مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره سوم (پیاپی ۴۲)، پاییز ۹۳، ص ص ۷۰-۵۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

شبیه‌سازی سیستم تخلیه و بارگیری کارخانه‌ی ذوب‌آهن اصفهان، برای کاهش زمان ماند و معطلی تریلرهای ورودی به کارخانه جهت بارگیری محصولات نهایی

مهسا قندهاری[۱]، سید مجتبی سجادی[۲]، نادر ابوطالبیان*[۳]
۱- استادیار، دانشگاه اصفهان، گروه مدیریت، اصفهان، ایران
۲- استادیار، دانشگاه تهران، گروه کارآفرینی، تهران، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، گروه مدیریت، اصفهان، ایران

رسید مقاله: ۸ بهمن ۱۳۹۲
پذیرش مقاله: ۱۸ خرداد ۱۳۹۳

چکیده
افزایش اتلافات زمانی در سیکل بارگیری محصولات یک کارخانه‌ی تولیدی، موجب ایجاد نارضایتی در مشتریان می‌گردد و با توجه به فروش از دست‌رفته‌ای که در واحد زمان ایجاد می‌کند، کاهش به‌سزایی را در شاخص‌های بهره‌وری منابع انسانی و ماشینی مشغول در چرخه‌ی لجستیک یک کارخانه به دنبال دارد. هدف از این پژوهش، شبیه‌سازی سیستم تخلیه و بارگیری انبار محصولات فولادی کارخانه‌ی ذوب‌آهن اصفهان، برای بررسی و تحلیل راهکارهای قابل‌اجرا، برای کاهش زمان‌های ماند و معطلی تریلرهای ورودی به کارخانه، برای بارگیری محصولات نهایی است. بر اساس زمان‌های ثبت‌شده در سسیستم انبارش و ترخیص کارخانه، زمان‌های معطلی در خطوط بارگیری، بیش‌ترین سهم از اتلافات زمانی را به خود اختصاص می‌دهد. به همین‌علت تمرکز این تحقیق بر روی خطوط موجود قرار گرفت. پس از انجام زمان‌سنجی از باراندازها و ایستگاه های مختلف برای دستیابی به فاکتورهای سیستم مورد مطالعه، سیستم مذکور در قالب نرم افزار ارنا ۱۴ شبیه‌سازی گردید. پس از تایید اعتبار مدل ساخته‌شده، سناریوهایی برای رفع موانع بارگیری تریلرها ساخته شد. نهایتاً سناریوهایی که زمان‌های انتظار را به میزان معناداری کاهش می‌داد، به لحاظ اقتصادی مورد مقایسه و اولویت‌بندی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی، بارانداز تخلیه و بارگیری، جبهه‌ی کاری.

۱ مقدمه
افزایش زمان ماند و معطلی کامیون‌های ورودی به یک کارخانه برای بارگیری محصولات، از جهات مختلفی هزینه‌زا است. از یک‌سو تاخیر و معطلی در دریافت محصول نهایی. باعث ایجاد فروش از دست‌رفته در واحد

* عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: nabootalebian@yahoo.com

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

زمان می‌گردد و از سوی‌دیگر به خاطر عدم دریافت به موقع محصولات نارضایتی مشتریان را به دنبال دارد. مساله‌ی مذکور، در سطحی کلان‌ترموجب افزایش هزینه‌ی سوخت مصرفی و کاهش بهره‌وری سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای می‌شود. هم‌چنین تاخیرات به وجودآمده موجب افزایش ضایعات زمانی و نتیجتا کاهش شاخص بهره وری یک کارخانه به لحاظ یکی از عوامل ورودی به نام نیروی انسانی می‌گردد.

کارخانه‌ی ذوب‌آهن اصفهان، در راستای پیروی از یکی از ارزش‌های اساسی خود با عنوان تکریم مشتریان و شرکای کسب وکار، به دنبال کاهش زمان انتظار و معطلی ماشین‌آلات ورودی برای بارگیری محصولات نهایی خود و ارایه‌ی محصول در زمان مناسب به مشتریان نهایی می‌باشد.

مساله‌ی مذکور به لحاظ مشتری‌مداری و به لحاظ هدررفتی که در سوخت مصرفی کامیون‌های ورودی به کارخانه در مدت‌زمان انتظار بارگیری دارد و بر یکی از مسولیت‌های اساسی اجتماعی این سازمان در قبال جامعه ومحیط‌زیست، با عنوان صرفه‌جویی در مصرف منابع انرژی تجدیدناپذیر ملی تاثیر گذاشته، به طور اساسی مورد توجه مسولین این سازمان واقع‌گردیده است.

اگر سیستم ورود ماشین‌آلات به کارخانه‌ی ذوب‌آهن اصفهان را برای بارگیری محصولات نهایی به صورت یک سیستم صف از نوع چندکاناله–چند خدمت دهنده در نظرگیریم، که در این سیستم، صف انتظار را کامیون‌های ورودی تشکیل می‌دهند؛ در چنین سیستمی مدت زمان انتظار ومعطلی ماشین‌آلات ورودی، کاملا به کارایی فاکتورهای داخلی سسیتم همچون متوسط زمان بارگیری از هرماشین، نرخ راه‌اندازی کامیون‌ها و مشخصه‌های فنی بارگیری همچون کارایی جرثقیل‌ها، میزان تاثیرپذیری آن‌ها از شرایط جوی و.... وابسته خواهد بود.

در این مقاله سعی‌داریم با استفاده از شبیه‌سازی سیستم تخلیه و بارگیری کارخانه، میزان تاثیراتی را که تغییر در هریک ازمولفه‌های کارکردی خطوط تخلیه و بارگیری بر کاهش زمان ماند و معطلی مشتریان ایجاد می‌کند مورد تحلیل و بررسی قرار دهیم. در ادامه، ابتدا به بررسی پیشینه و مبانی نظری پژوهش پرداخته می شود. در بخش‌های بعدی به معرفی روش تحقیق و بحث در مورد یافته‌ها و نهایتاً در قسمت آخر به نتیجه‌گیری و ارایه‌ی پیشنهادات پرداخته می‌شود. در زمینه‌ی شبیه‌سازی سیستم انبارش وتخلیه‌ی کالاها، تحقیقات متنوعی صورت پذیرفته، که از جمله مهم‌ترین آن‌ها در سال‌های اخیر می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد.

