یک مدل شبیه سازی برای حمل و نقل گوگرد در بندر خدماتی پارس

علی منیدری[۱]، پرویز باورصاد[*۲]

چکیده

بندر خدماتی پارس برای واردات و صادرات تجهیزات و محصولات پالایشگاهی، درمنطقه‌ی ویژه‌ی اقتصادی انرژی پارس احداث و به بهره‌برداری رسیده و هم اکنون یکی از نقاط استراتژیک منطقه به‌شمار می‌آید. این بندر برای حفظ بقای خود در فضای رقابتی و رسیدن به سود و منفعت پایدار، نیازمند استفاده بهینه از تجهیزات بندری می‌باشد، بنابراین یک نیاز پیوسته برای بهینه‌سازی تجهیزات در بندر احساس می‌شود. حال این پرسش مطرح است که بندر، چه استراتژی برای مدیریت ترمینال‌ها بکار ببرد تا بقای خود را در بازارهای رقابتی تضمین نماید؟ این مقاله، یک مدل شبیه‌سازی را برای بهینه‌سازی حمل ونقل گوگرد فله در محوطه داخلی بندر ارائه می‌کند. در این مدل‌سازی قصد داریم تابا رویکردی جدید از تئوری صف و با به کار-گیری تکنیک شبیه‌سازی، گردش کامیون‌های حامل گوگرد را میان اسکله و انبار گوگرد، بررسی کنیم. این مدل جابه‌جایی کامیون‌ها از انبار گوگرد به ساحل را به نمایش در خواهدآورد و با استفاده از زمان‌های تخلیه و بارگیری کامیون‌ها، زمان جابه‌جایی و زمان انتظار در صف‌های تخلیه و بارگیری، به بهینه سازی تعداد کامیون‌های مورد نیاز برای جابه‌جایی گوگرد خواهد پرداخت .

نتایج این مدل نشان خواهد داد که بهینه‌سازی حمل و نقل گوگرد ما بین انبار و اسکله ، زمان‌های انتظار کامیون‌ها در صف را کاهش داده و به طبع آن افزایش عملکرد سیستم را ایجاد می‌کند.

در این مقاله تلاش شده‌است تا با یکپارچه‌سازی زیر سیستم‌های حمل ونقل گوگرد در بندر و تکیه بر جزئیات تجهیزات حمل ونقل مدلی منطبق با سیستم واقعی حمل ونقل گوگرد میان انبار گوگرد و بندر ایجاد شود. با تحلیل نتایج مدل تعداد بهینه کامیون‌های مورد نیاز جهت حمل ونقل محاسبه خواهد شد که در پی آن افزایش ظرفیت حمل ونقل گوگرد را نمایان‌گر خواهد بود. همچنین از نتایج دیگر مدل شبیه‌سازی تحلیل حساسیت افزایش تقاضا برای بارگیری گوگرد می‌باشد که می‌توان از این نتایج برای برنامه‌ریزی استراتژیک بندر و بررسی سرمایه گذاری‌های آتی بهره‌برد. نتایج حاصله از مدل شبیه‌سازی افزایش ۳۳ درصد عملکرد بندر نسبت به ظرفیت کنونی است.

کلمات کلیدی: شبیه سازی، تئوری صف، بندر خدماتی پارس، بارگیری گوگرد، مدل‌ساری.

۱- مقدمه

امروزه فناوری اطلاعات نقش مهمی در حمل ونقل دارد و حمل و نقل با توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و کیفیت زندگی بشر در ارتباط است. از بین مدل‌های حمل ونقل کالا، حمل ونقل دریایی از ارزان‌ترین، ایمن‌ترین و مناسب‌ترین شیوه محسوب می‌شود و فناوری اطلاعات کمک زیادی به توسعه و گسترش این مدل حمل ونقل می‌کند. فناوری اطلاعات و کامپیوتر جزء اساسی و جدایی ناپذیراز بنادر و حمل ونقل دریایی هستند[۱۳]. با توجه به سهم۹۰ درصدی حجم تجارت جهانی از نظر وزنی و ٤٠ درصدی از نظر ارزشی در حمل ونقل دریایی، این نوع حمل ونقل از اهمیت ویژه‌ای

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی حمل ونقل دریایی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، alimanidari@aut.ac.ir

[۲]- دکترای حمل ونقل ترکیبی، استادیار دانشگاه، دانشگاه خلیج فارس، pbavarsad@yahoo.com ، ۰۹۱۶۳۳۱۳۸۰۷

برخوردار است[۱]. برای افزایش صرفه‌ی اقتصادی، اندازه کشتی‌ها و به همان نسبت عمق و طول اسکله‌ها نیز بزرگ‌تر می‌شود و به نسبت، زمان ماندگاری کشتی‌ها در بنادر بیشتر خواهد شد، مگر این که عملیات تخلیه و بارگیری کشتی‌ها در بنادر به‌وسیله تجهیزات با تکنولوژی پیشرفته و با استفاده از فناوری اطلاعات، بهینه انجام شود. بنادر به عنوان نقطه‌ی شروع و پایان مدل حمل و نقل دریایی و محل اتصال به مدل‌های دیگر حمل و نقل، نقش مهمی را ایفا می‌کند و این نقش با استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزارهای مرتبط شکوفاتر نمایان می‌گردد.

بندر پارس، برای حفظ بقا در فضای رقابتی و رسیدن به سود و منفعت پایدار، نیازمند فعال‌سازی قسمت‌های مختلف ترمینال‌های بندری می‌باشد، بنابراین یک نیاز مداوم و پیوسته برای استفاده بهینه از تجهیزات، تسهیلات و امکانات در بندر احساس می‌شود که، هزینه‌های عملیاتی را کاهش و عملکرد بندر را ارتقاء بخشد، این استفاده بهینه باعث رشد تجاری بندر می‌گردد. تجارت حمل و نقل در بندر، نیازمند سرعت و کیفیت بالا و هزینه‌ی کم در ارائه‌ی خدمات بندری می‌باشد و در عرصه‌ی ارائه‌ی خدمات حمل و نقل، رقابت شدیدی در جریان است؛ رقابت، نیازمند بکارگیری روش‌های جدید برای انجام عملیات اثربخش، در اسکله‌ها و درون محوطه بندر می‌باشد، تمام موارد عنوان شده با کاربرد فناوری اطلاعات نتیجه‌ی بهتری خواهد داد. در میان این مباحث، کمینه سازی زمان سیستم کشتی‌ها، اولین هدف هر بندری محسوب می‌شود. حال با توجه به اینکه گوگرد یکی از محصولات تولیدی پالایشگاه‌های گازی منطقه‌ی ویژه‌ی اقتصادی انرژی پارس باید از طریق بندر خدماتی صادر شود، این پرسش مطرح است که بندر با پسکرانه محدود، چه استراتژی برای مدیریت ترمینال گوگرد بکار ببرد تا بقای خود را در بازارهای رقابتی تضمین نماید؟

در این مقاله، یک مدل شبیه سازی را برای بهینه‌سازی حمل ونقل و بارگیری گوگرد گرانول فله به کشتی، در ترمینال گوگردی بندر پارس، بر پایه تئوری صف و شبیه‌سازی مورد بررسی قرار داده و آن را ارائه می‌کند. در این مدل‌سازی قصد داریم تا با رویکردی جدید از تئوری صف و با به کار-گیری تکنیک شبیه‌سازی، گردش کامیون‌های حامل گوگرد را میان انبار گوگرد و اسکله ، بررسی کنیم. این مدل جابه‌جایی کامیون‌ها از انبار گوگرد به ساحل و بالعکس را به نمایش در خواهدآورد و با استفاده از زمان‌های تخلیه و بارگیری کامیون‌ها، زمان جابه‌جایی و زمان انتظار در صف های تخلیه و بارگیری، به بهینه‌سازی تعداد کامیون‌های مورد نیاز برای جابه‌جایی گوگرد خواهد پرداخت.

در این میان علاوه بر احداث فاز توسعه بندر به منظور گسترش فعالیت بارگیری گوگرد، مدیریت منابع و استفاده بهره‌وری از تجهیزات موجود، که از دغدغه‌های مدیران مجتمع گاز پارس جنوبی و بندر خدماتی پارس می‌باشند، به همین منظور دراین تحقیق با مدل‌سازی بارگیری گوگرد انجام گرفته با دیدگاه بهینه‌سازی منابع موجود، محاسبه‌ی تعداد کامیون‌های مورد نیاز در بندر برای جابه‌جایی گوگرد میان انبار و اسکله صورت گرفت. در این مدل-سازی، فراتر از این‌که به فرآیندهای بارگیری گوگرد به عنوان یک صف واحد نگاه شود، از شبیه‌سازی به عنوان بهترین جایگزین تئوری‌های صف استفاده شد. در کنار این‌که شاخص‌های مورد بحث در تئوری‌های صف این بار در محیطی پیچیده بررسی شده‌اند، از طرف دیگر استفاده از نرم‌افزار شبیه ساز ED[۱] و وجود محیط سه بعدی و انیمیشن سازی در آن، امکان صحه‌گذاری مدل‌سازی را به خوبی فراهم کرده‌است.

