی حمل و نقل غلات‌ها بین انبار موقت و اسکله ظرفیت حمل و نقل و بارگیری را به میزان ۱۵٫۵ درصد افزایش خواهد داد.

**کلمات کلیدی:** بندر شهید رجایی، انبار موقت، تئوری صف و شبیه‌سازی، زمان سیستم کشتی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

\* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران (نویسنده مسئول)

p.azimi@qiau.ac.ir

ghanbari\_mrg@yahoo.com

\*\* باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین

## مقدمه

موقعیت ممتاز و امکانات ویژه بندر شهید رجایی باعث شده است که این مجتمع به یکی از مهمترین و پیشرفته‌ترین بنادر ایران و خاورمیانه در حوزه‌های مهم اقتصادی ایران تبدیل شود. تسریع امر تخلیه و بارگیری و ایجاد بستر و فضای مناسب جهت سرمایه‌گذاری و ارائه خدمات لجستیکی و ارزش افزوده از اصلی‌ترین اهداف بندر است. در اهداف سند چشم‌انداز و برنامه توسعه کشور پیش‌بینی شده است که در سال ۱۳۹۴ حجم عملیات بنادر بازرگانی کشور به مقدار ۱۶۰ میلیون تن افزایش یابد که از این مقدار محدود ۵۳٪ به صورت غیر کانتینری خواهد بود (جهرمی نژاد، ۱۳۹۲).

گرچه بندر شهید رجایی به عنوان یک بندر کانتینری شناخته شده است اما با توجه به سهم بخش غیر کانتینری در صادرات کشور و پیش‌بینی صورت گرفته در سند چشم‌انداز امور بندری نقش ویژه‌ای را در این زمینه ایفا می‌کند.

با توجه به تنوع موجود در محموله‌ها و عملیات شناورها، گروه‌های کالاهای انبار فله به گروه‌های کالاهای روغن نباتی، کالاهای مایع نفتی، کالاهای مواد شیمیایی، کالاهای مواد معدنی، کالاهای مواد غذایی و کالاهای مواد غلات تقسیم‌بندی می‌شوند. در این میان حجم صادرات غلات در این بندر به ماهیانه ۲۵۰۰۰ تن می‌رسد.

بنادر به عنوان نقطه‌ی شروع و پایان مدل حمل و نقل دریایی و محل اتصال به شیوه‌های دیگر حمل و نقل، نقش مهمی را ایفا می‌کنند. حمل و نقل دریایی از ارزان‌ترین، ایمن‌ترین و مناسب‌ترین شیوه‌ی حمل و نقل محسوب می‌شود. با توجه به سهم ۹۰ درصدی حجم تجارت جهانی از نظر وزنی و ۴۰ درصدی از نظر ارزشی در حمل و نقل دریایی، این نوع حمل و نقل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (UNCTAD، ۲۰۱۲، ۲۰۱۱، ۲۰۱۰). بندر غیر کانتینری مجتمع شهید رجایی یکی از مجموعه بنادر منطقه ویژه، دارای ترمینال بارگیری غلات می‌باشد که صادرات غلات از این ترمینال انجام می‌شود. بندر برای صادرات غلات اقدام به ساخت انبار موقت در داخل بندر نموده است که غلات از محل تولید یا انبار ذخیره اصلی به این انبار برای صادرات انتقال داده شود. حال این پرسش مطرح است که با توجه به امکانات کنونی

بندر در بارگیری غلات به روش سنتی تا زمان ساخت سیستم مکانیزه بارگیری، آیا استفاده از انبار موقت به عملکرد بندر کمک می کند و شاخص های عملکرد بندر را بهبود می بخشد؟ در این مطالعه، برای بررسی انبار موقت و تأثیر آن بر عملکرد بندر، مدل سازی حمل و نقل و بارگیری از انبار موقت به کشتی انجام شده است. در واقع این مقاله، یک مدل شبیه سازی را برای بهبه سازی حمل و نقل و بارگیری غلات فله به کشتی، در ترمینال غیر کانتینری مجتمع شهید رجایی که یکی از ترمینال های بندر محسوب می شود بر پایه تئوری صف و شبیه سازی مورد بررسی قرار داده و آن را ارائه می کند. بهبه سازی در بارگیری، نیاز مداوم و پیوسته برای استفاده بهبه از تجهیزات، تسهیلات و امکانات در بندر می باشد، در نتیجه هزینه های عملیاتی را کاهش می دهد و عملکرد بندر را ارتقا می بخشد. عملیات بندر، نیازمند سرعت و کیفیت بالا و هزینه کم در ارائه خدمات بندری می باشد، بنابراین علاوه بر احداث فازهای توسعه ای بندر به منظور گسترش فعالیت بارگیری به وسیله تسمه نقاله و همچنین مدیریت منابع و استفاده بهره ور از تجهیزات موجود، استفاده از تکنیک شبیه سازی به عنوان بهترین جایگزین تئوری های صف به وسیله نرم افزار شبیه ساز ED امکان مناسبی برای تحلیل سیستم در اختیار قرار می دهد.

شبیه سازی متدولوژی جدیدی در حل مسائل بندر نیست و از سال ۱۹۸۰ شروع شده است. اولین شبیه سازی های صورت گرفته در زمینه مدیریت عملیات بندر بوده که بر روی جزئیات و تنظیمات مدل و اعتبار سنجی آن تمرکز نداشته اند و بیشتر در زمینه کاربرد و طراحی سناریوها کار شده بود (کولیر، ۱۹۸۰). کولیر اولین شخصی بود که شبیه سازی را برای کمک به مطالعه بنادر معرفی کرد. توگسو و همکارانش یک مدل برای بندر استامبول ارائه کردند که در خصوص تخصیص اسکله و عملیات تخلیه کانتینرها در بندر بود (توگسو، ۱۹۸۳). الشیخ نیز یک مدل شبیه سازی برای مسئله تخصیص کشتی به اسکله ارائه کرد (الشیخ و همکاران، ۱۹۸۷). نوینس و همکارانش نرم افزار PORTSIM را برای انیمیشن سازی و ویژگی های بصری بنادر دریایی گسترش دادند (نوینس و همکاران، ۱۹۹۸). بروزون و ساگنوریل یک ابزار نرم افزاری ارائه کردند تا پیمانکاران بنادر را در تصمیم سازی های استراتژیک یاری

کند (بروزون و سیگنوریل، ۱۹۹۸). اضافه کردن جزئیات در مدل‌سازی توسط رامانی و همکارانش انجام شد (رامانی، ۱۹۹۶). طاهار و حسین نیز به مسئله عملیات اسکله و تخصیص جرثقیل توجه کردند. مدل شبیه‌سازی آنها به منظور مشخص کردن تابع توزیع برای زمان بین دو ورود کشتی‌ها و زمان سرویس در اسکله بود، مدل آنها توسط نرم افزار Arena بسط داده شد (طاهار و حسین، ۲۰۰۰). استفاده از فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف نیز توسط رایدا، ۲۰۱۴ برای بارگیری و باربرداری در یک ترمینال کانتینری به کار گرفته شد. هدف این مطالعه کاهش زمان کل انتظار جرثقیل‌ها و وسایل حمل است. ماسی و همکاران (۲۰۱۳)، یک سیستم آنالین شبیه‌سازی توزیع برای بندر پیشنهاد می‌کنند که همزمان قدرت آموزش و اثر بخشی را در سیستم بالا می‌برد. جونلیانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۵، ابتدا به هزینه‌های بالای خرید تجهیزات در بندر اشاره می‌کند و برنامه‌ریزی منسجم بین تمامی تجهیزات بندر را به عنوان یک عامل اساسی در بالا بردن نرخ خدمت و کاهش مصرف انرژی معرفی می‌کند. در نهایت هدف این مقاله یکپارچه‌سازی برنامه ریزی، فناوری اطلاعات با کمک یک مدل برنامه‌ریزی خطی می‌باشد که با هدف مینیمم کردن تاخیر کشتی‌ها و مصرف انرژی می‌باشد. سپس یک مدل شبیه‌سازی برای حل مساله پیشنهاد می‌شود. در مقاله‌ای که یونگ تاء چانگ و همکاران در سال ۲۰۱۲ می‌نویسند، با اشاره به نقش برنامه ریزان برای تعیین ظرفیت بهینه بندر، به دو هدف مقاله اشاره می‌کنند. یکی بررسی فعالیت‌های انجام شده در بندرهای بزرگ آسیایی در خصوص تخمین بندر و ظرفیت آن و دوم پیشنهاد یک رویکرد جدید برای تخمین ظرفیت بهینه یک بندر به وسیله شبیه‌سازی. بر این اساس هزینه انتخاب کشتی‌ها برای بارگیری و تخلیه بار در تقابل با ظرفیت بندر به عنوان هدف در نظر گرفته شده است. عبدالناصر و همکارانش در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵، مدل شبیه‌سازی ساخته شده در مقاله را، ترکیبی یکپارچه از تمام فعالیت‌های موجود در یک بندر کانتینری می‌دانند. مدل پیشنهادی در یک بندر به صورت عملی به کار گرفته شده که نتایج آن نشان می‌دهد زمان سیستم کشتی‌ها ۵۱ درصد در قسمت بارگیری و بارگذاری کاهش پیدا کرده است. همچنین یک دیدگاه برای شبیه‌سازی گسسته پیشامد برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی تخصیص فضا به انبار بندر ارائه

می کنند که تمام فعالیت های بندر را به صورت یکپارچه در نظر می گیرد. نتایج محاسباتی در یک مطالعه موردی نشان می دهد استفاده از مدل شبیه سازی منجر به کاهش ۵۴ درصدی زمان حمل و نقل کانتینرها شده است.