۲ مروری بر تحقیقات مشابه

دهباری و همکاران [۱] برای کمینه‌سازی هزینه‌های حمل ونقل و سوخت مصرفی کامیون‌ها در شبکه‌ی توزیع کارخانه، از مساله‌ی چندهدفه‌ی مسیریابی استفاده کردند. آن‌ها برای حل راحت و سریع مدل ارایه‌شده‌ی هزینه‌ای را، بر مقدار تجاوز از پنجره‌ی زمانی برای هر وسیله‌ی نقلیه در تابع هدف اول در نظر گرفتند. به دلیل پیچیدگی مساله‌ی مسیریابی وسایل حمل و نقل از الگوریتم فراابتکاری چندهدفه‌ی رقابت استعماری برای یافتن جواب‌های پارتو بهره جست.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

کانگ و همکاران [۲] به بهینه‌سازی عملیات ناوگان حمل‌ونقل در فعالیت‌های تخلیه در بندرهای کانتینری پرداختند.آن‌ها یک مدل صف چرخه‌ای را برای مطالعه‌ی حالت پایدار در نظرگرفتند که در نهایت به تعیین اندازه‌ی بهینه‌ی ناوگان حمل ونقل در بلندمدت منجر می‌شد.

لاگودیس و پلاتیس[۳] از فرایند حیات و مرگ برای بهبود عملکرد یک ترمینال کانتینری استفاده کردند. در مدل آن‌ها دو مرحله موردبررسی قرارگرفت که شامل یک مرحله‌ی مربوط به فرایند تخلیه و بارگیری و مرحله‌ی‌دوم مربوط به محوطه‌های انبارکانتینرها بود. در این مطالعه تنها با توجه به تجهیزات در دسترس عملکرد بندر مورد ارزیابی قرارگرفت و تغییرات در تجهیزات مورد بررسی دقیق واقع نشد.

آلتر و کارکار [۴] به شبیه‌سازی صف‌های کانتینری، برای تحلیل تصمیمات سرمایه‌گذاری پرداختند.آن‌ها به شبیه‌سازی ورود کشتی‌ها به بندر در شرایط مختلف پرداختند تا اثر افزایش تجهیزات وتسهیلات را بر کاهش صف انتظار کانتینرها مورد ارزیابی قراردهند و هدف اصلی از شبیه‌سازی، تحقیق، ارزیابی وتحلیل اثربخشی راه‌حل‌های پیشنهادی، پیش از انجام سرمایه‌گذاری بود.

جیمز [۵] مدلی برای ارزیابی محوطه‌ی کانتینری با استفاده ازشبیه‌سازی، ارایه داد. تمرکز پژوهشگر این مطالعه بر به‌کارگیری شبیه‌سازی به منظور تحلیل تفاوت‌های بین شاخص‌های عملکردی دو نوع عمده‌ی چیدمان ترمینال کانتینری بود. ازآنجایی‌که این مطالعه با عوامل و معیارهای متعدی سروکار داشت، او از تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره، برای اولویت‌بندی چیدمان‌های مختلف بهره برد.

وی و لیونگ [۶] به بررسی تاثیر استفاده از RFID در کاهش زمان انتظار کامیون‌های ورودی به یک کارخانه در حالت درخواست چند محصول مختلف با استفاده از شبیه‌سازی فرایند بارگیری پرداخت. او سناریوهای طراحی شده‌اش را براساس سه فاکتور متوسط‌زمان عملیاتی سیستم، متوسط تعداد کامیون خروجی و میزان کندی حرکت کامیون‌ها مقایسه کرد.

ژاکوبس [۷] برای بهینه‌سازی منابع فیزیکی وانسانی انبار از شبیه‌سازی انبار با استفاده از نرم افزار simio بهره جست. در این کار ابتدا با استفاده از زمان‌سنجی بخش‌های مختلفی که محصول باید طی‌کند تا از کارخانه خارج گردد، ابتدا به تعیین گلوگاه‌های سیستم پرداخت وسپس با استفاده از شبیه‌سازی سیستم واقعی به تحلیل و آزمون تغییر در منابع انسانی بخش‌های مختلف و بالانس خط بارگیری توجه کرد و نیز به بررسی تغییرات فنی در سیستم، هم‌چون تغییر در سرعت حرکت کانوایرها برای بهینه‌سازی منابع در دسترس در راستای کاهش سیکل بارگیری پرداخت (تحلیل سناریوهای مختلف بر اساس هزینه‌های اضافه‌کاری، بیکاری و هزینه‌ی کل صورت‌گرفت).

دسری و همکاران [۸] برای بررسی فاکتورهای افزایش‌دهنده‌ی زمان چیدمان محصول در انبار، به طراحی یک برنامه‌ی طراحی استقرار و استفاده از خروجی‌های برنامه‌ی موردنظر به عنوان ورودی‌های مدل شبیه‌سازی چیدمان محصول پرداختند. آیتم‌های قابل تغییر در مدل مورد نظر آن‌ها تعداد محصول قابل جایابی در انبار درآن واحد، توانایی چیدمان همزمان محصولات (دارای مسیر چیدمان واحد) متنوع با یک اپراتور، چگونگی توزیع محصولات در یک قفسه بود.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

ژائو و همکاران [۹] از شبیه‌سازی گسسته‌پیشامد در برنامه‌ریزی زمانی کارمندان قسمت چیدمان انبار در یک شرکت دارویی استفاده کردند، نتایج حاکی از بهبود در بهره‌وری زمانی منابع انسانی مشغول در انبار محصولات و کاهش قابل‌ملاحظه در هزینه‌های عملیاتی حکایت داشت.