در مدل ارائه شده در این مقاله، یکپارچگی قابل توجهی از زنجیره‌ی جابجایی گوگرد، در بندر ایجاد شده و امکان تطابق مدل را با واقعیت برای تحلیل-های مورد نظر مهیا می‌کند. هدف ما از مدل‌سازی بارگیری گوگرد در بندر، تعیین تعداد کامیون‌های مورد نیاز برای جابه‌جایی گوگرد بارگیری شده از انبار به کامیون‌ها، انتقال به اسکله و بارگیری به کشتی است. در این راستا از مهمترین شاخص عملکردی بنادر و ترمینال‌های گوگردی که متوسط زمان حضور کشتی‌ها در سیستم[۲] می‌باشد، به عنوان معیار اصلی استفاده کرده و نرخ بهره‌برداری از کرین‌های کشتی و کامیون‌ها نیز مد نظر قرار گرفته‌اند.

بندر خدماتی پارس واقع در منطقه‌ی ویژه‌ی اقتصادی انرژی پارس (عسلویه)، در حدود ۲۶۰ کیلومتری شرق بندر بوشهر و حدود ۴۹۰ کیلومتری غرب بندرعباس و ۳۳۰ کیلومتری جنوب شهر شیراز، در منطقه ی عسلویه در سواحل خلیج فارس واقع شده است که دارای ویژگی ۱۰ پست اسکله می-باشد[۸]. با توجه به موقعیت جغرافیایی و استراتژیکی بندر ، قرار گرفتن در منطقه‌ی ویژه‌ی اقتصادی، با وجود پالایشگاه‌های گازی پارس جنوبی و صنایع مختلف پتروشیمی، از بهترین مزیت‌های رقابتی قابل قبول بندر برای فعالیت‌های قابل انجام در ترمینال گوگردی می‌باشد. مزایای حمل ونقل و بارگیری

[۱] Enterprise Dynamic
[۲] Turnaround time

گوگرد در بندر جهت صادرات به کشورهای دیگر از طریق دریا، که یکی از محصولات منطقه و پالایشگاه‌ها می‌باشد، می‌توان با بهینه‌سازی در حمل و بارگیری این محصول نهایت سود و منفعت را نصیب بندر و کشور عزیزمان ایران نماییم.

از زمان شروع تولید گوگرد در منطقه‌ی ویژه (سال ۱۳۸۳) تا کنون ۱.٦۲ میلیون تن گوگرد از بندر خدماتی پارس صادر شده است. ورود کشتی‌ها جهت بارگیری گوگرد به بندر ، مقدار گوگرد بارگیری شده به کشتی، زمان توقف کشتی در کنار اسکله جهت بارگیری، میانگین بارگیری در هر کشتی و همچنین نرخ بارگیری کشتی از سال ۱۳۸۳ تا پایان سال ۱۳۹۱ را مورد بررسی قرار گرفت[۱۲]. این مقادیر با مقادیر بدست آمده از مدل‌سازی در تحقیق مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و نتایج بدست آمده در بهبود حمل و بارگیری گوگرد و عملکرد بندر مؤثر می‌باشد.

۲ - مروری بر ادبیات صف و شبیه‌سازی

نظریه صف[۱] با کار تحقیقاتی مهندسی دانمارکی به‌نام ای. کی. ارلنگ[۲] در سال ۱۹۰۹ آغاز گردید. مطالعات او بر روی میزان افزایش و کاهش تقاضا در سیستم تلفن بود، نتیجه مطالعات بعد هشت سال، اتوماتیک کردن سیستم تلفن از روابط موجود، که پایه و اساس تئوری‌های صف قرارگرفت، منتشر شد. در پایان جنگ جهانی دوم او کاربرد استفاده از مدل‌های صف را در حوزه‌های عمومی و تجاری به سرعت گسترش داد. نظریه صف از قدیمی‌ترین و توسعه‌یافته‌ترین تکنیک‌های تجزیه و تحلیل در خطوط انتظار است که استفاده می‌شود و ما همه روزه با آن مواجه هستیم[٦][۷]. در سال ۱۹۸۰مطالعات بر روی مدیریت عملیات بنادر به روش شبیه‌سازی و مدل‌سازی توسط collier انجام شد[۲][۳]. بیشتر فعالیت‌های صورت گرفته در دهه‌ی ۱۹۹۰ بر روی شبیه سازی مطالعات موردی متمرکز بود و زیر سیستم‌های ترمینال بطور مجزا مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گرفتند، در این دوره، تمرکز کمتری بر روی مدل‌سازی با درنظرگیری جزئیات وجود داشت. در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ بیشتر فعالیت‌ها برای ایجاد ابزاری جهت شبیه‌سازی عملیات بنادر صورت گرفت و کماکان جزئیاتی در خصوص شاخص‌های عملکردی بنادر در مطالعات یافت نمی‌شد. در اواخر این دهه استفاده از توابع آماری برای ورودی‌های شبیه‌سازی متداول شد، بطوری‌که از توابع توزیعی مانند نمایی برای زمان خدمت تجهیزات جابه‌جایی استفاده شد، جایی‌که توزیع ویبول برای زمان خدمت گنتری‌کرین‌ها در ترمینال‌های کانتینری مناسب‌تر دیده شد. پس از این دوره فعالیت‌های صورت گرفته بیشتر به سمت معتبرسازی مدل با توجه به داده‌های تاریخی کشیده شد[۱۰]. هم اکنون مدل‌سازی و شبیه‌سازی در عملیات‌های بندری کاربرد زیادی پیدا کرده‌است، ولی در مورد بارگیری گوگرد، بخصوص در داخل کشور مطالعه‌ای یافت نشد. ما در این تحقیق، قریب به یقین برای اولین بار در ایران از شبیه‌سازی به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی حمل ونقل گوگرد درون بندر استفاده‌کرده‌ایم. مدل‌سازی را در محیط نرم‌افزار Enterprise Dynamics که از برترین نرم‌افزارهای موجود در دنیای شبیه‌سازی می‌باشد، به مرحله اجرا درآورده‌ایم[۵][۱۱].

۳ – کلیات تحقیق

۳-۱- تعریف مساله

یک ترمینال گوگردی محلی است که کشتی‌ها می‌توانند در کنار اسکله‌های آن‌ها پهلودهی و به‌وسیله‌ی تسمه نقاله‌ها، مکنده‌های فله و یا سیستم بارگیری سنتی خدمت داده شوند. این خدمت دهی شامل تخلیه و یا بارگیری گوگرد به کشتی می‌باشد. معمولاً ترمینال‌های گوگردی ارتباط بین دریا و خشکی برای حمل گوگرد را فراهم می‌کنند. همچنین ترمینال‌های گوگردی می‌توانند به عنوان یک انبار موقت[۳] عمل کرده و گوگرد از لحظه تخلیه در انبار تا لحظه بارگیری به کشتی و تحویل به مشتری در روی کشتی در بندر مبداء یا، از لحظه تخلیه گوگرد از کشتی در انبار تا لحظه تحویل به مشتری و یا صاحب کالا در بندر مقصد، در آن انبار شوند. اصطلاحاً به مدت زمانی که از لحظه ورود گوگرد به بندر شروع شده و تا لحظه تحویل به مشتری یا بارگیری به کشتی ادامه دارد زمان ماندگاری گوگرد گفته می‌شود.