از لحاظ متدولوژی این تحقیق در حوزه بهینه سازی از طریق شبیه سازی قرار می گیرد. تکنیک بهینه سازی از طریق شبیه سازی از جمله تکنیک های نوین مبتنی بر واقعیت می باشد که عملاً از دهه ۱۹۹۰ در حوزه صنعت و خدمات مورد استفاده قرار گرفته است. (روزتی و همکاران، ۲۰۰۹) در این تکنیک، با اجتناب از فرض های ساده کننده مثل قطعی بودن رویدادهای واقعی (زمان بین ورود مشتریان، زمان سرویس دهی، زمان خراب شدن و یا تعمیر) و یا خطی بودن روابط ریاضی اجتناب کرده و تلاش می نماید مسایل را همانگونه که در دنیای واقعی وجود دارند مدل سازی نماید. در این تکنیک، روش های متعددی وجود دارد که کارشناسان از آن برای بهینه سازی و بهبود عملکرد آن بهره می برند. بر اساس نتایج کارهای روزتی و همکاران در سال ۲۰۰۹، یکی از پرکاربردترین روش ها در تکنیک بهینه سازی از طریق شبیه سازی روش تولید سناریو است. در این روش تعداد محدودی سناریو بر اساس مشاوره با خبرگان، الگوبرداری از شرکت های رقیب و یا طراحی آزمایش تولید می شوند. هر طرح یا سناریو به طور مجزا با کمک نرم افزار شبیه سازی مدل شده و به اندازه کافی تکرار می شوند. در هر تکرار مقادیر متغیرهای تصمیم و توابع هدف ذخیره شده و برای تحلیل های آماری مقایسه سناریوها مورد استفاده قرار می گیرند.

با توجه حجم قابل توجهی از تقاضا برای بارگیری غلات و افزایش تقاضا در سالهای اخیر به طور پیوسته در بندر خدماتی غیر کانتینری شهید رجایی، یکی از راه های پاسخگویی به این افزایش تقاضا، طراحی فازهای توسعه و تخصیص امکانات سرمایه گذاری جدید است. منتهی این سرمایه گذاری ها زمان بر است و موجب از دست رفتن بسیاری از تقاضاهای مشتریان می شود. بنابراین استفاده از روش های مدل سازی و بهینه سازی فرآیندها در عملیات اسکله و درون بندر می تواند مناسب ترین گزینه برای پاسخگویی قسمتی از افزایش تقاضا باشد و متناسب با سرمایه گذاری های صورت گرفته، بهره برداری مناسبی از تجهیزات و امکانات شود.

این مطالعه با تمرکز بر بهینه‌سازی و استفاده از منابع موجود در جهت افزایش عملکرد بندر با استفاده از تئوری صف و شبیه‌سازی عملیات واقعی جابه‌جایی غلات را به روش سنتی در بندر، مدل و تحلیل می‌کند و زمان‌های جابه‌جایی و بارگیری در حالت کنونی را با حالت بهینه مدل‌سازی و شبیه‌سازی می‌کند. همچنین ایجاد انبار موقت را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد که هدف اصلی در این بخش، کاهش زمان سیستم کشتی‌ها با در نظر گرفتن فضای موقت در کنار اسکله می‌باشد. در این تحقیق تلاش شده است تا با یکپارچه‌سازی زیر سیستم‌های حمل و نقل غله در بندر و تکیه بر جزئیات تجهیزات حمل و نقل، مدلی منطبق با سیستم واقعی حمل و نقل غله میان بندر و انبار غله ایجاد شود (قبری، ۱۳۸۹).

در پایان با مقایسه‌ی سیستم فعلی انتقال مستقیم غلات به روی کشتی با سیستمی که انبار موقت در کنار اسکله وجود خواهد داشت، نشان می‌دهیم که ایجاد انبار موقت در کنار اسکله می‌تواند در شاخص‌های عملکردی بندر بهبود ایجاد کند.

### تشریح مساله

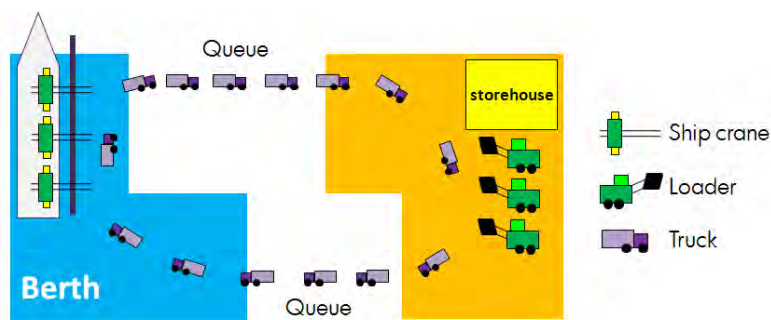
بندر غیر کانتینری مجتمع شهید رجایی، در حال حاضر با طول ۲۷۵ متر، عمق ۱۳ متر می‌تواند به کشتی‌ها با ظرفیت ۴۰ هزار تن خدمات ارائه دهد. ترمینال فله، محلی است که کشتی‌های حمل غلات می‌توانند در کنار اسکله‌های آن‌ها پهلو دهی و به وسیله‌ی تسمه نقاله‌ها، مکنده‌های فله و یا سیستم بارگیری سنتی خدمت داده شوند. این خدمت دهی شامل تخلیه و بارگیری غلات از/ به کشتی می‌باشد. معمولاً ترمینال‌های غله ارتباط بین دریا و خشکی برای حمل مواد را فراهم می‌کنند. همچنین ترمینال‌های غله می‌توانند به عنوان یک انبار موقت عمل کرده و غله از لحظه تخلیه در انبار تا لحظه بارگیری به کشتی و تحویل به مشتری در روی کشتی در بندر مبدأ، یا از لحظه تخلیه از کشتی در انبار تا لحظه تحویل به مشتری و یا صاحب کالا در بندر مقصد، در آن انبار شوند.

غلات از محل تولید می‌تواند به طور مستقیم وارد انبار موقت بندر شود. در حال حاضر نرخ ورود غلات ۱۴۰۰ تن در ۲۴ ساعت می‌باشد. این مقدار در انتقال غلات صفی ایجاد نمی‌کند

و به مرور زمان به صورت روزانه می توان بعد از ورود، آنها را به این انبار انتقال داد و زمانی که انبار موقت پر شد، به انبار ذخیره اصلی انتقال داده شود. ایجاد انبار موقت در بندر در صورتی کاملاً مفید است که به صورت مکانیزه به کامیون ها و یا کشتی بارگیری شود که در این حالت دو مدل سازی و شبیه سازی به طور جداگانه لازم است انجام شود و مورد تجزیه تحلیل قرار گیرد. مسئله از اینجا آغاز می شود برای مدل سازی انبار موقت نیاز به اطلاعات و داده های ورودی به مدل است که چون انبار موقت در بندر فعال نیست، عملاً اطلاعات عملیاتی واقعی برای بارگیری موجود نمی باشد و همچنین برای ایجاد انبار موقت، نتایج حاصله از مدل سازی باید با شرایط کنونی مورد مقایسه قرار گیرد، با توجه به این دلایل، اول باید به مدل سازی بارگیری از انبار اصلی پرداخت و داده های مشابه را در مدل سازی انبار موقت مورد استفاده قرار داد.