۳ مبانی نظری پژوهش

۳-۱ شبیه سازی

شبیه‌سازی تقلیدی از عملکرد فرآیند یا سیستم واقعی با گذشت زمان است. شبیه‌سازی، صرف‌نظر از این‌که با دست یا به‌وسیله‌ی کامپیوتر انجام شود، به تاریخچه‌ی ساختگی سیستم و بررسی آن برای دستیابی به نتیجه‌گیری‌هایی در مورد ویژگی‌های عملکردی سیستم واقعی مربوط می‌شود. همچنان‌که یک سیستم با گذشت زمان تکوین می‌یابد، رفتار آن با ایجاد مدل شبیه‌سازی بررسی می‌شود. این مدل معمولاً به شکل مجموعه‌ای از فرض‌های مربوط به عملکرد سیستم است. این فرض‌ها در چارچوب رابطه‌های ریاضی، منطقی و نمادین بین نهادها یا اهداف مورد نظر سیستم بیان می‌شود. با ایجاد و معتبرسازی مدل، می توان آن‌را برای تفحص درباره پرسش‌های بسیار گوناگونی از نوع «چه شود اگر» در مورد سیستم واقعی به کار برد. تغییرات انجام پذیر در سیستم را می‌توان ابتدا شبیه‌سازی کرد که تأثیرشان بر عملکرد پیش‌بینی شود. شبیه‌سازی برای بررسی سیستم‌های در دست‌طراحی نیز پیش از ایجاد آن‌ها کاربردپذیر است [۱۰].

۳-۲ شبیه سازی سیستم‌های گسسته‌پیشامد

شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته‌پیشامد عبارت‌است از مدل‌سازی سیستم‌هایی که متغیر حالت آن تنها در مجموعه‌ای از مقاطع گسسته زمان تغییر می‌کند. مدل‌های شبیه‌سازی را با روش‌های عددی تجزیه و تحلیل می‌کنند نه با روش‌های تحلیلی. روش‌های عددی در حل مدل‌های ریاضی از شیوه‌های محاسباتی استفاده می‌کند. در مورد مدل‌های شبیه‌سازی که روش‌های عددی را به کار می‌گیرد مدل‌ها اجرا می‌شود و نه حل؛ یعنی بر اساس فرض‌های مدل، سابقه‌ای ساختگی از سیستم ایجاد و برای برآورد معیارهای عملکرد سیستم واقعی، مشاهدات گردآوری و تجزیه و تحلیل می‌شود.

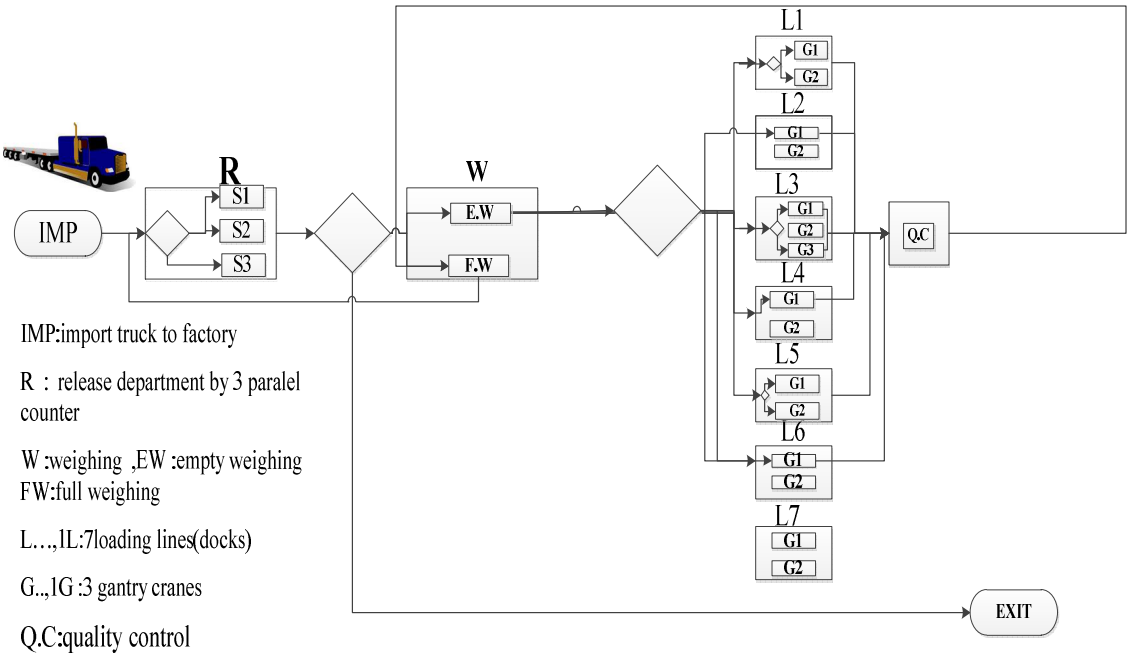
به دلیل اینکه مدل‌های شبیه‌سازی مسائل واقعی، نسبتا بزرگ است و مقدار داده‌هایی که لازم است ذخیره‌سازی و پردازش شود چشمگیر، معمولاً اجراها به کمک کامپیوتر صورت می‌گیرد؛ اما از راه شبیه‌سازی دستی مدل‌های کوچک می‌توان آگاهی قابل‌توجهی به دست آورد [۱۰].

٤ توصیف سیستم مورد مطالعه

پس از ورود تریلرها به کارخانه، اولین ایستگاهی که به آن وارد می‌شوند، اداره‌ی ترخیص کارخانه است. تریلرها در کل فرایند بارگیری دومرتبه از این ایستگاه عبور می‌کنند، مرتبه‌ی اول برای صدور دستور بارگیری که به کدام خط یا بارانداز بروند ودر مرتبه‌ی دوم بعد از بارگیری کامل به این ایستگاه باز می‌گردند تا بارنامه صادر و مجوز ترخیص از کارخانه برای آن‌ها صادرگردد. این بخش دارای ۳ باجه است، که مشتری به باجه‌ی خلوت‌تر مراجعه

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

می‌کند. پس از خروج از بخش ترخیص وارد ایستگاه باسکول می‌شود، این تریلرها از این ایستگاه نیز ۲ مرتبه عبور می‌کنند، یک مرتبه هنگام توزین خالی و مرتبه‌ی دوم پس از دریافت بارنامه و در حالت توزین پر، که زمان‌های این دو نوع خدمت‌دهی به صورت جداگانه زمان‌سنجی شد.



شکل ۱. مدل شماتیک سیستم مورد مطالعه

پس از توزین‌شدن تریلر، براساس نوع بار درخواستی، تریلر به یکی از خطوط بارگیری وارد می‌شود. ۶ خط بارگیری فعال، با مشخصات شکل ۱ مسولیت تخلیه (چیدمان محصولات ساخته‌شده در دپوهای انبار) و بارگیری (بارگیری محصولات درخواستی تریلرها) را برعهده دارند.