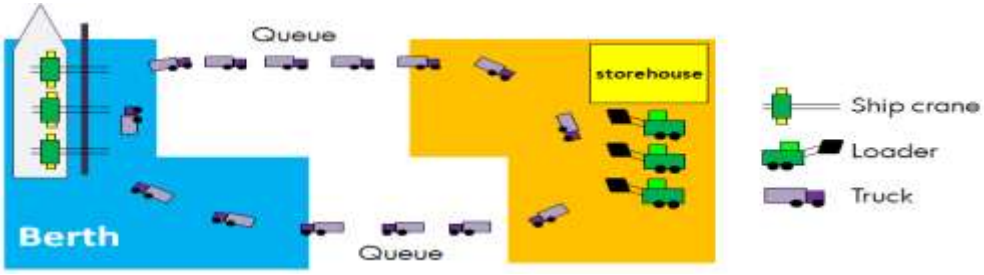
در بندر خدماتی پارس که بندر مبداء بارگیری گوگرد به کشتی است، گوگرد از محل تولید به وسیله کامیون به انبار ذخیره و نگهداری گوگرد منتقل می‌شود و در آن‌جا تا زمان فروش نگهداری می‌شود، از آن جا به وسیله کامیون به اسکله انتقال و به کشتی بارگیری شود، در بندر به وسیله جرثقیل‌های

---

[۱] Queuing Theory
[۲] A. K. Erlang
[۳] temporary storage

کشتی، گوگرد به کشتی بارگیری می‌شود. در بندر برای کم کردن زمان سیستم کشتی[1]، بارگیری گوگرد 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 گوگرد نموده است که همان انبار موقت گوگرد در بندر قبل از بارگیری به کشتی می‌باشد. ظرفیت این انبارها حدود ۱۲۰ هزار تن است[۱۲]. زمان سیستم‌کشتی از مهم‌ترین شاخص‌های عملکردی بندر محسوب می‌شود. این زمان از لحظه ورود کشتی به بندر آغاز و هنگام خروج کشتی از اسکله پایان می‌پذیرد. 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 اجرای یک نظام مناسب جهت جابه‌جایی گوگرد 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، می توان گفت که ارتباط بین انبار گوگرد و اسکله از مهمترین مسائل حیاتی در برنامه‌ریزی بنادر گوگردی می‌باشد تا بتواند شاخص عملکرد مورد نظر را که زمان سیستم کشتی است به کم‌ترین مقدار ممکن برساند.

مسئله از این‌جا آغاز می‌شود که تعداد معینی کامیون (۱٤ الی ۱۸ دستگاه) در مسیر مشخص بسته‌ای بین انبارگوگرد و اسکله برای جابه‌جایی گوگرد حرکت می‌کنند. بطور معمول هر کامیون ۲٤ تن گوگرد را در دو بسکت با خود حمل می‌کند. این کامیون‌ها در انبار به وسیله سه دستگاه لودر بارگیری می‌شوند. کامیون‌ها فاصله ۸ کیلومتری تا اسکله را طی کرده و در کنار کشتی بار خود را به کرین کشتی جهت بارگیری به‌کشتی تحویل می‌دهند، تعداد کرین‌های کشتی ٤ دستگاه می‌باشد. بعد از تخلیه مسیر برگشت به انبار گوگرد را می‌پیماید. این یک سیکل کامل حرکت کامیون‌ها برای بارگیری گوگرد به کشتی می‌باشد. تاخیر در حرکت کامیون‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که آنها در اسکله و یا انبار در صف منتظر تخلیه و یا بارگیری گوگرد باشند. طول صف و یا مدت انتظار کامیون‌ها بستگی به عوامل متعددی از جمله تعداد در دسترس کامیون، کرین‌های کشتی و لودرهای بارگیری کننده به کامیون‌ها در انبار گوگرد دارد. همانطور که در شکل ۱ مشخص است ، فضای انبار و اسکله به دو قسمت تقسیم شده است. انتظار کامیون‌ها در صف برای عملیات تخلیه و بارگیری معمولاً هنگامی اتفاق می‌افتد که کامیون قصد جابه‌جایی میان این دو قسمت را داشته‌باشد.



شکل ۱-مسیر حرکت کامیون ها بین انبار گوگرد و اسکله بارگیری گوگرد

اما مهم‌تر از همه در نظرگیری شاخص و معیار زمان حضور کشتی‌ها در سیستم است، که به عنوان معیار اصلی در هر بندری معرف میزان عملکرد بندر می‌باشد، بنابر آنچه گفته شد، در طرح مساله‌ی تحقیق به بررسی سیستم حمل ونقل گوگرد در درون بندر با هدف کمینه کردن تعداد کامیون‌های در حال حرکت میان انبار و اسکله خواهیم پرداخت.

۳-۲- هدف و ضرورت خاص انجام تحقیق

با توجه به این‌که بندر امروزه با حجم قابل توجهی از تقاضا برای بارگیری گوگرد و در سالیان اخیر به طور پیوسته در حال افزایش‌است[۱۲]، یکی از راه‌های پاسخ‌گویی به این افزایش، طراحی فازهای توسعه و تخصیص امکانات سرمایه‌گذاری جدید می‌باشد. منتهی این سرمایه‌گذاری‌ها باید در حجم وسیع و زمان‌بندی‌های بلند مدت صورت‌گرفته، که موجب از دست رفتن بسیاری از تقاضاهای مشتریان خواهد شد. بنابراین استفاده از روش-های بهینه‌سازی فرآیندها در عملیات بندر می‌تواند مناسب‌ترین گزینه به جهت دو منظور باشد: اول این‌که می‌توان با استفاده از روش‌های نوین،

[1] Turnaround time

فرآیندها را به گونه‌ای بهینه کرد که پاسخ‌گوی قسمتی از افزایش تقاضا باشند و به استراتژی‌های بلند مدت توسعه فیزیکی بنادر کمک کند. دوم این‌که متناسب با سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته بتوان بهره‌برداری مناسبی از تجهیزات و امکانات را فراهم کرد، بدین منظور این تحقیق، نخست به مدل‌سازی یکپارچه سیستم عمومی بندر، پس از آن بر مبنای مدل ساخته شده طرح را بررسی خواهد نمود. مهم‌ترین هدف پژوهش بررسی وضعیت سیستم در دو ناحیه ایجاد صف واقع دو منطقه‌ای که در مناطق بالقوه‌ای برای ایجاد صف و تاخیر در سیستم می‌باشند.

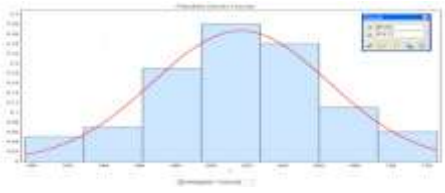
ضرورت این تحقیق، به‌دلیل وجود ذخایر عظیم گازی در منطقه‌ی ویژه و روند رو به افزایش تولید اجباری گوگرد از گاز طبیعی، عدم توازن بین عرضه و تقاضا در جهان برای این محصول است. مشکلات انبارداری، ایمنی و زیست محیطی این محصول، قیمت پایین محصول نسبت به قیمت بالای حمل و نقل آن، برای کاهش هزینه‌های حمل و نقل و در نهایت کاهش قیمت تمام شده محصول، بتواند مسیر تقاضای جهانی را به طرف خود بکشاند، بنابراین این تحقیق با تمرکز بر بهینه‌سازی استفاده از منابع موجود برای افزایش عملکرد بندر گام بردارد. از آنجایی که مدیریت سیستم‌های پیچیده همانند بنادر بارگیری گوگرد نیازمند روش‌های مناسب در یافتن جواب‌های بهینه با استفاده از تکنیک‌های جدید می‌باشد، سعی بر آن شده تا با استفاده از تئوری صف و شبیه‌سازی عملیات واقعی جابه‌جایی گوگرد را به روش سنتی در بندر خدماتی پارس را مدل و تحلیل کنیم و زمان‌های جا به جایی و بارگیری در حالت کنونی را با حالت بهینه مدل‌سازی و شبیه‌سازی، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دهیم.

٤- گردآورد و تحلیل داده‌های ورودی

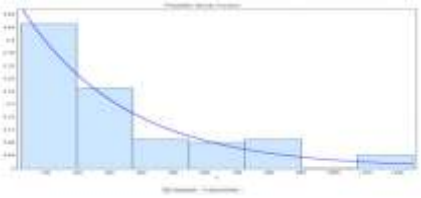
نحوه‌ی گردآوری داده‌ها، با توجه به ثبت بیشتر داده‌ها در سیستم‌های کنترلی و آماری بندر خدماتی پارس، از قبیل داده‌های مربوط به کشتی‌ها، زمان-های ماندگاری کشتی‌ها در بندر و موارد مورد نیاز این تحقیق، جمع‌آوری داده‌های ورودی انجام شد. اما آن‌جا که داده‌های ثبت شده وجود نداشت و یا جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها از سیستم واقعی با زمان و هزینه همراه بود، از مشاهدات مستقیم در عملیات‌ها استفاده کرده و با تحلیل اتفاقات احتمالی به نزدیک‌ترین داده‌های مورد نیاز دست پیدا شد. البته پس از تحلیل این داده‌ها برای تصدیق آنها از نظر کارشناسان عملیات بندر و پیمانکاران مربوطه نیز بهره‌گیری شد. در تحقیق پیش رو از نرم افزار Easy fit ٥.٢ برای برقراری تست‌های برازندگی و رسیدن به مناسب‌ترین توابع توزیع و تحلیل‌های آماری مورد نیاز استفاده شد. درتحلیل هر یک از مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده، داده‌ها مربوط به دوره‌ی یک‌ساله بوده و از نظر تعداد به گونه‌ای است که شرایط لازم را برای برقراری تست‌های برازندگی مورد نظر فراهم می‌آورد. داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی از طریق مدارک و سوابق ثبت شده‌ی موجود در بندر از سال ١٣٨٣ تا ١٣٩١ جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت، در این خصوص داده‌های مربوط به ورود تعداد ٨٣ کشتی گوگردی وارده به بندر از جمله زمان ورود، پهلوگیری، خدمت‌گیری و زمان خروج از بندر و همچنین مقدار گوگرد بارگیری شده و سایر داده‌ها و اطلاعات در خصوص تجهیزات تخلیه و بارگیری و حمل گوگرد جمع‌آوری شد.