در بارگیری غلات تعداد ۱۴ الی ۱۸ دستگاه کامیون در مسیر مشخص بسته ای بین انبار اصلی و اسکله برای جابه جایی حرکت می کند. فرض بر این است که مدل اصلی با ۱۴ کامیون و هر کامیون دارای دو بسکت بارگیری می باشد. این کامیون ها در انبار به وسیله سه دستگاه لودر بارگیری می شود. هر کامیون باری برابر با ۲۴ تن داشته و فاصله ۸ کیلومتری بین انبار تا اسکله را در حالت پر با سرعت ۳۲ کیلومتر در ساعت و در حالت خالی با سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت طی می کند. وقتی که کامیون ها به اسکله می رسند عمل تخلیه بسکت های غلات توسط ۴ کرین کشتی انجام می شود. تمام جزئیات زمانی یک سیکل کامل حرکت کامیون ها برای انجام عملیات بارگیری غلات به کشتی به عنوان اطلاعات اولیه مورد استفاده قرار می گیرد. تاخیر در حرکت کامیون ها زمانی اتفاق می افتد که آن ها در اسکله و انبار، در صف منتظر تخلیه و یا بارگیری باشند. طول صف و یا مدت انتظار کامیون ها بستگی به عوامل متعددی از جمله تعداد در دسترس کامیون، کرین کشتی و لودر بارگیری کننده به کامیون در انبار دارد. میزان بهره برداری از کامیون ها، کرین های کشتی و لودرها به عنوان معیارهای ارزیابی، در تحلیل نتایج شبیه سازی مد نظر قرار داده می شود، اما مهم تر از همه در نظرگیری شاخص و معیار زمان حضور کشتی ها در سیستم است که به عنوان معیار اصلی در هر بندری معرف میزان عملکرد بندر می باشد. بنابر آنچه گفته شد، در طرح مسالهی تحقیق به بررسی سیستم ایجاد انبار

موقت در داخل بندر و حمل و نقل درونی غله در بندر خواهد پرداخت. شکل ۱ انتقال غلات از انبار به روی کشتی‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱: انتقال غلات از انبار به روی کشتی‌ها

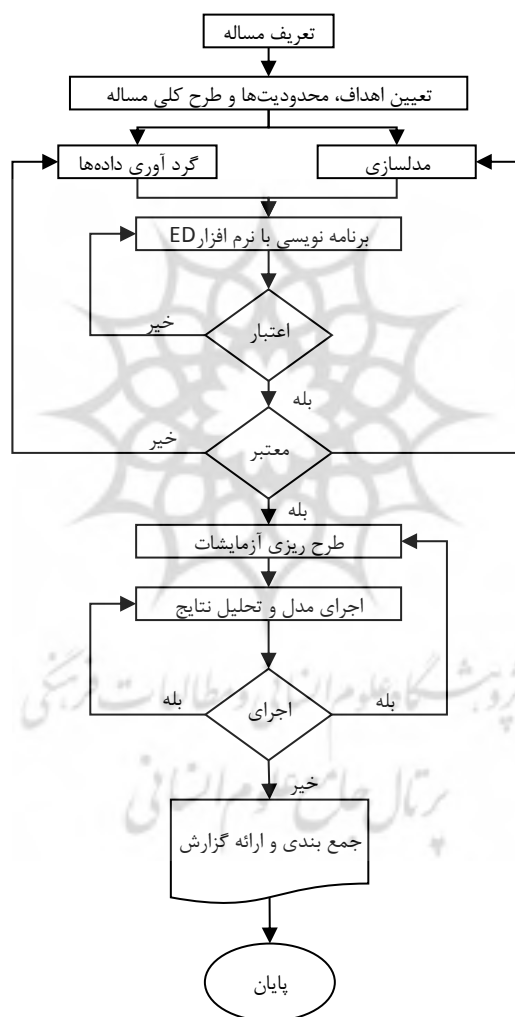
در بندر مجتمع شهید رجایی که بندر مبداء بارگیری غلات به کشتی است، از محل تولید به وسیله کامیون به انبار ذخیره و نگهداری اصلی منتقل می‌شود و در آن جا تا زمان صادرات نگهداری می‌شود، از آن جا به وسیله کامیون به اسکله انتقال و به کشتی بارگیری شود. در بندر به وسیله جرثقیل‌های کشتی، به کشتی بارگیری می‌شود. در بندر برای کم کردن زمان سیستم کشتی، بارگیری غلات بر روی کشتی باید با سرعت بالاتر و امکانات پیشرفته‌تر انجام پذیرد. بدین منظور بندر اقدام به احداث سه انبار سرپوشیده با سیستم مکانیزه بارگیری نموده است که همان انبار موقت غلات در بندر قبل از بارگیری به کشتی می‌باشد. ظرفیت این انبارها حدود ۱۲۰ هزار تن است. زمان سیستم کشتی از مهم‌ترین شاخص‌های عملکردی بندر محسوب می‌شود. طولانی شدن زمان حضور کشتی در بندر می‌تواند موجب هزینه‌هایی برای صاحبان بنادر شود بنابراین کاهش این شاخص به پایین‌ترین مقدار ممکن، از اولین اهداف مدیران بنادر است. در این خصوص اجرایی کردن نظام مناسب جهت جابه‌جایی غلات درون بندر و استفاده بهینه از منابع و تجهیزات می‌تواند کمک شایانی به کاهش این زمان داشته باشد. همان‌طور که کم شدن زمان سیستم کشتی‌ها از مهمترین اهداف مدیران در بنادر اشاره شد، می‌توان گفت که ارتباط بین انبار غله و اسکله از مهمترین مسائل حیاتی در برنامه‌ریزی بنادر غله می‌باشد تا بتواند شاخص عملکرد مورد نظر را که زمان سیستم کشتی است به



پایین ترین مقدار ممکن برساند. در این مطالعه برای رسیدن به اهداف مد نظر، مدیر بندر به بررسی انبار موقت در بندر و تاثیر آن بر عملکرد بندر را با استفاده از روش مدل سازی می پردازد.

### مدل سازی شبیه سازی

پس از اینکه مساله را در بخش ۳ تشریح کردیم، قصد داریم تا با رویه ای که در شکل ۲ قابل مشاهده است اقدام به جمع آوری داده ها، تحلیل آنها، مدل سازی، اعتبار سنجی و تحلیل نتایج کنیم.



شکل ۲: رویه ای انجام شبیه سازی

## جمع‌آوری داده‌های ورودی و تحلیل آن‌ها

اطلاعات و داده‌های مدل، از ثبت داده‌ها در سیستم‌های کنترلی و آماری بندر شهید رجایی، از قبیل داده‌های مربوط به ورود کشتی‌ها، زمان‌های ماندگاری کشتی‌ها در بندر و اطلاعات بارگیری غله، جمع‌آوری شد. اما آنجا که داده‌های ثبت شده وجود نداشت و یا با هزینه همراه بود سعی شد از مشاهدات مستقیم در عملیات‌ها استفاده شود. البته پس از تحلیل این داده‌ها برای تصدیق آنها از نظر کارشناسان عملیات بندر شهید رجایی و پیمانکاران مربوطه نیز بهره گرفته شده است. در این تحقیق برای برقراری تست‌های برازندگی و برای رسیدن به مناسب‌ترین توابع توزیع و تحلیل‌های آماری مورد نیاز از نرم افزار Easy fit<sup>۵,۲</sup> استفاده شده است.

برای شروع مدل‌سازی داده‌های ورودی مربوط به غله از جمله نرخ ورود روزانه و فرآیند بارگیری کامیون‌ها در انبار غله به وسیله لودر جمع‌آوری شد. اطلاعات زمان سنجی فرآیند بارگیری کامیون‌ها توسط لودرها به دست آمد و با توجه به آزمون‌های آماری، مشخص گردید که زمان بارگیری کامیون‌ها توسط لودرها از تابع توزیع نرمال با میانگین ۶۱۶,۱۳ ثانیه و انحراف معیار ۴۹,۰۹ پیروی می‌کند.