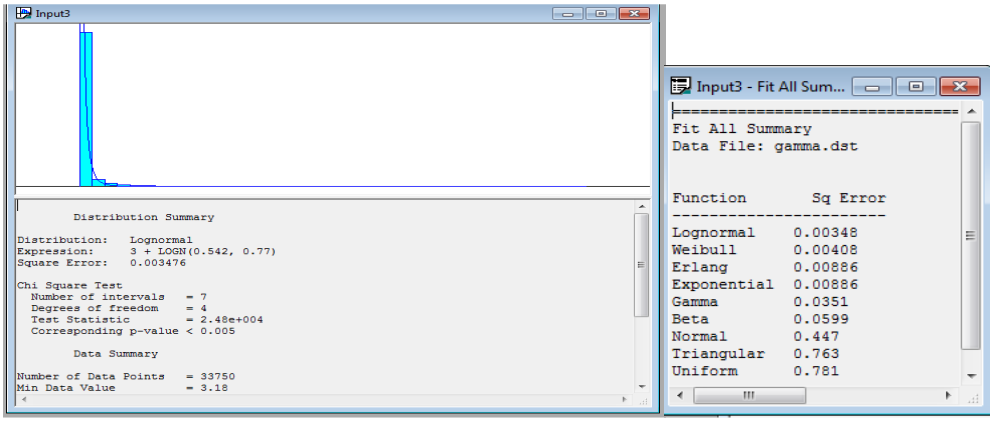
بر اساس زمان‌های ثبت‌شده در سیستم، بیش‌ترین زمان انتظار یک تریلر در باراندازهای بارگیری صورت می‌پذیرد. خطوط بارگیری علاوه بر بارگیری تریلرهای ورودی، وظیفه‌ی تخلیه‌ی واگن‌های ورودی از نوردها، برای تخلیه وچیدمان محصولات در دپوهای محصول را نیز برعهده دارد. در تقابل ورود واگن و تریلر به هر خط بارگیری، اولویت خدمت‌دهی به واگن‌ها داده می‌شود.

علاوه بر تخلیه‌ی واگن‌ها،گلوگاه دیگری که در مسیر بارگیری به موقع یک تریلر وجود دارد، شرایط جوی است. وزش باد باعث به حرکت افتادن جرثقیل‌های دروازه‌ای موجود در خطوط و ایجاد خطر برای کارگران، آسیب به تریلرها و ... می‌شود. این گلوگاه موجب توقف کلیه‌ی فعالیت‌های تخلیه و بارگیری در تمامی باراندازها می‌شود. علاوه بر دو گلوگاه اصلی مذکور، تنوع دپوها و تنوع بار درخواستی تریلرها و به دنبال آن جابه‌جایی و حرکات جبهه‌های کاری و جرثقیل‌ها تا دپوی مورد نظر نیز باعث تاخیر در بارگیری به موقع یک تریلر در هنگام ورود به خطوط بارگیری می‌شود.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

۵ مدل‌سازی مساله‌ی موردبررسی

برای بررسی اثربخشی راهکارهای مختلف در کاهش گلوگاه‌های مذکور نیازمند بررسی میزان تاثیر هر پیشنهاد در کاهش متوسط زمان انتظار در خطوط مختلف و هم‌چنین درکل سیستم مورد مطالعه خواهیم بود، که در چنین شرایطی برای انجام یک تحلیل واقع‌بینانه، نیازمند شبیه‌سازی سیستم مذکور در قالب یک برنامه‌ی نرم افزاری خواهیم بود.پس ازتعیین توزیع آماری نرخ ورود تریلرها به کارخانه براساس زمان‌های ورود ثبت شده در سیستم و تعیین توزیع آماری نرخ خدمت‌دهی به تریلرها در ایستگاه‌ها و باراندازهای مختلف براساس زمان‌سنجی‌های تصادفی، توزیع آماری اطلاعات به‌دست‌آمده به کمک Input Analyzer نرم افزار ارنا به‌دست آمد. به عنوان نمونه نرخ ورود تریلرهابه کارخانه دارای توزیع لوگنورمال با مشخصه‌های زیر به‌دست‌آمد.



شکل ۲. انجام آزمون برازش توسط نرم افزار

همان‌طور که از شکل ۲ قابل ملاحظه است، input analyzer میزان مربعات خطا از سایر توزیعات آماری نزدیک به توزیع آماری اطلاعات ورودی را نیز ارایه می دهد.

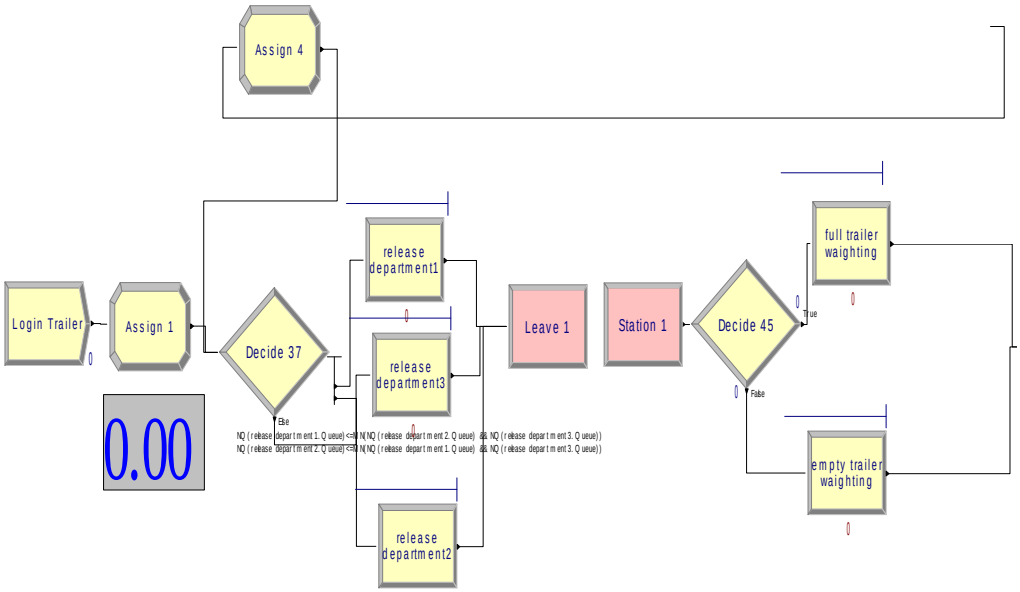
جدول ۱. توزیع آماری ایستگاه‌ها و خطوط مختلف