٤-١- داده‌های ورودی مربوط به کشتی‌ها، گوگرد، لودرها و کامیون‌ها

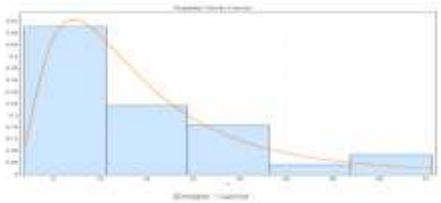
تولید روزانه گوگرد ١٣٩٢ تن می‌باشد که با نرخ ٥٨ تن در ساعت از فازها وارد انبار گوگرد می‌گردد. در این مساله ٣ لودر فرآیند بارگیری کامیون‌ها در انبار گوگرد را انجام می‌دهند. با توجه به آزمون‌های آماری برازندگی داده‌های گوگرد، مشخص گردید که زمان بارگیری کامیون‌ها توسط لودرها تابع توزیع نرمال با میانگین ٦١٦.١٣ ثانیه و انحراف معیار ٤٩.٠٩ پیروی می‌کند. نمودار ١ تابع چگالی احتمال این داده‌ها را نشان می‌هد. فرض بر این است که مدل اصلی با ١٤ کامیون در حال خدمت دهی برای جابه جایی گوگرد بین انبار و اسکله می‌باشد. با توجه به فرض موجود آزمون و داده‌های مساله، زمان سنجی تخلیه بسکت‌ها توسط کرین‌های کشتی را بدست آورد. با استفاده از آزمون‌های برازندگی، تابع توزیع زمان تخلیه یک بسکت از روی کامیون توسط کرین کشتی را بدست آورد. فرض صفر آزمون بدین شکل است که دادهای حاصل از زمان‌سنجی از تابع توزیع نمایی پیروی می-کنند. با توجه به این فرض، نمودار ٢ پراکندگی داده‌ها را نشان می‌دهد. زمان تخلیه یک کامیون دوبرابر تخلیه یک بسکت توسط کرین خواهدشد. نتایج آزمون که با استفاده از نرم افزار آماری easy fit بدست آمده است، گویای این مطلب است که فرض مساله مبنی بر نمایی بودن داده رد نشده و مورد تائید است.



نمودار ۱- تابع چگالی احتمال داده‌های بارگیری کامیون



نمودار۲ - پراکندگی داده‌ها تخلیه بسکت‌ها از کامیون



نمودار ۳ – پراکندگی داده‌های تابع توزیع زمان

نرخ ورود کشتی‌ها به بندر، سالیانه حدود ۱۱ فروند کشتی برای بارگیری وارد اسکله می‌شوند، باتوجه به این تعداد، بدست آوردن نرخ ورود کشتی‌ها کمی دشوار است، اما باتوجه به زمان‌های ورود و خروج آن‌ها در سال‌های اخیر می‌توان تابع توزیع زمان‌های بین ورود دو کشتی را محاسبه نمود. نمودار ۳ پراکندگی داده‌های تابع توزیع زمان‌های بین ورود دو کشتی را نشان می‌دهد. (بدلیل حجم زیاد جداول، از آوردن در مقاله خوداری شد.)

۵- مدل‌سازی

در ابتدا ساختار مدل ارائه شده را تشریح کرده، سپس فرضیات در نظرگرفته شده در مدل‌سازی به همراه نحوه‌ی ورود داده‌ها در مدل بیان می‌شود. زمان گرم شدن مدل و اطمینان از صحت مدل ساخته شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. تمامی مراحل مدل‌سازی و تحلیل نتایج حاصل از شبیه سازی در نرم افزار ED ۸ انجام گرفته است. ساختار مدل مساله‌ی سیستم حمل و نقل و بارگیری گوگرد درونی بندر خدماتی پارس از سه زیر سیستم تشکیل شده-است، که منابع ورودی به پیکره اصلی مدل را فراهم می‌کند.

زیر سیستم اول، گوگرد: گوگردی که برای بارگیری به کشتی در بندر خدماتی پارس انجام می‌شود، گوگرد گرانول شده از انبار اصلی ذخیره‌ی گوگرد به‌وسیله‌ی کامیون‌ها به ظرفیت حدود ۲٤ تن بارگیری می‌شود.

زیر سیستم دوم ،ورود کشتی‌ها: دراین زیرسیستم، کشتی‌ها با میانگین زمان بین دو ورود، هر ۳۹ روز یک کشتی در ۹ سال(۱۳۸۳ تا ۱۳۹۱) وارد بندر می‌شوند، میانگین ماندگار کشتی‌ها ۷.۹ روز می‌باشد. در این ۹ سال ٦٥٨ روز کشتی گوگردی در کنار اسکله حضور داشته است. با توجه به طول و ظرفیت اسکله بارگیری گوگرد، کشتی‌های تا ظرفیت ٤٠ هزار تنی و طول ۲۰۰ متر می‌توانند به اسکله پهلوگیری نمایند.

زیر سیستم سوم، بررسی شرایط ورود کشتی به اسکله: پس از دریافت مجوز ورود کشتی به اسکله توسط شرکت کشتیرانی و خالی بودن اسکله، راهنما با هماهنگی اداره بندر اقدام به ورود کشتی به اسکله می‌نماید. بعد از پهلوگیری و تشریفات اولیه، کشتی آماده بارگیری می‌شود. درب انبارها را باز و بازدیدهای لازم از انبارها توسط مسئولین مربوطه انجام می‌شود از آن لحظه می‌تواند بارگیری شروع شود.

۵-۱- ساختار اصلی مدل : جا به جایی گوگرد درون ترمینال گوگردی در بندر خدماتی پارس

در حقیقت سه زیرسیستم تشریح شده بالا، به عنوان زیرسیستم پشتیبان بدنه‌ی اصلی مدل عمل می‌کنند. آنچه در این مدل آمده نحوه‌ی بارگیری گوگرد به‌کشتی، تجهیزات مورد استفاده‌ی آن ، گردش کامیون‌ها از انبار تا اسکله و بالعکس و نحوه‌ی بارگیری گوگرد به کشتی را نشان می‌دهد.

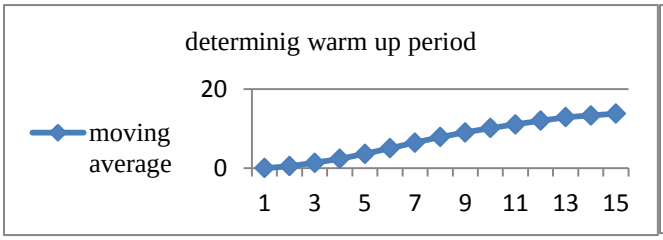
۵-۲- فرضیات مدل

در مدل‌سازی تا آنجا که امکان داشته است از وارد کردن فرض‌های ساده ساز خودداری کرده و سعی کرده‌ایم. اتفاقات واقعی را مبنای مدل‌سازی قرار دهیم، اما آنجا که استفاده از فرضیات به نتیجه کار صدمه وارد نخواهد کرد مواردی را در نظر گرفته‌ایم:

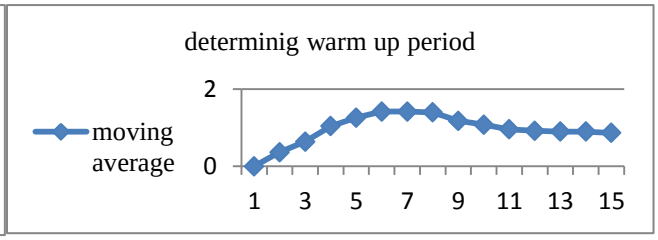
۱. انتخاب کامیون‌ها برای بارگیری تعداد N کامیون در مدل وجود دارد، وقتی کامیون N ام تکرار شد و در صورتی‌که کامیون خالی برای بارگیری یافت نشد مجدداً این سیکل از ابتدا شروع می‌شود.
۲. تمامی کرین‌ها به صورت مشترک می‌توانند به تمامی کامیون‌ها خدمت دهی کنند.
۳. فرض بر این است که در مسیر حرکت کامیون‌ها ترافیک وجود ندارد.
٤. تعداد ٤ دستگاه کرین موجود بر روی کشتی‌ها وجود دارد، که خدمت دهی به هر کشتی تخصیص داده شده است.