همچنین زمان تخلیه یک بسکت توسط کرین کشتی از تابع توزیع نمایی با میانگین ۳۲۵ ثانیه پیروی خواهد کرد. نرخ ورود کشتی‌ها به بندر برای بارگیری غله سالیانه تعداد ۱۲ کشتی است. با توجه به این تعداد کم، بدست آوردن نرخ ورود کشتی‌ها کمی دشوار است، اما می‌توان تابع توزیع زمان‌های بین ورود دو کشتی را محاسبه نمود. با آزمون برازندگی تابع توزیع لوگ نرمال مشخص شد که داده‌ها از این تابع با پارامترهای ۲۴,۵۳ و ۱۸,۰۱ پیروی می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت که کشتی‌های ورودی به بندر با متوسط زمان بین دو ورود ۲۴,۵۳ روز و با پیروی از تابع توزیع لوگ نرمال وارد بندر می‌شوند. آمار بارگیری کشتی‌ها با توجه به آمار موجود در خصوص کشتی‌های وارد شده به بندر در سه سال اخیر و میزان بارگیری هر یک مشخص گردید. ظرفیت هر کشتی که به منظور بارگیری غله در بندر حاضر

می شود از تابع توزیع یونیفورم با پارامترهای ۱۳۹۶۱ و ۳۶۵۸۱ پیروی می کند (باورصاد و منیدری، ۱۳۹۲)

### فرضیات مدل

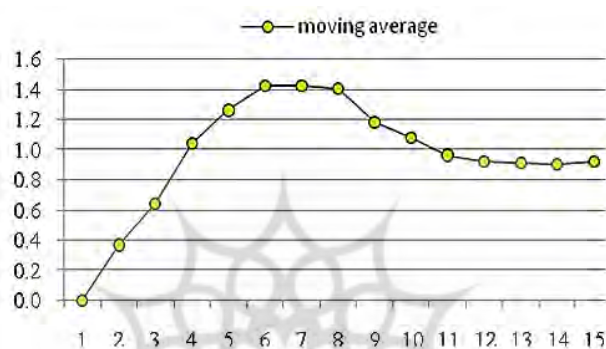
فرضیاتی که در ساخت مدل در نظر گرفته شده اند بدین صورت می باشد:

- ۱- استراتژی انتخاب کامیون ها برای بارگیری بدین صورت است که با وجود تعداد  $N$  کامیون در مدل، اولین کامیونی که در حال حاضر در جلو صف است برای بارگیری استفاده می شود، اگر کامیون اول در حال خدمت بود، به سراغ کامیون بعدی خواهدرفت و این کار تا کامیون  $N$  ام تکرار خواهد شد و در صورتی که کامیون خالی برای بارگیری یافت نشد مجدداً این سیکل از ابتدا شروع می شود.
- ۲- در عمل تعداد مشخصی کامیون به هر کرین کشتی برای عملیات تخلیه اختصاص داده می شود، اما در مدل ارائه شده فرض شده تمامی کرین ها به صورت مشترک می توانند به تمامی کامیون ها خدمت دهی کنند. این کار باعث افزایش میزان استفاده از کامیون ها و کرین ها خواهد شد.
- ۳- فرض بر این است که در مسیر حرکت کامیون ها ترافیک وجود ندارد.
- ۴- در عمل تعیین تعداد کرین های کشتی لازم برای هر کشتی تابع عوامل مختلفی می باشد، از جمله طول کشتی، نرخ بارگیری کرین ها، تعداد کرین موجود بر روی کشتی و تعداد انبارهای کشتی و... . با توجه به اطلاعات ثبت شده در بندر تعداد ۴ دستگاه کرین به هر کشتی اختصاص داده شده است. با توجه به این مطالب، تعداد ۴ دستگاه کرین موجود بر روی کشتی ها وجود داشته است که خدمت دهی به هر کشتی تخصیص داده شده است.

### محاسبه زمان گرم شدن مدل

در ابتدای شبیه سازی، مدل خالی و بدون هیچگونه موجودی می باشد و داده های حاصل از آن معیار مناسبی برای تحلیل نتایج حاصل از شبیه سازی نیست. برای جلوگیری از این موضوع، زمانی به عنوان دوره گرم شدن برای مدل در نظر گرفته می شود. این زمان برای گذار سیستم

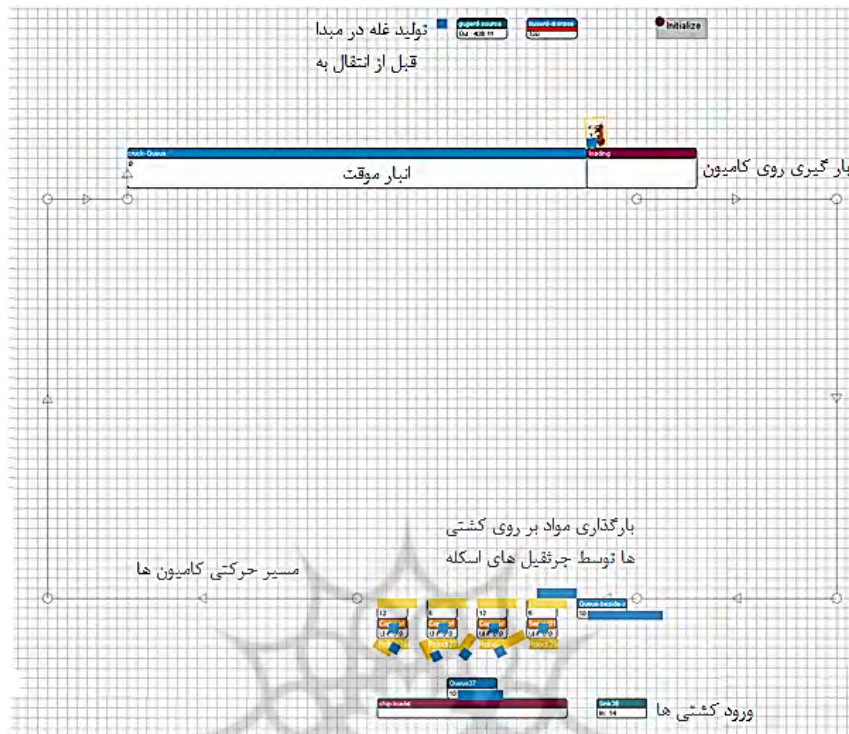
از حالت ناپایدار به حالت پایداری نسبی می‌باشد. در این مطالعه از روش ولش، برای محاسبه‌ی زمان گرم شدن مدل استفاده شده است (لاو و کلتون، ۲۰۰۰). پس از ۱۵۰ بار اجرای مدل شکل ۳ به دست آمد. مدل پس از رسیدن به ماه ۱۱ رفتار پایداری از خود در قبال شاخص در نظر گرفته شده نشان می‌دهد. بنابراین در تحلیل مدل، زمان گرم شدن را ۱۱ ماه در نظر خواهیم گرفت و داده‌های تولید شده تا قبل از این دوره را حذف خواهیم کرد.



شکل ۳: زمان گرم کردن مدل

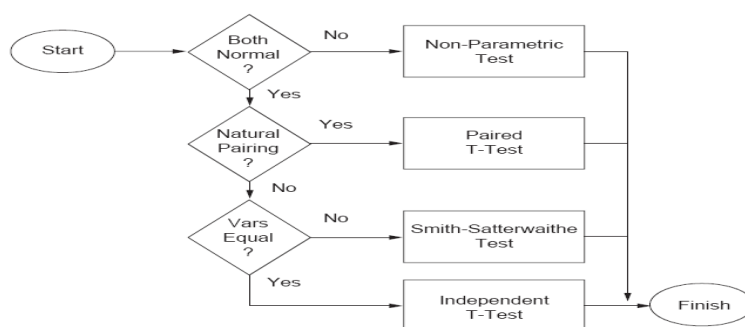
### بررسی صحت و اعتبار مدل

برای اطمینان از اجرای صحیح مدل که تمام اجزای ضروری سیستم را دارا باشد، فرآیند بررسی صحت مدل انجام می‌شود و همچنین به منظور کسب اطمینان از اینکه مدل ساخته شده با سطح قابل قبولی، ارائه دهنده‌ی سیستم واقعی باشد، فرآیند معتبرسازی انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه مدل شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار ED8.1 انجام پذیرفته و این نرم‌افزار از ابزارهای شبیه‌سازی و محیط سه بعدی بهره می‌برد، می‌توان اطمینان مناسبی از صحت مدل کسب کرد. شکل ۴ نمای ۲ بعدی از مدل را نشان می‌دهد که می‌توان جهت بررسی صحت مدل از آن بهره برد. به علاوه در مدل‌سازی هر مرحله از زیر سیستم‌های بندر، تلاش بر این بوده که خروجی‌ها با محیط واقعی متناسب باشد و فرآیند معتبرسازی به طور پیوسته انجام شده است.