پارامتر	توابع توزیع
فواصل بین ورود تریلرها به کارخانه	1/5*(BETA(5/08, 5/87)+ 3/4
خدمت‌دهی به تریلرها در ایستگاه ترخیص	LOGN(0/146, 0/0877)+ 1/82
خدمت‌دهی به تریلرها درحالت توزین خالی	WEIB(2/02, 5/17)+ 0/49
خدمت‌دهی به تریلرها درحالت توزین پر	WEIB(1/02, 4/21)+ 0/23
خدمت‌دهی به تریلرها درایستگاه کنترل‌کیفی	GAMM(0/16, 7/59)+ 0/29
بارگیری تریلرها با جبهه‌های کاری بارانداز۱	ERLA(0/354, 5/5)+ 4/21
بارگیری تریلرها با جبهه‌های کاری بارانداز۲	NORM(10,0/9)

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

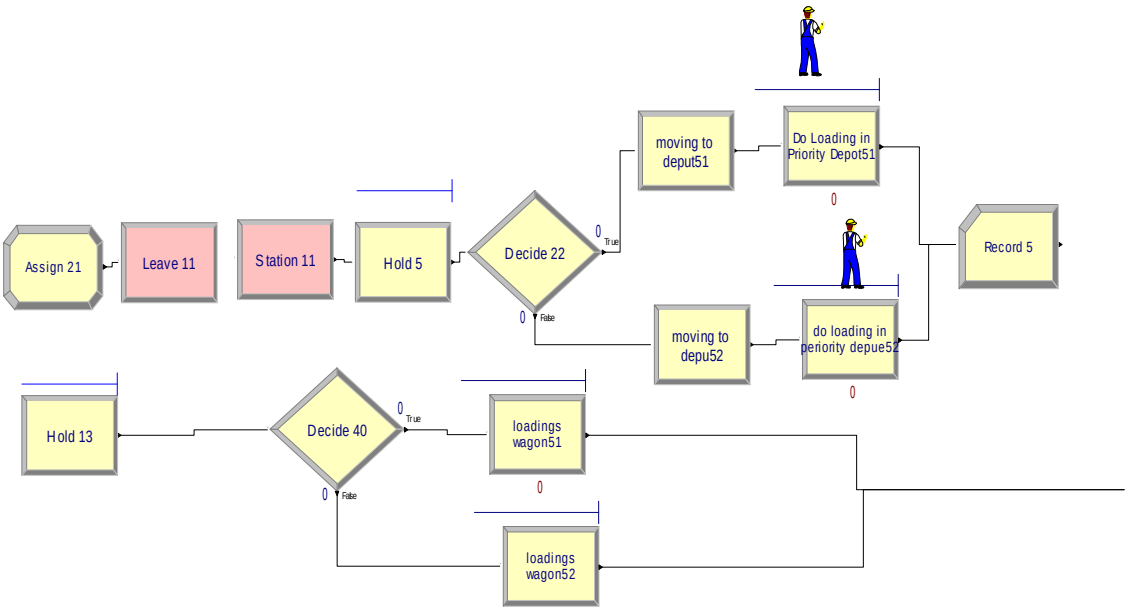
پارامتر	توابع توزیع
بارگیری تریلرها با جبهه‌های کاری بارانداز۳	ERLA(0/0983, 4/36) + 3/76
بارگیری تریلرها با جبهه‌های کاری بارانداز۴	WEIB(4/12, 2/75)+ 10/3
بارگیری تریلرها با جبهه‌های کاری بارانداز۵	ERLA(0/211, 6/4) +4/7
بارگیری تریلرها با جبهه‌های کاری بارانداز۶	TRIA(9,14/1,15/3)
تخلیه‌ی واگن‌های ورودی به بار انداز۱	LOGN(0/328, 0/214)+ 17/8
تخلیه‌ی واگن‌های ورودی به بار انداز۲	0/52*(BETA(2/62, 2/4)+17/9
تخلیه‌ی واگن‌های ورودی به بار انداز۳	/29 (BETA(1/45, 1/36) +13/1
تخلیه‌ی واگن‌های ورودی به بار انداز۴	NORM(16/5 , 0/43)
تخلیه‌ی واگن‌های ورودی به بار انداز۵	2/5* (BETA(1/09, 0/797 +20/5
تخلیه‌ی واگن‌های ورودی به بار انداز۶	0/52* (BETA(2/29, 1/14)+ 8/13

برای ساخت یک مدل منطبق با شرایط واقعی باید میزان اثر هریک از گلوگاه‌های مذکور در بارگیری به موقع یک تریلر نیز بررسی دقیق شود.که بدین منظور زمان‌های توقف جرثقیل‌ها در خطوط مختلف بر اساس زمان‌های توقف ثبت‌شده به علت وزش باد در دوره‌ی سه‌ماهه‌ی تحت‌بررسی، مطالعه و توزیع آماری آن محاسبه گردید. تنوع حرکتی جرثقیل‌ها و جبهه‌های کاری تا دپوی اولویت نیز با توجه به ثابت بودن حرکت جرثقیل از یک دپو تا دپوی مجاور به صورت یک تابع توزیع یکنواخت از حداقل تا حداکثر تعداد دپو در نظر گرفته شد.