۵-۳- محاسبه زمان گرم شدن مدل

در ابتدای اجرای شبیه‌سازی، مدل خالی و بدون موجودی است. بنابراین ممکن است داده‌های حاصل از آن معیار مناسبی برای تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی نباشد. برای جلوگیری از این موضوع، زمانی به عنوان "دوره گرم شدن " برای مدل در نظر گرفته می‌شود. این زمان برای گذار سیستم از حالت ناپایدار به حالتی است که سیستم به پایداری نسبی دست پیدا کند. در این مطالعه از روش" ولش[۱] " (Law and Kelton (۲۰۰۰، برای محاسبه‌ی زمان گرم شدن مدل استفاده شده است. پس از ۱۵۰ بار اجرای مدل نمودارهای گرافیکی مربوط به مشخص‌کردن زمان گرم شدن مدل را در نمودار٤ و نمودار ٥ مشاهده می‌شود، نمودار این مطلب را می‌رساند که 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 ۱۱ماه در نظر گرفته می‌شود و داده‌های تولید شده تا قبل از این دوره حذف خواهد شد.



نمودار ۲- زمان گرم شدن مدل با استفاده از میانگین متحرک (۲) $\bar{Y}_i$

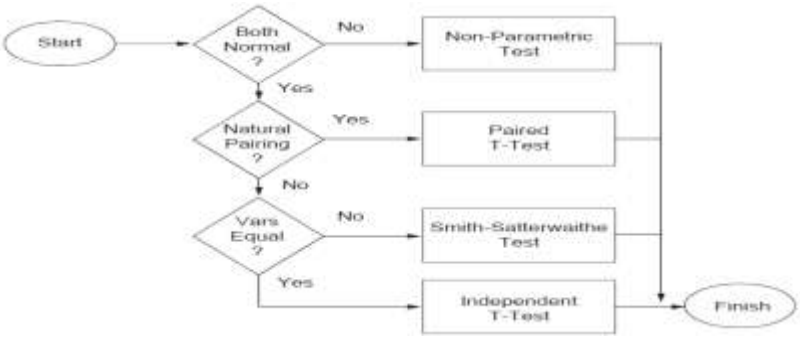


نمودار ۱- زمان گرم شدن مدل با استفاده از میانگین متحرک (۲)۱- $\bar{Y}_i$ - (۲) $\bar{Y}_i$

۵-٤- بررسی صحت و اعتبار مدل

معتبرسازی به عنوان فرآیندی است به برای کسب اطمینان از مدل ساخته شده که با سطح قابل قبولی، ارائه دهنده‌ی سیستم واقعی باشد. این بدان معناست که مدل‌ساز باید تلاش کند تا مدلی ارائه دهد که نمایش منطقی از سیستم واقعی داشته باشد.

با توجه به اینکه مدل ارائه شده در محیط گرافیکی نرم افزار Enterprise Dynamic ۸.۱ ساخته شده و این نرم‌افزار از ابزارهای شبیهسازی و محیط سه بعدی بهره می‌برد، و توجه به این مطلب که در مدل‌سازی هر مرحله از زیرسیستم‌های بندر، تلاش بر این بوده که خروجی‌های آن زیرسیستم و عملکرد آن با محیط واقعی متناسب باشد. فرآیند معتبرسازی به طور پیوسته انجام شد، معتبرسازی نیز که به عنوان یک فرآیند جهت اطمینان از عملکرد مدل در یک سطح اطمینان خواسته شده است، با استفاده از صحت مدل انجام شد. در این قسمت مجموعه داده‌های مدل و سیستم واقعی با یک‌دیگر مقایسه خواهند شد. نمودار ارائه شده در شکل ٦ مراحل انجام معتبرسازی را نشان می‌دهد[٤]. معیار درنظرگرفته شده برای مقایسه سیستم واقعی با مدل، عملکرد تخلیه و بارگیری در واحد زمان است که از تقسیم تناژ گوگرد بارگیری شده هر کشتی بر زمان عملیات انجام گرفته شده بر روی کشتی حاصل می-شود.(تن در ساعت)



نمودار ٦- فلوچارت مراحل انجام معتبرسازی

[۱] Welch

قدم اول مشخص کردن این مطلب است که دو مجموعه از داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند یا خیر. برای این منظور از تست کای‌مربع استفاده می‌شود. با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱ با در نظرگیری $\alpha=$ ۰.۰۵ می توان نتیجه گرفت هر دو مجموعه داده‌های سیستم واقعی و مدل دارای توزیع نرمال می باشند.

جدول ۱- آزمون فرض بررسی نرمال بودن توزیع مجموعه داده‌های معتبرسازی مدل

Actual system						Model					
Ho:System validation data set is normally distributed Ha: System validation data set isn't normally distributed						Ho:Model validation data set is normally distributed Ha: Model validation data set isn't normally distributed					
Chi-Square						Chi-Square					
Deg. Of freedom Statistic P-Value	۳ ۰.۲۸۹۱۹ ۰.۹۶۲۰۵					Deg. Of freedom Statistic P-Value	٦ ٦.٥٦٦٢ ۰.۳٦۲۸۳				
α	۰.۲	۰.۱	۰.۰۵	۰.۰۲	۰.۰۱	A	۰.۲	۰.۱	۰.۰۵	۰.۰۲	۰.۰۱
Critical Value	٤.٦٤	٦.۲٥	۷.۸۱	۹.۸۳	۱۱.۳٤	Critical Value	۸.٥٥	۱۰.٦٤	۱۲.٥۹	۱٥.۰۳	۱٦.۸۱
Reject?	No	No	No	No	No	Reject?	No	No	No	No	No

با توجه به اینکه طبیعت دو مجموعه از داده‌ها به صورت جفتی نمی‌باشد و از یکدیگر مستقل هستند، تست F جدول ۲ ایجاد می‌شود. تست F واریانس مجموعه داده‌های سیستم واقعی را با واریانس مجموعه داده‌های مدل برای محاسبه‌ی آماره مقایسه می‌کند. همچنین یک سطح اطمینان ۰.۹۵ را برای انجام تست در نظرگرفته شد. نتایج آزمون نشان می‌دهد که مقدار آماره ۱.۳۳٤ کمتر از مقدار بحران ۱.۵۵ می‌باشد، بنابراین فرض صفر که در بردارنده‌ی مشابه بودن واریانس‌های برابر در دو مجموعه از داده‌ها می‌باشد، رد نشده و با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان ادعا کرد که دو مجموعه داده‌ها دارای واریانس‌های یکسان می‌باشند.

جدول ۲- تست F برای مقایسه واریانس‌های مجموعه داده‌های معتبرسازی

Ho: The variance of System validation data set is equal to the variance of Model validation data set Ha: the variance of System validation data set is not equal to the variance of Model validation data set		
	Model validation data set	System validation data set
Mean	٤٤.۲٥۰۷	٦۸.۲٥۸٦۱
Variance	٦۷۲۰۲۹۱۰	۸۹٦۹۷٦۰۸
Observations	۱۰۰	۳٤
Df	۹۹	۳۳
F	۱.۳۳٤	
P(F<=f) one-tail	۰.۱۳۹	
F Critical one-tail	۱.٥٥	

تست T مستقل مشخص می‌کند که آیا اختلاف معنادار آماری، میان دو مجموعه از داده‌ها در یک سطح از اطمینان وجود دارد یا خیر، و زمانی قابل استفاده است که داده‌ها دارای توزیع نرمال بوده و واریانس آنها مشابه باشد. برای انجام این تست باید، میانگین و انحراف استاندارد دو مجموعه از داده‌ها محاسبه شوند، این مقادیر در جدول ۳ آمده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد مجموعه داده‌های معتبرسازی

Actual system		Model	
Mean	۲۵۸۶۱.۶۸	Mean	۲۵۰۰۷.۴۴
Standard deviation	۹۴۷۰.۸۸	Standard deviation	۸۱۹۷.۷۴