شکل ۴: مدل شبیه سازی در نمای ۲ بعدی نرم افزار ED

همچنین به منظور اطمینان کامل از اعتبار مدل در این قسمت مجموعه داده‌های مدل و سیستم واقعی را با یکدیگر مقایسه خواهیم کرد. شکل ۵ مراحل انجام معتبرسازی را نشان می‌دهد (چانگ، ۲۰۰۳). بنابراین با توجه به فلوجارت ارائه شده، گام‌های بررسی اعتبار مدل به صورت زیر انجام می‌شود. قبل از انجام آزمون‌های آماری، باید مجموعه داده‌های عملکرد سیستم واقعی و مجموعه داده‌های عملکرد مدل شبیه‌سازی مشخص شوند.



شکل ۵: فلوجارت مراحل انجام معبرسازی

برای این منظور از مجموعه داده‌های ثبت شده در بندر، به عنوان مجموعه داده‌های سیستم واقعی استفاده شده است. این مجموعه داده‌ها معیار عملکرد بارگیری غله بر روی ۳۴ کشتی در ۳ سال اخیر می‌باشد. همینطور برای مجموعه داده‌های شبیه‌سازی، از معیار عملکرد بارگیری غله استفاده شده است. اول باید مشخص کرد که آیا دو مجموعه از داده‌ها، دارای توزیع نرمال می‌باشند یا خیر، برای انجام این منظور از آزمون کای مربع استفاده شده است. جدول ۱ شامل آزمون فرض‌های در نظر گرفته شده برای مشخص کردن نرمال بودن توزیع مجموعه داده‌های سیستم واقعی و مجموعه داده‌های مدل می‌باشد.

جدول ۱: آزمون فرض بررسی نرمال بودن توزیع مجموعه داده‌های معتبر سازی مدل

سیستم واقعی						مدل					
فرض صفر: مجموعه داده‌های معتبر سازی سیستم واقعی از توزیع نرمال پیروی می‌کند						فرض صفر: مجموعه داده‌های معتبر سازی مدل از توزیع نرمال پیروی می‌کند					
آزمون کای مربع						آزمون کای مربع					
درجه آزادی	۳					درجه آزادی	۶				
آماره	۰,۲۸۹۱۹					آماره	۶,۵۶				
P-Value	۰,۹۶۲۰۵					P-Value	۰,۳۶۲۸				
آلفا	۰,۲	۰,۱	۰,۰۵	۰,۰۲	۰,۰۱	آلفا	۰,۲	۰,۱	۰,۰۵	۰,۰۲	۰,۰۱
مقدار	۴,۶۴	۶,۲۵	۷,۸۱	۹,۸۳	۱۱,۳۴	مقدار بحرانی	۸,۵۵	۱۰,۶۴	۱۲,۵۹	۱۵,۰۳	۱۶,۸۱
فرض رد	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	فرض رد	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر

نتایج آزمون کای مربع نیز در این جدول آمده است. با در نظر گیری  $\alpha = 0,05$  می‌توان نتیجه گرفت دو مجموعه داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند. با توجه به این که طبیعت دو مجموعه از داده‌ها به صورت جفتی نمی‌باشد و از یکدیگر مستقل هستند، قدم بعدی مشخص کردن مشابه بودن واریانس‌های دو مجموعه از داده می‌باشد. می‌توان این فرآیند را با انجام تست F ایجاد کرد نتایج آزمون جدول ۲ نشان می‌دهد که مقدار آمار (۱,۳۳۴) کمتر از مقدار بحرانی (۱,۵۵) می‌باشد، بنابراین فرض صفر که در بردارنده‌ی مشابه بودن واریانس‌های برابر در دو مجموعه از داده‌ها می‌باشد، رد نشده و می‌توان با اطمینان ۹۵ درصد ادعا کرد که دو مجموعه داده‌ها دارای واریانس‌های یکسان می‌باشند.

جدول ۲: تست F برای مقایسه واریانس‌های مجموعه داده‌های معتبرسازی

فرض صفر: واریانس مجموعه داده‌های سیستم واقعی با واریانس مجموعه داده‌های مدل		
	مجموعه داده‌های مدل	مجموعه داده‌های سیستم
میانگین	۲۵۰۰۷,۴۴	۲۵۸۶۱,۶۸
واریانس	۶۷۲۰۲۹۱۰	۸۹۶۹۷۶۰۸
تعداد مشاهدات	۱۰۰	۳۴
درجه آزادی	۹۹	۳۳
مقدار F	۱,۳۳۴	
احتمال یکطرفه $P(F \leq f)$	۰,۱۳۹	
مقدار بحرانی F یک	۱,۵۵	

برای انجام تست T باید میانگین و انحراف استاندارد دو مجموعه از داده‌ها محاسبه شوند. این مقادیر در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: میانگین و انحراف استاندارد مجموعه داده‌های معتبرسازی

سیستم واقعی		مدل	
میانگین	۲۵۸۶۱,۶۸	میانگین	۲۵۰۰۷,۴۴
انحراف استاندارد	۹۴۷۰,۸۸	انحراف استاندارد	۸۱۹۷,۴۷

فرمول مورد نظر در این تست برای محاسبه آماره در رابطه ۱ نشان داده شده است.

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2}}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad (1)$$

بطوریکه:  $X_1$  میانگین مجموعه داده‌های سیستم واقعی،

$X_2$  میانگین مجموعه داده‌های مدل،

$n_1$  تعداد داده‌های سیستم واقعی،

$n_2$  تعداد داده‌های مدل،



$S_1^2$  واریانس مجموعه داده‌های سیستم واقعی

$S_2^2$  مجموعه داده‌های مدل

می‌باشد. جدول ۴ آزمون فرض‌های در نظر گرفته شده برای انجام تست T را به همراه نتایج این تست با در نظر گرفتن  $\alpha = 0,05$  نشان می‌دهد. نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد آماره محاسبه شده برای این تست ( $0,504$ ) در بازه‌ی ( $1,978$  و  $-1,978$ ) قرار دارد، بنابراین نمی‌توان فرض صفر را رد کرد. در نتیجه با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان ادعا کرد اختلاف آماری معنا داری میان سیستم واقعی و مدل شبیه‌سازی وجود ندارد و مدل ساخته شده معتبر می‌باشد.

جدول ۴: آزمون فرض و نتایج تست T

فرض صفر: میانگین مجموعه داده‌های سیستم واقعی و مجموعه داده‌های مدل برابرند		
	مجموعه داده‌های سیستم	مجموعه داده‌های مدل
میانگین	۲۵۸۶۱,۶۷	۴۹,۴۱۳۵
واریانس	۸۹۶۹۷۶۰۸,۵۹	۴۳۸,۵۴۴
مشاهدات	۳۴	۹۳۰
واریانس مخلوط	۷۲۸۲۶۵۸۵,۱۸	
تفاوت میانگین فرض شده	۰	
درجه آزادی	۱۳۲	
آماره t	۰,۵۰۴	
یک طرفه $P(T \leq t)$	۰,۳۰۷	
مقدار t بحرانی یک طرفه	۱,۶۵۶	
دو طرفه $P(T \leq t)$	۰,۶۱۵	
مقدار t بحرانی دو طرفه	۱,۹۷۸	

## طراحی آزمایشات و تحلیل نتایج شبیه‌سازی ایجاد انبار موقت

در تحلیل نتایج مدل شبیه‌سازی برای ایجاد انبار موقت، قصد این است تا با انجام آزمایشات مناسب به بررسی طرح ایجاد انبار موقت برای تخلیه‌ی غله بپردازیم. انتقال غله از انبار به اسکله در حال حاضر به صورت مستقیم انجام می‌پذیرد و نگرشی در خصوص اجرا یا عدم اجرای طرح انبار موقت در بندر وجود ندارد. بنابراین مطالعه حاضر با مدل‌سازی فرآیند گردش غله در بندر، می‌تواند به عنوان یک مدل پشتیبان تصمیم، مدیران بندر را با مزایا و یا معایب طرح بافر موقت آشنا کرده و توان تصمیماتی آنها را در اتخاذ تصمیم مناسب را افزایش دهد. به منظور بررسی طرح انبار موقت، از طراحی آزمایشات برای مقایسه‌ی دو گزینه استفاده خواهیم کرد:

گزینه‌ی اول: سیستم واقعی موجود در بندر می‌باشد که از سیاست انتقال مستقیم غله از انبار به کشتی بهره می‌برد.