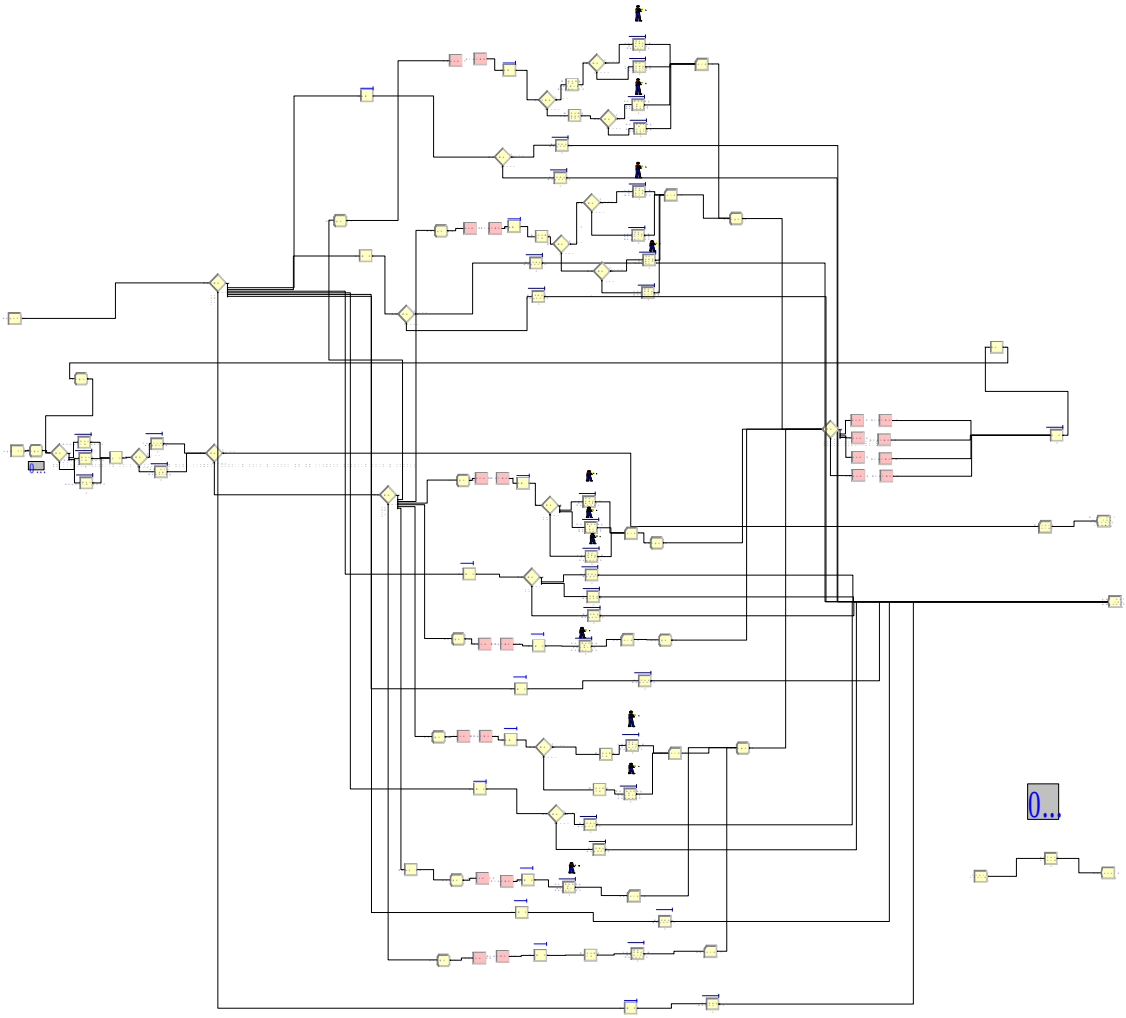


شکل۳. ماژول‌های استفاده شده در مراحل ورود توزین (پر وخالی) و ترخیص (صدر دستور بارگیری و صدور بارنامه)

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]



شکل ٤. فرایندهای تخلیه و بارگیری در یکی از خطوط ۶گانه



شکل ٥. نمای کلی مدل در محیط Arena14

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

٦ اعتبارسنجی مدل ساخته‌شده

پس از انجام آزمون نرمال بودن زمان‌های ماند تریلر در سیستم در دوره‌ی مورد مطالعه و تایید نرمال بودن داده‌ها، برای مقایسه‌ی نتایج مدل شبیه‌سازی‌شده با زمان‌های ثبت‌شده در سیستم، از آزمون One Sample T test استفاده گردید. برای اعتبارسنجی زمان‌های به‌دست‌آمده، باید از اطلاعات دردسترس از ۹۳ روز فصل بهار، میانگین زمان انتظار تریلر درسیستم در دوره‌ی موردمطالعه را محاسبه و سپس مقادیر به‌دست آمده ازاجرای مدل شبیه‌سازی را با آن‌ها مقایسه کنیم.

$$\begin{cases} H_{\circ} : \mu_{output\ of\ simulation} = ۱۷۲ \\ H_{۱} : \mu_{output\ of\ simulation} \neq ۱۷۲ \end{cases}$$

که عدد ۱۷۲ در اینجا، در واقع میانگین زمان انتظار و توقف تریلرها در کل سیستم بر اساس اطلاعات ثبت‌شده در سیستم در بهار ۹۲ است. پس از انجام آزمون، اعتبار مدل ساخته‌شده در سطح ۹۵ درصدی مورد تایید قرار گرفت.

۷ سناریوهای طراحی‌شده

- سناریوی شماره‌ی ۱ :تقسیم بارگیری محصولات متنوع در روزهای کاری یک هفته
- سناریوی شماره‌ی ۲: اضافه نمودن جبهه‌ی کاری به خطوط دارای جرثقیل بیکار
- سناریوی شماره‌ی ۳ :خرید و نصب جرثقیل‌های سریع‌تر
- سناریوی شماره‌ی ۴: نصب کابل‌جمع‌کن بر روی خطوط تخلیه و بارگیری
- سناریوی شماره‌ی ۵: مسقف نمودن خطوط تخلیه و بارگیری
- سناریوی شماره‌ی ۶ : نصب سوله بر روی خطوط تخلیه و بارگیری

با انجام سناریوی ۱، هر روز کاری از هفته به حداکثر ۲ نوع محصول اختصاص می‌یابد وبه عبارت بهتر تمامی خطوط زمان جابه‌جایی و تعویض کابل صفر داراست و زمان معطلی تریلرها به خاطر جابه‌جایی جرثقیل‌ها و جبهه‌های کاری صفر می‌گردد.