٦- طراحی آزمایشات و تحلیل نتایج شبیه‌سازی

در این بخش مقاله قصد این است تا با اجرای آزمایشات طراحی شده برای مدل شبیه‌سازی، به تحلیل نتایج حاصل از آن بپردازد و مساله مطرح شده را با در نظرگیری مهم‌ترین معیارهای عملکردی بندر، بررسی کند. در قدم اول و قبل از اینکه به تشریح نتایج شبیه‌سازی و تحلیل‌ها بپردازد، لازم است، مختصری در خصوص فرآیند طراحی آزمایشات برای تحلیل مساله‌ی پیش رو توضیح داده شود. به منظور طراحی یک آزمایش مناسب باید پنج گام زیر طی شود:۱) مشخص کردن گزینه‌های مورد بررسی در طراحی آزمایشات. ۲) مشخص کردن عوامل تاثیرگذار در خروجی‌های شبیه‌سازی. ۳) مشخص کردن معیارهای عملکرد خروجی سیستم به منظور مقایسه‌ی گزینه‌ها. ٤) مشخص کردن نوع سیستم شبیه‌سازی. ٥) تعیین تعداد تکرارهای لازم برای اجرای آزمایشات. برای این منظور یک تعداد اولیه ۱۰ تکرار در نظر گرفته می‌شود. نتایج آماری حاصل از این تعداد تکرار اولیه نشان می‌دهد که، آیا تعداد تکرارها کافی بوده و یا نیاز به اجرای تکراری‌های اضافی در یک سطح اطمینان مشخص می‌باشد. در انجام آزمایشات طراحی شده در مدل شبیه سازی، به هدف مینیمم کردن تعداد کامیون‌های مورد نیاز جهت عملیات انتقال گوگرد بین انبار و اسکله دست می‌یابد، به طوری‌که شاخص‌های مهم عملکردی در بندر را در نظر بگیرد. با اجرای ده تکرار اولیه با دوره‌ی زمانی یک‌ساله و زمان گرم شدن ۱۱ ماه، نتایج حاصله برای معیار میزان بهره-برداری از کرین‌ها، مطابق جدول ٤ می‌باشد.

جدول ٤-نتایج ده تکرار اولیه از معیار میزان بهره برداری از کرین‌ها برای محاسبه تکرارهای مورد نیار برای اجرای شبیه سازی

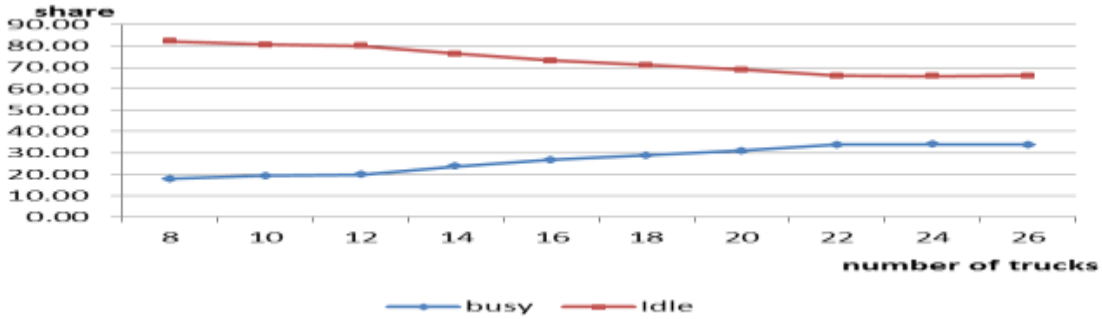
number of trucks	Replication number										Mean percent of utilizati	standard deviation	standard error	relative precision
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰				
۸	۰.۱۹	۰.۱۸	۰.۱۸	۰.۱۸	۰.۱۸	۰.۱۷	۰.۱۸	۰.۱۷	۰.۱۸	۰.۱۸	۰.۱۷۹	۰.۰۰٥	۰.۰۰۳	۰.۰۱۹
۱۰	۰.۲۰	۰.۱۹	۰.۱۹	۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۱۹	۰.۱۹	۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۹٤	۰.۰۰٤	۰.۰۰۳	۰.۰۱٦
۱۲	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۲۰۰	۰.۰۰٦	۰.۰۰٤	۰.۰۲۰
۱٤	۰.۲٤	۰.۲۳	۰.۲٤	۰.۲۳	۰.۲۳	۰.۲۳	۰.۲٤	۰.۲٤	۰.۲٦	۰.۲۳	۰.۲۳۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰٦	۰.۰۲٦
۱٦	۰.۲۸	۰.۲٦	۰.۲٦	۰.۲۸	۰.۲٥	۰.۲٥	۰.۲۸	۰.۲۸	۰.۲۷	۰.۲۷	۰.۲٦۹	۰.۰۱۳	۰.۰۰۹	۰.۰۳٤
۱۸	۰.۲۸	۰.۲۸	۰.۳۰	۰.۲۹	۰.۲۸	۰.۲۹	۰.۲۹	۰.۲۸	۰.۲۷	۰.۳٤	۰.۲۸۹	۰.۰۱۹	۰.۰۱٤	۰.۰٤۷
۲۰	۰.۳۱	۰.۳۰	۰.۳۱	۰.۳۱	۰.۳۱	۰.۳۱	۰.۳۱	۰.۳۳	۰.۳۲	۰.۳۰	۰.۳۱۱	۰.۰۰۹	۰.۰۰٦	۰.۰۲۰
۲۲	۰.۳٦	۰.۳۱	۰.۳۱	۰.۳٤	۰.۳٥	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳٥	۰.۳٤	۰.۳٥	۰.۳۳۹	۰.۰۱۷	۰.۰۱۲	۰.۰۳٥
۲٤	۰.۳٤	۰.۳۲	۰.۳۳	۰.۳۲	۰.۳٤	۰.۳۷	۰.۳٥	۰.۳۳	۰.۳٥	۰.۳٥	۰.۳٤۱	۰.۰۱٥	۰.۰۱۱	۰.۰۳۱
۲٦	۰.۳۳	۰.۳٥	۰.۳٤	۰.۳٤	۰.۳٤	۰.۳۳	۰.۳٤	۰.۳۳	۰.۳٤	۰.۳۷	۰.۳۳۹	۰.۰۱۲	۰.۰۰۸	۰.۰۲٥

لازم به ذکر است که α=۰.۰٥ در نظر گرفته شده و همچنین n=۱۰ می باشد، مقدار t برابر با ۲/۲٦۲ خواهد شد. این تکرار برای قسمت‌های دیگر مانند محاسبه معیار حضور کشتی انجام می‌شود و نتایج مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در نمودار ۷ دیده می‌شود که با افزایش تعداد کامیون‌ها در بندر، میزان

اشتغال کرین‌های تخلیه افزایش یافته و میزان بیکاری آنها کاهش می‌یابد. تا جایی‌که دیگر افزایش تعداد کامیون‌ها تاثیری نخواهد داشت. برای تحلیل این مطلب می‌توان گفت هنگامی‌که تعداد کامیون‌های در حال خدمت را افزایش می‌دهیم، کرین‌ها زمان کمتری را برای رسیدن کامیون انتظار خواهند کشید. این بدین معناست که زمان بیشتری از زمان در دسترس کرین‌ها، در اختیار عملیات تخلیه گوگرد قرار گرفته و درصد اشتغال کرین‌ها افزایش خواهد یافت. این تا جایی قابل ادامه دارد که دیگر هیچ کدام از کرین‌ها منتظر رسیدن کامیون نباشند و به طور تقریبی زمان انتظار به صفر میل کند.

جدول ۲- میانگین وضعیت های کرین ها

Truck	Busy		Idle		Truck	Busy		Idle	
	Time (min)	%	Time (min)	%		Time (min)	%	Time (min)	%
۸	۳۷۷،۱۴۲	۱۷.۹۴	۱،۷۲۵،۲۵۸	۸۲.۰۶۱	۱۸	۶۰۸،۵۸۴	۲۸.۹۵	۱،۴۹۳،۸۱۶	۷۱.۰۵۳
۱۰	۴۰۷،۶۲۳	۱۹.۳۹	۱،۶۹۴،۷۷۷	۸۰.۶۱۲	۲۰	۶۵۲،۷۹۶	۳۱.۰۵	۱،۴۴۹،۶۰۴	۶۸.۹۵۰
۱۲	۴۱۹،۹۳۸	۱۹.۹۷	۱،۶۸۲،۴۶۲	۸۰.۰۲۶	۲۲	۷۱۲،۹۴۱	۳۳.۹۱	۱،۳۸۹،۴۵۹	۶۶.۰۸۹
۱۴	۴۹۸،۴۳۷	۲۳.۷۱	۱،۶۰۳،۹۶۳	۷۶.۲۹۲	۲۴	۷۱۶،۰۷۵	۳۴.۰۶	۱،۳۸۶،۳۲۵	۶۵.۹۴۰
۱۶	۵۶۴،۹۲۱	۲۶.۸۷	۱،۵۳۷،۴۷۹	۷۳.۱۳۰	۲۶	۷۱۱،۹۴۳	۳۳.۸۶	۱،۳۹۰،۴۵۷	۶۶.۱۳۷