گزینه‌ی دوم: سیستمی است که با سیاست استفاده از فضای انبار موقت، قصد دارد تا غله ارسالی از انبار را در فضای انبار موقت قرار داده و سپس آنها را به کشتی منتقل کند. در آزمایشات طراحی شده به منظور مقایسه دو طرح، با ثابت نگه داشتن تمامی عوامل تنها قصد بررسی یک عامل را خواهیم داشت. این عامل سیاست بارگیری غله از انبار و انتقال به انبار موقت می‌باشد. از طراحی آزمایشات تک عامله با سیاست عملیاتی انبار موقت و وجود سیستم فعلی استفاده خواهیم کرد.

به منظور مقایسه‌ی دو گزینه‌ی پیش رو با توجه به عامل ذکر شده در گام دوم، قصد این است تا خروجی‌های دو گزینه را با توجه به معیارهای زیر مورد تحلیل قرار دهیم:

۱- نرم بارگیری غله در اسکله

۲- زمان حضور کشتی‌ها در سیستم

این معیارها عملکرد خروجی سیستم را که به عنوان شاخص‌های مهم در تحلیل عملکرد بنادر محسوب می‌شوند، شامل می‌شود.

نوع سیستم شبیه سازی مورد استفاده در این مقاله، سیستم پایان پذیر می باشد. همچنین تعداد تکرارهای مورد نیاز برای اجرای آزمایشات برای دو معیار عملکردی نرم بارگیری غله در اسکله و معیار مدت زمان حضور کشتی ها در سیستم، محاسبه خواهد شد. ابتدا نتایج ۱۰ تکرار اولیه از مدل را با دوره‌ی زمانی یکساله و زمان گرم شدن ۱۱ ماه، برای محاسبه‌ی معیار نرم بارگیری مطابق جدول ۵ گزارش می کنیم. تحلیل این داده‌ها به منظور تعیین تعداد تکرار مورد نیاز برای اجرای شبیه سازی، در جدول ۶ آمده است.

جدول ۵: نتایج ده تکرار اولیه از معیار نرم بارگیری

شماره تکرار	نرم بارگیری (تن / ساعت)	شماره تکرار	نرم بارگیری (تن / ساعت)
۱	۱۶۳	۶	۱۵۳
۲	۱۵۲	۷	۱۶۴
۳	۱۷۶	۸	۱۲۹
۴	۱۴۳	۹	۱۴۳
۵	۱۲۶	۱۰	۱۴۵

جدول ۶: تحلیل داده‌های تکرار اولیه

میانگین	۱۴۹
انحراف استاندارد	۱۵,۶۰
آلفا	۰,۰۵
تعداد	۱۰
مقدار $t_{\alpha/2,0.025,9}$	۲,۲۶۲
خطای استاندارد	۱۱,۱۶
دقت نسبی	۰,۰۷۵

مقدار محاسبه شده برای دقت نسبی مطابق جدول فوق (۰/۰۷۵) و کوچکتر از ۰/۱ می باشد. بنابراین تعداد ده تکرار برای انجام آنالیزهای آماری مناسب بوده و نیازی به انجام تکرارهای

بیشتر نمی‌باشد. در خصوص معیار عملکرد زمان حضور کشتی‌ها در سیستم نیز نتایج حاصل از ده بار تکرار اجرای شبیه‌سازی با دوره‌ی زمانی یکساله و زمان گرم شدن ۱۱ ماه محاسبه شد. با تحلیل مقادیر داده‌های مربوط به ده تکرار اولیه، مقدار دقت نسبی برابر ۰/۰۵۵ می‌باشد. با توجه به اینکه این مقدار از عدد ۰/۱ کوچکتر می‌باشد، نیازی برای انجام آزمایشات مجدد دیده نمی‌شود و همان تعداد ده تکرار اولیه برای آنالیز آماری مناسب می‌باشد.

در پروژه‌های شبیه‌سازی برای مقایسه دو گزینه، می‌توان از آزمون فرض‌ها و یا فاصله‌های اطمینان بهره گرفت. با استفاده از آزمون فرض‌ها تنها می‌توان فرض صفر در نظر گرفته شده را رد و یا قبول کرد. معمولاً فرض صفر بیان‌کننده‌ی عدم وجود اختلاف میان دو گزینه‌ی مورد بررسی است و فرض متناظر آن وجود اختلاف بین دو گزینه را بیان می‌کند. اگرچه استفاده از آزمون فرض‌ها بیان‌کننده‌ی وجود یا عدم وجود اختلاف میان دو گزینه می‌باشد، اما آنچه معمول است، استفاده از فواصل اطمینان برای مقایسات بین دو گزینه می‌باشد.

دیدگاه استفاده از فاصله اطمینان در واقع تغییر یافته دیدگاه استفاده از آزمون فرض می‌باشد و در حقیقت بیانگر بازه‌ای است که انتظار می‌رود اختلاف موجود میان دو گزینه در آن یافت شود. معمولاً برای این منظور از یک فاصله اطمینان ۹۵ درصدی استفاده می‌شود. اگر دو مدل از لحاظ آماری با یکدیگر مشابه باشند، انتظار می‌رود اختلاف میان مقادیر میانگین تکرارها برابر صفر بوده و بازه‌ی اطمینان، مقدار صفر را پوشش دهد. در غیر این صورت گواهی مبنی بر وجود تشابه بین دو گزینه وجود ندارد و مدل‌ها از لحاظ آماری یکسان نیستند.

در این مطالعه به منظور مقایسه دو گزینه‌ی مطرح شده، از روش فاصله اطمینان و لش استفاده می‌شود (چانگ، ۲۰۰۳). یکی از خصوصیات مهم این روش، عدم نیاز به بررسی تشابه واریانس دو مجموعه از داده‌ها می‌باشد، در صورتی که در قسمت معتبرسازی مدل یکی از موارد مهم مورد توجه در مقایسه‌ی میانگین‌های دو مجموعه، یکسان بودن واریانس‌ها در دو گزینه بود. روش فاصله اطمینان و لش، بدترین حالت از عدم تشابه میان واریانس‌های دو مجموعه از داده‌ها را فرض می‌کند.

ابتدا میانگین و انحراف استاندارد هر یک از دو مجموعه داده‌ها را محاسبه می‌شود. سپس درجه آزادی را با استفاده از تست اسمیت - ستروایت و به شکل رابطه ۲ محاسبه خواهد شد.

$$d.f = \frac{[s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2]^2}{\frac{[s_1^2/n_1]^2}{n_1-1} + \frac{[s_2^2/n_2]^2}{n_2-1}} \quad (2)$$

به طوریکه:  $S_1^2$  واریانس نمونه‌های گزینه اول،

$S_2^2$  واریانس نمونه‌های گزینه دوم،

$n_1$  اندازه نمونه گزینه اول

$n_2$  اندازه نمونه گزینه دوم است.

درجه آزادی محاسبه شده باید یک عدد صحیح باشد، در صورتی که عدد حاصله اعشاری باشد آن را به نزدیکترین عدد صحیح کوچک‌تر، گرد خواهد شد. برای محاسبه‌ی فاصله اطمینان به روش ولش از رابطه‌ی ۳ استفاده می‌شود.

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \pm t_{d.f., 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (3)$$

به طوریکه:  $X_1$  میانگین تکرارهای گزینه اول،

$X_2$  میانگین تکرارهای گزینه دوم

$t$  مقدار توزیع  $t$  برای درجه آزادی محاسبه شده‌ی بالا و  $1-\alpha/2$  است.

مقدار فاصله اطمینان را در قالب یک بازه با مینیمم و ماکزیمم نشان داده می‌شود، که این بازه بیانگر میزان اختلاف بین دو گزینه می‌باشد. اگر این بازه شامل مقدار صفر باشد از لحاظ آماری تفاوت معناداری میان دو گزینه وجود ندارد و غیر این صورت یک تفاوت معنادار

میان دو گزینه وجود خواهد داشت. با استفاده از روش فاصله‌ی اطمینان با در نظر گیری معیار نرم غله در اسکله، دو گزینه‌ی مطرح شده در طرح انبار موقت را بررسی کرده و از وجود اختلاف و یا عدم اختلاف آماری میان این دو گزینه اطمینان حاصل خواهیم کرد.