در سناریوی شماره‌ی ۲، خطوط ۲و۳ و۶ وهم‌چنین خط ۷ (که یک خط کمکی جهت تخلیه‌ی محصولات خطوط مختلف است)،پتانسیل افزایش جبهه‌ی کاری را داراست. در این سناریو با توجه به مشابه بودن محصولات خطوط ۱ و ۲، با اضافه کردن یک جبهه‌ی کاری به خط ۲، فعالیت‌های تخلیه و بارگیری خطوط بین دو خط به طور مساوی تقسیم می‌گردد.با اضافه نمودن یک جبهه‌ی کاری به خط ۳ نیز حجم کاری در هر جبهه‌ی کاری کاهش می‌یابد. خط ۵ مانند خط ۳ دارای تقاضای بالاست؛ ولی پتانسیل افزایش جبهه‌ی کاری در آن نیست،که بدین منظور از یکی از جرثقیل‌های موجود در خط ۷ استفاده می‌شود. خط ۶ نیز دارای اتلافات زمانی بالا والبته، جرثقیل بیکار است؛ ولی به دلیل این‌که تقاضای محصولات این‌خط، بسیار پایین‌تر از سایر خطوط است، افزودن جبهه‌ی کاری به این خط و راه‌اندازی دیگر جرثقیل‌های آن، مقرون‌به‌صرفه نیست.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

در اجرای سناریوی شماره ۳، باتوجه به قابلیت‌های فنی و حرکتی جرثقیل‌های جدیدتر،میزان کاهش در زمان‌های تخلیه و بارگیری محصولات به واسطه‌ی جرثقیل‌های جدیدتر به طور تقریبی و براساس نظر رانندگان جرثقیل‌ها در مدل لحاظ شد. که به طور متوسط کاهش ۱ دقیقه‌ای در هرفرایند بارگیری و ۳ دقیقه‌ای در هر فرایند تخلیه، در مدل لحاظ گردید.

در سناریوی شماره‌ی ۴: نصب کابل‌جمع‌کن باعث می‌شود که نیاز به جدانمودن و حمل دستی کابل جرثقیل‌ها تا دپوی مورد تقاضای مشتری نباشد و سیکل بارگیری در شرایط عادی کاهش یابد.

در سناریوی شماره‌ی ۵ : اثر وزش باد تنها بر روی پایه‌های جرثقیل ایجاد می‌گردد و به پل جرثقیل فشاری وارد نمی‌کند و با توجه به توزیع آماری سرعت وزش باد در دوره‌ی مورد مطالعه، چنین رویکردی به میزان یک سوم از اثر وزش باد در فرایندهای تخلیه و بارگیری می‌کاهد.

در سناریوی شماره‌ی ۶: زمان‌های Hold شدن تریلرها و براثر ورود باد به سیستم حذف می‌گردد.

پس از اجرای سناریوهای ۶گانه و دستیابی به خروجی‌های نرم افزار در خصوص زمان‌های انتظار و هم‌چنین میزان تریلرهای خارج شده از سیستم به طور متوسط در یک دوره‌ی ۲۴ ساعته، نتایج هریک از سناریوها با وضعیت موجود سیستم، قابل‌مقایسه خواهدبود. جدول ۲ به مقایسه‌ی زمان‌های ماند در سناریوهای ۵گانه و زمان‌های توقف ثبت‌شده در سیستم می‌پردازد و شکل ۳ میزان تریلرهای خروجی و سرویس‌گرفته از سیستم را با متوسط تریلرهای خروجی از سیستم (در دوره‌ی ۳ماهه‌ی مورد مطالعه) مورد مقایسه قرارمی‌دهد.

جدول۲. زمان‌های ماند و معطلی تریلرها در سناریوها ۵گانه

زمان معطلی درکل سیستم	خط۷	خط۶	خط۵	خط۴	خط۳	خط۲	خط۱	زمان‌های انتظار
۱۷۲	–	۹۷	۱۱۱	۶۳	۱۰۴	۱۲۰	۱۱۲	مدل شبیه سازی
۱۷۷	–	۱۰۵	۱۰۲	۵۸	۱۰۵	۱۱۶	۱۰۸	سناریو ۱
۱۴۵	۶۱	۹۱	۶۹	۹۰	۸۱	۹۰	۱۰۴	سناریو۲
۱۷۵	–	۹۳	۱۰۸	۷۱	۹۰	۱۱۵	۱۰۹	سناریو۳
۱۸۱	–	۸۶	۱۰۲	۷۶	۷۴	۱۲۳	۹۸	سناریو۴
۱۲۳		۷۱	۵۶	۳۶	۴۷	۵۱	۶۲	سناریو۵
۸۵	–	۴۱	۳۷	۱۵	۳۳	۳۶	۳۲	سناریو۶

جدول۳. تعداد تریلرهای سرویس‌گرفته و خارج‌شده از سیستم

سناریو۶	سناریو۵	سناریو۴	سناریو۳	سناریو۲	سناریو۱	مدل شبیه ساز شده	
۴۹۵	۴۶۷	۴۳۳	۴۷۵	۴۸۲	۴۷۳	۴۷۲	متوسط تعداد تریلر خروجی

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

۸ بحث

همان‌طور که از داده‌های جدول۲ قابل‌مشاهده است، در سناریوی افزایش جبهه‌های کاری، با اضافه کردن جبهه‌ی کاری به خط دوم، با توجه به مشابه‌بودن محصولات دو خط ۱و۲و تقسیم‌شدن فعالیت‌های تخلیه و بارگیری بین ۴جبهه‌ی کاری دو خط، زمان‌های انتظار خطوط ۱ و۲ کاهش پیداکرده است. متوسط زمان انتظار درخط ۳ نیز با راه‌اندازی جبهه‌ی کاری سوم و تقسیم‌شدن فعالیت‌های تخلیه و بارگیری این خط از ۲ جبهه به ۳ جبهه‌ی کاری به میزان قابل‌توجهی کاهش‌یافته است. متوسط تعداد تریلر خروجی با استفاده از این سناریو به تعداد ۸ تریلر در روز افزایش یافته است. هم‌چنین در خط ۵ به علت راه‌اندازی یکی از جبهه‌های کاری خط۷ و کمک‌گرفتن از این خط در فعالیت‌های تخلیه و بارگیری، زمان انتظار به میزان ۴۲ دقیقه کاهش‌یافته است.

سناریوی نصب سوله بر روی خطوط بارگیری وصفر نمودن اثر وزش باد (در توقف فعالیت‌های تخلیه و بارگیری) بیشترین تاثیر را بر کاهش زمان ماند تریلرها در تمامی خطوط و طبیعتا در کل سیستم به همراه دارد. این سناریو به طور متوسط باعث افزایش ۲۳ موردی تعداد تریلرهای خروجی از سیستم در یک دوره‌ی ۲۴ ساعته می‌گردد.