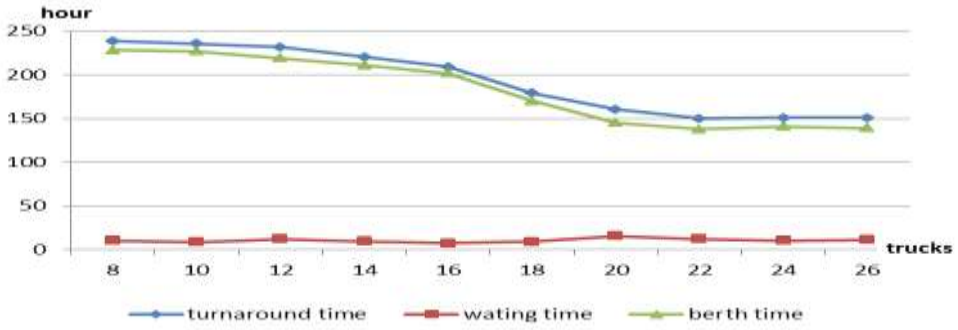
نمودار ۳- روند تغییر در میانگین وضعیت های کرین‌ها

با توجه به نمودار ۷ و جدول ۵، در حالتی که تعداد کامیون‌ها بیشتراز مقدار ۲۰ باشد زمان اشتغال به بیشترین حد خود و زمان انتظار و بیکاری به پایین‌ترین مقدار خواهند رسید. با توجه به اینکه در حال حاضر با تعداد متوسط ۱۶ کامیون درصد بهره‌برداری از کرین‌ها برابر ۲۶.۸۷٪ است و انتظار می‌رود تغییر در تعداد کامیون‌ها این مقدار را بهبود بخشد، بنابراین مقادیر کمتر از ۲۶.۸۷٪ ، جواب‌های موجه محسوب نمی‌شوند و در دسته جواب‌های غیر موجه متغیر تصمیم مسئله جای خواهند گرفت . مقادیر غیر موجه در جدول ۵ با رنگ خاکستری مشخص شده اند.

جدول ۶- میانگین زمان حضور کشتی‌ها در سیستم

Truck	Mean Berth time per vessel (hour)	Mean waiting time per vessel (hour)	Turnaround time (hour)	Truck	Mean Berth time per vessel (hour)	Mean waiting time per vessel (hour)	Turnaround time (hour)
۸	۲۲۷.۹۷	۱۰.۵۲	۲۳۸.۵۰	۱۸	۱۶۹.۸۳	۹.۰۱	۱۷۸.۸۴
۱۰	۲۲۶.۹۲	۸.۴۳	۲۳۵.۳۵	۲۰	۱۴۴.۹۰	۱۵.۳۶	۱۶۰.۲۶
۱۲	۲۱۹.۱۴	۱۲.۲۷	۲۳۱.۴۱	۲۲	۱۳۷.۸۲	۱۱.۸۵	۱۴۹.۶۷
۱۴	۲۱۰.۶۴	۹.۴۸	۲۲۰.۱۳	۲۴	۱۴۰.۶۸	۱۰.۲۵	۱۵۰.۹۲
۱۶	۲۰۱.۶۴	۷.۱۷	۲۰۸.۸۱	۲۶	۱۳۹.۱۷	۱۱.۳۵	۱۵۰.۵۳

نتایج آزمایشات طراحی شده برای بررسی تاثیر افزایش کامیون‌ها در روند کاهشی زمان سیستم کشتی در جدول ٦ و نمودار ٨ آمده است. زمان حضور کشتی در سیستم، شامل دو قسمت زمان انتظار جهت دریافت خدمت و زمانی‌که کشتی در کنار اسکله است، می‌باشد. با انجام آزمایشات، زمان حضور کشتی در سیستم در برابر تغییر متغیر تصمیم که همان تعداد کامیون‌ها می‌باشد، مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.



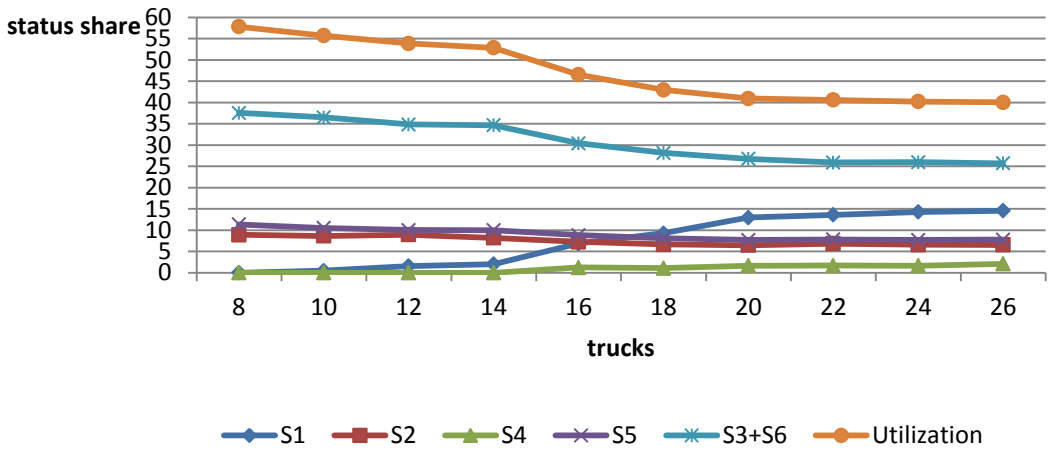
نمودار ٨ – روند تغییر در زمان حضور کشتی‌ها در سیستم

نتایج ده بار اجرای مدل شبیه‌سازی برای تعیین مقدار بهره‌برداری از کامیون‌ها با توجه به وضعیت‌های: انتظار در صف کرین، انتظار زیر کرین برای بار-برداری، حرکت با گوگرد، انتظار در صف لودر، انتظار زیر لودر برای بارگذاری، حرکت بدون بار و بیکاری ذکر شده، در جدول ٧ و نمودار ٩ وضعیت بهره برداری از کامیون‌ها نشان داده شده است. نتایج تحلیل شده نشان دهنده‌ی این موضوع است که تعداد ٢٢ کامیون مقدار استاندارد بهره-برداری مربوط به کامیون‌ها را نیز رعایت کرده و با نتایج حاصله از قسمت‌های قبلی هم‌خوانی دارد.

جدول ٧– بهره برداری از کامیون ها

Truck	S١	S٢	S٤	S٥	S٣+S٦	S٧	Utilization
٨	٠	٨.٩٠	٠	١١.٣٧	٣٧.٥٥	٤٢.١٨	٥٧.٨٢
١٠	٠.٥٠	٨.٦٥	٠	١٠.٥٣	٣٦.٥١	٤٣.٨١	٥٥.٦٩
١٢	١.٦٠	٨.٩٧	٠	١٠.٠٤	٣٤.٨٣	٤٤.٥٦	٥٣.٨٤
١٤	٢.٠٣	٨.٢١	٠	٩.٩٩	٣٤.٦٤	٤٥.١٤	٥٢.٨٣
١٦	٦.٩٠	٧.٢٨	١.٢٤	٨.٨٦	٣٠.٤٠	٤٥.٣٣	٤٦.٥٣
١٨	٩.٣٠	٦.٦٧	١.١٠	٨.١٢	٢٨.١٧	٤٦.٦٤	٤٢.٩٦
٢٠	١٢.٩٨	٦.٤٧	١.٦٧	٧.٧٠	٢٦.٧٧	٤٤.٤١	٤٠.٩٤
٢٢	١٣.٦٠	٦.٨٥	١.٧٢	٧.٨١	٢٥.٩٢	٤٤.١٠	٤٠.٥٨
٢٤	١٤.٣٠	٦.٥٧	١.٦٨	٧.٧٠	٢٥.٩٦	٤٣.٧٩	٤٠.٢٣
٢٦	١٤.٦٠	٦.٥٥	٢.١٣	٧.٧٨	٢٥.٧٠	٤٣.٢٤	٤٠.٠٣

در حال حاضر با تعداد متوسط ١٦ کامیون درصد بهره‌برداری از کرین‌ها برابر ٢٦.٨٧ درصد، متوسط زمان حضور کشتی‌ها در بندر حدود ٢٠٠ ساعت و مقدار ٣٠٠،٠٠٠ تن با ١٢ فروند کشتی در سال متوسط میزان صادرات گوگرد از بندر می‌باشد. افزایش تعداد کامیون‌ها منجر به افزایش زمان اشتغال کرین‌ها شده و افزایش زمان اشتغال کرین‌ها منجر به کاهش زمان خدمت به کشتی‌ها و در پی آن کاهش زمان حضور در سیستم کشتی‌ها می‌شود. البته