جدول ۷: داده‌ها و نتایج حاصل از اجرای روش ولش برای تعیین فاصله اطمینان نرم تخلیه و بارگیری

گزینه‌ها	میانگین	واریانس	تعداد
سیستم واقعی : ۱	۱۲۹	۳۳,۰۵	۲۹
انبار موقت : ۲	۱۴۹	۱۵,۶	۱۰
درجه آزادی	۳۳,۰۰۵		
مقدار گرد شده‌ی درجه آزادی	۳۳		
مقدار $t_{\alpha/2,0.025,33}$	۲,۰۴۲		
فاصله اطمینان ولش	حد پائین	-۳,۹۲	
	حد بالا	-۳۶,۰۸	

داده‌ها و نتایج حاصل از اجرای روش ولش برای تعیین فاصله اطمینان به صورت جدول ۷ است: فاصله‌ی اطمینان (-۳,۹۲ و -۳۶,۰۸) در بردارنده‌ی مقدار صفر با در نظر گرفتن  $\alpha=0,05$  نمی‌باشد. بنابراین دو گزینه از نظر آماری دارای اختلاف معناداری می‌باشند. اما از آنجا که بالاتر بودن مقدار معیار نرم بارگیری، موجب مطلوبیت می‌شود و با توجه به اینکه این معیار در گزینه‌ی دوم یعنی طرح انبار موقت از مقدار بالاتری برخوردار می‌باشد، می‌توان گزینه‌ی دوم را به عنوان گزینه‌ی پیشنهادی از نظر معیار نرم بارگیری در اسکله ارائه کرد.

جدول ۸: مقایسه‌ی معیار نرم بارگیری طرح انبار موقت با شرایط قبل از اجرای طرح

ردیف	شرح معیار	در حال حاضر	میانگین خروجی شبیه‌سازی برای استراتژی انبار موقت
۱	تعداد کشتی‌های خارج شده از بندر	۱۲	۱۳,۳
۲	زمان حضور کشتی‌ها در سیستم (ساعت)	۲۰۰	۱۸۱
۳	نرم بارگیری غله (تن در ساعت)	۱۲۹	۱۴۳
۴	میزان صادرات غله یا بارگیری بر	۳۰,۹۶۰۰	۳۵,۷۶۰۰

به منظور تحلیل جزئیات بیشتری از اجرای شبیه‌سازی، در قبل و بعد از اجرای طرح اطلاعات موجود در جدول ۸ تحلیل خواهد شد، که اجرای انبار موقت می‌تواند به بهبود معیار نرم بارگیری برای هر کشتی کمک کند. با توجه به ردیف ۳ این جدول، میانگین نرم واقعی عملیات بارگیری بر روی هر کشتی از مقدار ۱۲۹ تن غله در ساعت، به مقدار ۱۴۳ تن در ساعت ارتقاء یافته است که نشان دهنده‌ی ۱۱ درصد بهبود در نرم عملیات بارگیری کشتی‌ها می‌باشد. این افزایش نرم به معنای افزایش سرعت خدمت‌رسانی به کشتی‌ها محسوب شده و توانسته است میانگین زمان خدمت‌دهی به کشتی‌ها را از مقدار ۲۰۰ ساعت به مقدار ۱۸۱ ساعت برساند. این کاهش زمان خدمت‌دهی به کشتی‌ها و افزایش سرعت خدمت‌رسانی به آنها موجب شده تا تعداد کشتی‌های خدمت داده شده در طرح انبار موقت در طول یک‌سال به عدد ۱۳,۳ کشتی برسد. برای تحلیل این وضعیت، هنگامی که نرخ خدمت‌دهی به کشتی‌ها افزایش پیدا می‌کند، به طبع آن تعداد مشتریان خارج شده از سیستم نیز افزایش یافته و این امر به معنای افزایش پاسخگویی به تقاضای مشتریان می‌باشد. در حقیقت ارتقاء نرم بارگیری پس از اجرای طرح انبار موقت به این دلیل است که با ایجاد بافر موقت در نزدیکی اسکله، سرعت خدمت‌رسانی به کشتی‌ها افزایش یافته است. تعداد کشتی‌های خدمت داده شده در طول یکسال از مقدار ۱۲ کشتی به تعداد ۱۳,۳ کشتی افزایش پیدا کرده، این افزایش نشان دهنده‌ی ایجاد فرصت بالقوه برای ارائه خدمات بیشتر به کشتی‌های وارده به بندر بوده و می‌توان از این

فرصت به منظور افزایش حجم صادرات استفاده کرد، برای این منظور با توجه به اینکه در حال حاضر تعداد ۱۲ کشتی در طول یکسال خدمت داده شده‌اند و میانگین مدت زمان خدمت دهی به هر کشتی برابر با ۲۰۰ ساعت بوده و در هر ساعت به میزان ۱۲۹ تن غله در کشتی بارگیری می‌شود. حجم عملیات مقداری تقریباً برابر با ۳۰۹۶۰۰ تن غله در سال می‌باشد. این حجم عملیات پس از اجرای طرح انبار موقت در حدود ۳۵۸،۰۰۰ تن غله است که در حقیقت بیان‌کننده‌ی ۱۵٫۵ درصد افزایش در حجم عملیات بارگیری می‌باشد.

همچنین می‌خواهیم مشابه تحلیل طرح انبار موقت با در نظرگیری معیار نرم بارگیری غله در اسکله، این بار با در نظرگیری معیار زمان حضور کشتی‌ها در سیستم، دو گزینه‌ی مطرح شده در طرح انبار موقت را بررسی کرده و از وجود یا عدم وجود اختلاف آماری میان این دو طرح اطمینان حاصل کنیم. داده‌ها و نتایج حاصل از اجرای روش ولش برای تعیین فاصله اطمینان به صورت جدول ۹ می‌باشد.

جدول ۹: داده‌ها و نتایج حاصل برای تعیین فاصله اطمینان مدت زمان حضور کشتی‌ها در سیستم

تعداد	واریانس	میانگین	گزینه‌ها
۲۹	۲۸	۲۰۰	سیستم واقعی : ۱
۱۰	۱۳,۹۲	۱۸۱	انبار موقت : ۲
		۳۱,۷۶	درجه آزادی
		۳۱	مقدار گرد شده‌ی درجه آزادی
		۲,۰۴۲	مقدار $t_{\alpha/2,0.025,31}$
	۵,۰۹	حد پائین	فاصله اطمینان ولش
	۳۲,۹۱	حد بالا	

فاصله‌ی اطمینان (۵,۰۹ و ۳۲,۹۱) در بردارنده‌ی مقدار صفر با در نظر گرفتن  $\alpha = 0,05$  نمی‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دو گزینه از نظر آماری دارای اختلاف معناداری می‌باشند. اما از آنجا که پایین‌تر بودن مقدار معیار زمان حضور کشتی در سیستم، موجب مطلوبیت می‌شود و با توجه به اینکه این معیار در گزینه‌ی طرح انبار موقت از مقدار پایین‌تری برخوردار می‌باشد،



می توان این گزینه‌ی را به عنوان گزینه‌ی پیشنهادی از نظر معیار مدت زمان حضور کشتی در سیستم ارائه کرد. نتایج شبیه‌سازی برای بررسی طرح انبار موقت، حاکی از کاهش زمان حضور در سیستم کشتی به میزان ۱۹ ساعت می‌باشد. با گذر بر نتایج حاصل از افزایش تعداد ۶ کامیون به ناوگان حمل و نقل غله درون بندر از انبار اصلیکه زمان حضور در سیستم کشتی‌ها را به میزان ۵۰ ساعت کاهش می‌داد، می‌توان استنباط کرد که خروجی طرح انبار موقت چیزی حدود ۵۰ درصد از سرمایه‌گذاری برای خرید ۶ کامیون را جبران خواهد کرد. بنابراین می‌توان از طرح انبار موقت به عنوان یکی از راه‌کارهای افزایش حجم عملیات غله در بندر و به عنوان یکی از برنامه‌های افزایش پاسخگویی به تقاضای مشتریان، یاد کرد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به اینکه در حال حاضر انتقال مواد غله به اسکله برای بارگیری روی کشتی به صورت مستقیم انجام می‌شود، عمده تمرکز این مقاله بر اساس رفع این مشکل از طریق ایجاد انبار موقت می‌باشد که در بندر وجود ندارد. این مقاله سعی بر تشریح نگرش ایجاد انبار موقت و تاثیر آن بر روی شاخص‌های عملکردی بارگیری و انتظار کشتی‌ها داشت. بنابراین مطالعه حاضر با مدل‌سازی فرآیند گردش غله در بندر، به عنوان یک مدل پشتیبان تصمیم، مدیران بندر را با مزایا و یا معایب طرح بافر موقت آشنا کرد تا بتوانند توان تصمیماتی مناسبی برای اجرا یا عدم اجرای انبار موقت داشته باشند. اجرای این طرح به دلیل نیاز به تسطیح زمین، مکانیزم‌های انبارش، وسایل جابجایی مناسب و غیره و نیازمند سرمایه‌گذاری حدود ۷۵ میلیارد ریال در زمان تحقیق را داشت که مدیران از میزان تاثیر واقعی آن بر عملکرد سیستم بی اطلاع بودند. این تحقیق با بهره‌گیری از تکنیک شبیه‌سازی نشان داد در صورت توسعه انبار موقت در گمرک، در نتیجه‌ی مقایسات از خروجی مدل‌های شبیه‌سازی، در طرح بافر موقت تعداد کشتی‌های خارج شده از بندر از ۱۲ کشتی به ۱۳٫۳ کشتی در سال افزایش داشته، زمان حضور کشتی‌ها در سیستم از ۲۰۰ به ۱۸۱ ساعت کاهش یافته و نرم بارگیری غله از ۱۲۹ به