برای یافتن اقتصادی‌ترین راهکار در کاهش زمان ماند تریلرها، ابتدا نتایج ۷۶ تکرار از هر سناریو را با نتایج مدل اصلی مورد مقایسه‌ی آماری قرار دادیم، که سناریوهای تفکیک روزهای کاری، نصب کابل‌جمع‌کن و هم‌چنین خرید و نصب جرثقیل‌های سریع‌تر، اختلاف معناداری از لحاظ کاهش در زمان ماند تریلرها در سیستم ایجاد نکرد.

نهایتاً ۳ سناریوی افزایش جبهه‌ی کاری، مسقف‌نمودن خطوط و سناریوی نصب سوله را که دارای اختلاف‌های معنادار با مدل اصلی در خصوص متوسط زمان ماند تریلر درسیستم و هم‌چنین متوسط تعداد تریلر خروجی در روز بودند به روش ارزش فعلی خالص مورد مقایسه قراردادیم تا اقتصادی‌ترین راهکار جهت کاهش زمان ماند تریلرها درسیستم به‌دست آید.

همان‌طور که از جدول ۴ قابل مشاهده است، سناریوی نصب سوله علاوه بر بالابودن میزان سرمایه‌گذاری اولیه، به دلیل بالاتربودن بازدهی، دارای ارزش فعلی خالص بالاتری است.

جدول٤.تحلیل اقتصادی ۲ سناریوی برتر پیشنهادی

گزینه‌ها	هزینه ثابت اولیه(تومان)	هزینه‌ی یکنواخت ماهیانه	میزان بازدهی ماهیانه	ارزش فعلی خالص در دوره ی ۵۰ ساله
اضافه نمودن جبهه‌های کاری	۰	(۱۲۰۰۰۰۰)	۴۶۱۷۶۰	(۴۲۱۰۵۲۶۳۲)
مسقف نمودن خطوط	(۳۷۳۶۴۰۵۰۰۰)	۰	۲۵۳۹۶	۲۴۵۶۷
نصب سوله بر روی خطوط	(۲۶۱۵۴۸۳۵۰۰۰۰۰)	۰	۱۲۶۹۸۴۰	۴۴۵۵۵۷۶۹

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

۹ نتیجه‌گیری

یکی از آیتم‌های اصلی در ایجاد یک مدل شبیه‌سازی مناسب و واقعی، شناسایی گلوگاه‌ها در قسمت‌های مختلف و تحلیل بی‌کم و کاست آن‌هاست. در صورت لحاظ‌کردن چنین شرایطی، انتخاب و ایجاد سناریوهای بهبوددهنده، هدفمندتر و منطقی‌تر صورت می‌پذیرد.

در این پژوهش، که هدف اصلی آن بر کاهش زمان ماند و معطلی مشتریان بود، قبل از انجام هرگونه جمع‌آوری اطلاعات و زمان‌سنجی، به نتایج ثبت‌شده در سیستم در خصوص اتلافات زمانی در ایستگاه‌های مختلف پرداختیم. خطوط بارگیری دارای بیشترین سهم در این اتلافات زمانی بود، با این که زمان‌های خدمت‌دهی در این خطوط اختلاف چندانی با دیگر قسمت‌ها نداشت، دلیل اصلی میزان معطلی بیشتر تریلرها را بایستی در گلوگاه‌های موجود در این قسمت بررسی می‌کردیم.

پس از مدل‌سازی شرایط براساس اطلاعات جمع‌آوری شده و تایید اعتبار مدل براساس زمان‌های ثبت شده در سیستم، سناریوهایی را با هدف کاهش اثرات گلوگاه‌های موجود طراحی و میزان اثر هر یک را در کاهش زمان معطلی تریلرها بررسی کردیم. مقایسات آماری، تنها سناریوها را از جنبه‌ی کاهش زمان‌های انتظار بررسی و تحلیل کرد، در حالی‌که لحاظ‌کردن ابعاد مالی و اقتصادی سناریوها تحلیلی جامع‌تر و هوشمندانه‌تر از راهکارهای پیشنهادی و اثرات آن‌ها می‌خواهد.

منابع

[۱] دهباری، ص.، پورروستا، ع.، نادری بنی، م.، قبادیان، ا.، (۱۳۹۱). مسیریابی وسایل حمل و نقل چندهدفه با زمان سرویس احتمالی و تقاضای فازی تحت محدودیت‌های پنجره زمانی. مجله تحقیق در عملیات درکاربردهای آن، ۹(۴)، ۱۰۶-۸۵.

[۱۰] کارسن ، ب.، (۱۳۸۴). شبیه‌سازی‌های سیستم‌های گسسته پیشامد، هاشم محلوجی، تهران انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.

[2] Kang, S., Medina, J. C., Ouyang, Y., (2008). Optimal operations of transportation fleet for unloading activities at container ports. Transportation research, 1016(10):970-984.

[3] Lagoudis, I. N., Platis, A. N., (2009). Using Birth and Death Theory for Container Terminal Optimization. International journal of decision sciences, risk and management, 51(1): 196-215.

[4] Alattar, M., Karkare, B., Rajhans,N., (2010). Simulation of container queues for port investment decisions. Journal of Simulation Modeling Practice & Theory, 8(12): 55-167.

[5] James, P., (2011). Evaluating container yard layout a simulation approach. Computers &operations research, 36(8): 1711 – 1725.

[6] Wei, J., Leung, S. C. H., (2011). A simulation modeling and analysis for RFID-enabled mixed-product loading strategy for outbound logistics. Computers & Industrial Engineering, 61(1): 209–215.

[7] Jacobus, S., (2012). Resource Optimisation of a Warehose Process through Simulation Modeling. International Journal of Production Economics, 11(7):91-112.

[8] Dasari, S., Murphy, D., Redman, C., (2012). Warehouse Layout and Picking Simulation. Supercomputing Challenge. 12(4):68-79.

[9] Jorge, P. C., Kokkinogenis, Z., Marques, M., Rosseti, R. F. J, Marques, M. A. P, (2012). Simulation of an Order Picking System in a Pharmaceutical. International Journal of Engineering Systems Modelling and Simulation. 13(9):106-114.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]