نمودار ۹- روند تغییر مقدار بهره برداری از کامیون ها

این روند تا جایی ادامه دارد که با افزایش تعداد کامیون‌ها، زمان انتظار کرین‌ها برای رسیدن کامیون به صفر میل کرده، زمان اشتغال آنها به مقدار ثابتی رسیده و بنابراین دیگر کاهشی در زمان سیستم کشتی‌ها مشاهده نمی‌شود. هنگامی‌که تعداد کامیون‌ها بیشتر از ۲۰ دستگاه است، زمان حضور در سیستم کشتی‌ها به مقدار ثابتی می‌رسد. این مقدار نشان دهنده‌ی زمانی تقریباً برابر با ۱۵۰ ساعت برای متوسط حضور هر کشتی در بندر می‌باشد. افزایش کامیون‌ها باعث کاهش زمان حضور در سیستم کشتی‌ها شده، که تعداد ۱۲ زمان ۵۰ ساعته و به میزان ۶۰۰ ساعت به ظرفیت بارگیری بندر افزوده می‌شود. این ظرفیت معادل حضور ٤ کشتی افزون بر ۱۲ کشتی‌ایی است، که در حال حاضر در بندر سالانه خدمت دهی می‌شوند و منجر به بارگیری ٤۰۰،۰۰۰ تن گوگرد در سال شود که از لحاظ وزنی ۱۰۰،۰۰۰ تن به ظرفیت موجود اضافه شده و این افزایش، رشدی برابر با ۳۳ درصد می‌باشد. اما از آنجا که هدف این مقاله، ماکزیمم کردن مقدار بهره‌برداری از کرین‌ها و مینیمم کردن زمان سیستم کشتی را دارد، افزایش مقدار گوگرد ما را به این هدف می‌رساند، اما تا جایی‌که دیگر این افزایش تغییری در مقدار این دو شاخص نخواهد داشت. با آنچه در بالا ذکر شد، تعداد ۲۲ کامیون بهترین گزینه برای مینیمم تعداد کامیون‌های مورد نیاز جهت جا به‌جایی گوگردها بین انبار و اسکله می‌باشد به طوری‌که این تعداد کامیون مقدار بهره‌برداری از کرین‌ها را به میزان تقریبی ۲٦ ٪ مقدار کنونی افزایش و زمان سیستم کشتی را ۲۵٪ کاهش می‌دهد. از طرف دیگر با فرض اینکه سالانه ۱۲ کشتی وارد بندر می شوند، و هر یک با کاهش زمان سیستم معادل ۵۰ ساعت رو به رو خواهند شد. بنابراین زمانی معادل ٦۰۰ ساعت در سال به زمان‌های در دسترسی کرین‌های موجود در بندر اضافه شده و با فرض صادرات ۳۰۰،۰۰۰ تنی د رسال بر روی ۱۲ کشتی ، مقداری برابر با ۱۰۰،۰۰۰ تن جا به جایی در سال به عملکرد بندر افزوده خواهد شد که معادل ۳۳ درصد ظرفیت فعلی میباشد.

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج این مقاله از مدل شبیه‌سازی، تعداد کامیون‌ها ۲۲ دستگاه بهترین گزینه برای مینیمم کردن تعداد کامیون‌ها است، مقدار بهره‌برداری از کرین‌ها را به میزان تقریبی ۲٦درصد به نسبت مقدار کنونی افزایش و زمان سیستم کشتی را ۲۵ درصد کاهش می‌دهد. افزایش ظرفیت معادل حضور ٤ کشتی افزون بر ۱۲ کشتی را سالانه در بردارد، از لحاظ وزنی سالانه ۱۰۰،۰۰۰ تن ظرفیت بارگیری و صادرات گوگرد اضافه می‌یابد و این افزایش، رشدی برابر با ۳۳ درصد عملکرد بندر نسبت به ظرفیت فعلی افزوده خواهد داشت و به نسبت قیمت تمام شده گوگرد پایین خواهد آمد که باعث رونق در صادرات می‌باشد.

پیشنهاد می‌شود، تا قبل از راه‌اندازی سیستم مکانیزه از تعداد ۲۲ دستگاه کامیون در بارگیری گوگرد استفاده شود. و در راه‌اندازی سیستم بارگیری مکانیزه و انبار موقت گوگرد در بندر تعجیل صوت پذیرد.

۸- تقدیر و تشکر

از همکاری سازمان منطقه‌ی ویژه‌ی اقتصادی انرژی پارس قدردانی می‌نمایم.

۹ - منابع

[۱] ANCTAD. (۲۰۱۰,۲۰۱۱,۲۰۱۲)Review of maritime transport. Geneva: ANCTAD

[۲] Cartenì, A., Cantarella, G.E., De Luca, *"SIMULATION OF A CONTAINER TERMINAL THROUGH A DISCRETE EVENT APPROACH: LITERATURE REVIEW AND GUIDELINES FOR APPLICATION*" , Technical Paper, Dept. Of Civil Engineering, University Of Salerno, ۲۰۰۹

[۳] Collier, P. I. , "*Simulation As An Aid To The Study Of A Port As A System, Ship Operation Automation III*" ,۵۱-٦ , ۱۹۸۰

[٤] Chung, Chris." *Simulation Modeling Hand book*" : A Practical Approach / Christopher A. Chung. ISBN ۰-۸٤۹۳-۱۲٤۱-۸ Alk. Paper.

[۵] ghand\bari, mr." *Enhancing Container Terminal Performance by Simulation Modeling: A Case Study at SHAHID RAJAEE Container Port" ,* ۱st Conference on Maritime and Transportation, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran,۱٤-۱٦ February, ۲۰۱۲

[٦]عادل آذر، مومنی،*آمار و کاربرد آن در مدیریت*، انتشارات سمت، **۱۳۸۵**.

[۷] عابدی، صادق. رادفر، رضا. حمیدی، ناصر. *"بهینه سازی طرح استقرار جاطگاه سوخت رسانی با کاربرد ابزار شبیه سازی در تئوری صف"* مجله مدیریت توسعه و تحول **۱۳۸۹**.

[۸] منیدری، علی. *"مطالعه و بررسی استراتژی کاربردی در بنادر (مطالعه موردی بندر خدماتی پارس)"*چهاردهمین همایش صنایع دریایی ۵ الی ۹ دی ماه ۱۳۹۱

[۱۰] قنبری، محمد رضا.*" مدلسازی ناوگان حمل ونقل درونی بندر کانتینری شهید رجایی بر پایه تئوری صف وشبیه سازی"* پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی صنایع - گرایش صنایع، دانشگاه آزاد قزوین، **۱۳۸۹**

[۱۱]قنبری، محمد رضا.*"کاربرد شبیه‌سازی در بهبود عملکرد بنادر کانتینری"*، اولین همایش ملی دریانوردی و حمل و نقل دریایی، چابهار، ایران، بهمن **۱۳۹۰**.

[۱۲] سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، بندر خدماتی پارس.

[۱۳] صفارزاده، محمود. عزیزآبادی، ابراهیم. حمیدی، حمید. شهبا، محمدعلی. *"حمل ونقل دریایی"* نشر اسرار دانش، تهران، **۱۳۸۵**.

modeling the goods transportation based on queuing theory and simulation modeling at pars service port

a.manidari,p.bavarsad.

Abstract

pars service port has been development for import and export of refinery products and equipments and now is one of the most strategic ports in Pars Special Energy/Economic Zone. this port requires to make the best use of the port equipment to survive in the competition environment and achieve an unfailing income. hence a constant need of improvement of port equipment and machinery in felt . now this question pops up that what kind of strategy port management should use to ensure the port survival in competition markets.

This article suggests a model for improving sulfur transportation in the inner region of the pars service port in this model we intend to study the trucks movement between the sulfur storage and jetty with a new look to queuing theory and modeling . this modeling will show the trucks movement from the sulfur stowage area to jetty and tries to improve the trucks number to be used for sulfur transportation . using the load and unload time of a truck and time spent in queuing awaiting for their turn.

The result of this model is going show that improvement of sulfur transportation between the sulfur storage area and jetty will reduce the trucks waiting time in the queuing and consequently improves the system efficiency .

This article has tried to show a practical model of sulfur transportation between storage area and jetty with integrating subsystem of sulfur transportation in the port and emphasizing on the equipment details. With analyzing the model results the optimal number of the trucks need for transportation of sulfur would be calculated resulting an increase in capacity of sulfur transportation. Also another result of the model is analyzing sensitivity of the demand for sulfur loading that can be used for strategic planning the results of the simulation model is a ٣٣٪ increase of the port performance.

Key words: simulation, queuing theory, pars service port, sulfur loading.