۱۴۳ تن در ساعت افزایش پیدا کرده است. به غیر از مسایل بازاریابی و این که گمرک هر کشور موظف است در کمترین زمان ممکن به کشتی‌ها سرویس ارایه نماید، به ازای هر ساعت اضافه بر نورم بین‌المللی ۱۳۰ ساعت، بنادر باید شرکت‌های کشتیرانی جریمه‌ای حدود ۱۲۰۰۰ دلار پرداخت نمایند. کاهش زمان بارگیری به میزان متوسط ۱۹ ساعت برای هر کشتی می‌تواند متوسط هزینه خسارت پرداختی به هر کشتی را ۲۸,۵۰۰ دلار کاهش دهد. از سوی دیگر افزایش طرفیت خدمت دهی سیستم از ۱۲۹ تن به ۱۴۳ تن (حدود ۱۱٪) در ساعت، می‌تواند موجب افزایش درآمد بندر در سرویس دهی به مشتریان باشد.

به عبارتی زمانی که طرح بافرموقت برای انتقال مواد غله ایجاد می‌شود، حجمی از مواد غله در کنار اسکله جهت بارگیری بر روی کشتی ایجاد می‌شود در نتیجه بارگذاری مواد بر روی کشتی‌ها بدون انتظار انجام شده و کشتی سریعتر بارگیری شده و ترخیص می‌شود. این مطلب معادل کاهش زمان حضور کشتی‌ها در سیستم می‌باشد. از طرفی هنگامیکه کشتی‌ها سریعتر خدمت‌رسانی شوند، بندر قادر خواهد بود تعداد بیشتری کشتی در طول یک دوره‌ی زمانی مشخص را خدمت‌رسانی کند و در نتیجه حجم صادرات افزایش می‌یابد. بنابراین بعد از اجرای طرح انبار موقت، نرم بارگیری ۱۱ درصد بهبود پیدا کرده و میزان بارگیری غله به کشتی و صادرات از ۳۰۹۶۰۰ به ۳۵۷۶۰۰ تن در سال افزایش یافته است که در حقیقت بیان‌کننده‌ی ۱۵,۵ درصد افزایش در حجم عملیات بارگیری می‌باشد.

جهت تحقیقات آتی می‌توان مدل‌های مکانیزه و با استفاده از نوار نقاله‌ی انتقال مواد به روی کشتی‌ها بررسی شود و نتایج آن با مدل‌های فعلی مورد مقایسه قرار گیرد. همچنین تعداد بهینه‌ی وسایل حمل و نقل مواد غله، وسایل و تجهیزات بارگیری و تخلیه بار نیز می‌تواند به عنوان یک پژوهش دیگر مورد تحقیق قرار گیرد. از طرف دیگر می‌توان تمام موارد ذکر شده را در قالب یک سیستم جامع شبیه‌سازی کرد تا تمامی جزئیات در ارتباط با یکدیگر در قالب سیستم مورد بررسی قرار گیرند. به عبارت دیگر بهینه‌سازی یک بندر زمانی به واقعیت و نتایج اثر بخش نزدیک می‌شود که تمامی متغیرهای اثرگذار قابل کنترل بهینه‌سازی شوند. همچنین با توجه به ایجاد آلودگی‌های انبارهای روباز و سیستم بارگیری سنتی، ضروری به نظر

می‌رسد ایجاد انبارهای مکانیزه و انتقال مواد مورد بررسی واقع شوند. از سوی دیگر پیشنهاد می‌شود مفاهیم نوینی نظیر انبارهای متقاطع در زنجیره‌های تامین با هدف کمینه بودن سطح موجودی در حال خدمت مورد بررسی قرار گیرند.

### قدردانی و تشکر

این پژوهش از طریق اجرای یک طرح پژوهشی با دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین انجام شده و تمامی حقوق مادی و معنوی آن متعلق به این دانشگاه می‌باشد.



## منابع:

باورصاد، پرویز. منیدری، علی. (۱۳۹۲). یک مدل شبیه‌سازی برای حمل و نقل گوگرد در بندر خدماتی پارس. اولین همایش ملی فناوری‌های نوین دریایی، نوشهر، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی ره، ۱۳۹۲.

جهرمی نژاد، حمید. (۱۳۹۲). جایگاه امور بندری در عملیات. [www.shahidrajaeport.pmo.ir](http://www.shahidrajaeport.pmo.ir).

قنبری، محمد رضا. (۱۳۸۹). مدل‌سازی ناوگان حمل و نقل درونی بندر کانتینری شهید رجایی بر پایه تئوری صف و شبیه‌سازی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع. دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

Bruzzone, A., And Signorile, R. (1998). *Simulation and genetic algorithms for ship planning and shipyard layout*, *Simulation*, 71(2), 74-83.

Chung , Ch . A .(2003), *Simulation modeling handbook : a practical approach* , *CRC press, Inc.* Boca Raton, FL, USA, ISBN 0-8493-1241-8

Collier, P. I. (1980). *Simulation as an aid to the study of a port as a system*. *Ship Operation Automation*, 3, 51-60.

El Sheikh, A. R., Paul, R. J., Harding, A. S., Balmer, D. W. (1987). *A Microcomputer- Based Simulation Study of a Port*. *The Journal of the Operational Research Society*, 38 (8), 673-681.

Gamal Abd El-Nasser A. Said, Abeer M. Mahmoud, El-Sayed M. El-Horbaty. (2014), *Simulation and optimization of container terminal operations: a case study*, *International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology Research (IJCSEITR)*, Vol.4, Issue 4 ,pp.85-94

Gamal Abd El-Nasser A. Said, El-Sayed M. El-Horbaty. (2015), *A Simulation Modeling Approach for Optimization of Storage Space Allocation in Container Terminal*, *International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering* Vol:9 No:1, pp. 168-173.

Junliang He, Youfang Huang, Wei Yan, Shuaian Wang.(2015), *Integrated internal truck, yard crane and quay crane scheduling in a container terminal considering energy consumption*, *Expert Systems*

with Applications, Volume 42, Issue 5, Pages 2464-248.

Law, A.M., And Kelton, W.D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd Ed. New York: McGraw Hill.

Massei. M, Tremori. A, Poggi. S, Nicoletti. L, (2013). *HLA-based real time distributed simulation of a marine port for training purposes*, Int. J. simulation and process modeling, Vol. 8, No. 1, pp. 42-51.

Nevins, M. R., Macal, C. M., Love, R. J., And Bragen, M. J. (1998). *Simulation, animation, and visualization of seaport operations*, Simulation, 71 (2) 96-106.

Ramani, K. V. (1996). *An interactive simulation model for the logistics planning of container operations in seaports*, Simulation, 66 (5), 291-300.

Rida, M. (2014). Modeling and Optimization of Decision-Making Process During Loading and Unloading Operations at Container Port. *Arabian Journal for Science and Engineering*. V 39, Issue 11, pp 8395-8408.

Rossetti M.D., Hill R.R., Johansson B. , Dunkin A., and Ingalls R.G., (2009), "A BRIEF INTRODUCTION TO OPTIMIZATION VIA SIMULATION", Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, 75-85.

Tahar, R. M., And Hussain, K. (2000). *Simulation and analysis for the Kelang container terminal*, Logistics Information Management, 13 (1), 14-20.

Tugeu, S. (1983). *A simulation study on the determination of the best investment plan for Istanbul seaport*, Journal of the Operational Research Society, 34 (6), 479- 487.

UNCTAD. (2010, 2011, 2012). *Review of maritime transport*. Geneva: UNCTAD.

Young-Tae Chang , Jose Tongzon , Meifeng Luo , Paul Tae-Woo Lee. (2012), *Transport Reviews*, Vol. 32, Iss. 2, pp. 241-258.