مطالعه‌فرایندهای لجستیکی‌درسکوی تخلیه انبارهای‌پخش به‌کمک تکنیک شبیه‌سازی گسسته (Discrete Simulation)

محسـن قـانـون

مشاور لجستیک و طراح انبار، فوق‌لیسانس مهندسی لجستیک و زنجیره تامین، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، mohsenghanoon@gmail.com

۱- چکیده

ناحیه تخلیه کالا (سکوهای تخلیه)، بدلیل تاثیرگذاری بر لجستیک داخلی انبار و تامین کالای موردنیاز برای ارسال به دپارتمان‌های داخلی انبار، از جمله ناحیه قفسه‌بندی شده انبار، سالن آماده‌سازی سفارش یا خطوط تولید، از نواحی قابل توجه در طراحی سیستماتیک انبارها به‌شمار می‌رود. بدیهی‌است عدم قطعیت فواصل زمانی ورود خودروهای حامل کالا به انبار و لذا مشخص نبودن تعداد خودروی الحاقی به سکوهای تخلیه، سبب تبعیت میزان کالاهای وارده به انبار از الگوهای احتمالی و درنتیجه دشواری در برنامه‌ریزی و مدیریت تراکنش‌های مابین سکوهای تخلیه و نواحی داخلی انبارها می‌گردد، همچنین ایجاد جریان پیوسته کالا به مقصد مکان‌های انبارش (فضاهای قفسه‌بندی شده)، در کوتاه‌ترین زمان و با حفظ ایمنی کاربر و کالا، از دیگر نکات حائز اهمیت در طراحی انبارهای نوین است که این موضوع ممکن است درصورت افزایش تعداد تراکنش‌های مابین ناحیه تخلیه و نواحی انبارش به یک چالش جدی مبدل گردد و درصورتی‌که در فرایند مذکور، عملیات دیگری همچون الزام به تغییر تراز جابجائی کالا نیز افزوده شود (انتقال کالا به طبقات بالا یا پائین ساختمان انبار)، احتمال افزایش صعوبت عملیات و تبدیل شدن این ناحیه به گلوگاه فرایند، دور از ذهن نخواهد بود.

باعنایت به توضیحات فوق، در مقاله حاضر اقدام به ایجاد مدلی برای تحلیل بخشی از عملکردهای لجستیکی انبار و آنالیز فرایندهای مربوطه شده است که از ضروریات طراحی سیستماتیک انبـارها و اعتبارسنجی کارائی نواحی تخلیه کالا (و باراندازها) می‌باشد و در این راستا ضمن معرفی تکنیک شبیه‌سازی گسسته و نحوه مدلسازی فرایند موردنظر، انواع سناریوهای ممکن، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

نویسنده: محسن قانون

ایمیل: mohsenghanoon@gmail.com

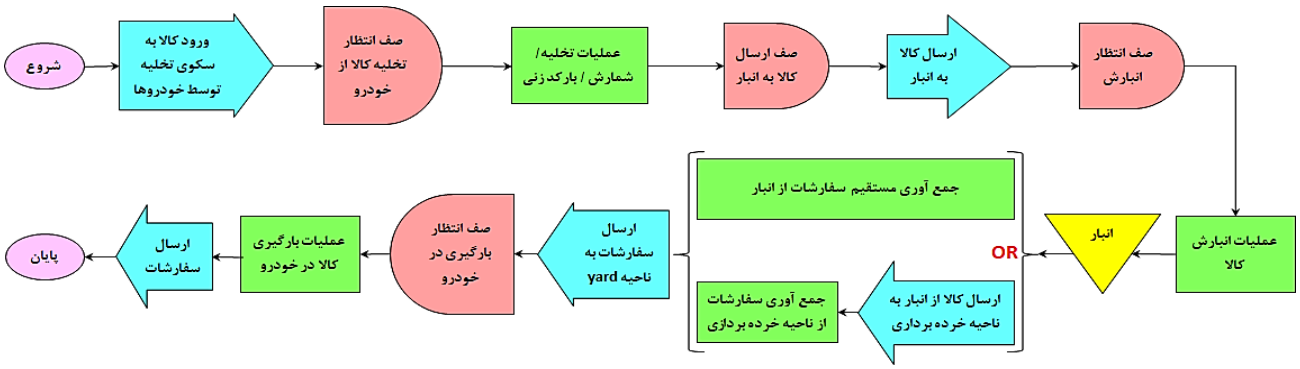
کلمات کلیدی: لجستیک داخلی ، انبار ، انبار پخش ، شبیه‌سازی ، شبیه‌سازی گسسته ، گلوگاه ، زنجیره تولید و توزیع

۲- مقدمه

امروزه شرکت‌های پخش و انبارها، از اهمیت ویژه‌ای در تکمیل زنجیره تولید و توزیع کشورها برخوردار هستند و کفایت فرایندهای مرتبط با حوزه لجستیک, بویژه لجستیک داخلی (Internal Logistics)، تاثیر غیرقابل انکاری در کارائی زنجیره تامین (Supply Chain) خواهد داشت. اصولاً بخش عمده‌ای از دارائی شرکت‌ها، بویژه در شرکت‌های پخش، در قالب انواع کالا و محصولات، در انبارها نگهداری می‌شوند (بجز کالای در جریان یا کالای حین فرایند (wip=work in prosses) که در انبارک‌های (bufer) موجود در خطوط تولید قرار دارد) و براساس سفارشات دریافتی (در شرکت‌های پخش با ویژگی فروش سرد) یا پیش‌بینی فروش (در شرکت‌های پخش با ویژگی فروش گرم)، بایستی در کوتاه‌ترین زمان و با بالاترین کیفیت خدمات, ضمن گردآوری اقلام مورد سفارش از انبار و انجام عملیات خرده‌برداری و جورچینی (Picking & packing)، نسبت به ارسال کالای موردنظر توسط خودروهای حمل، اقدام گردد. مشابه همین فرایند نیز در حوزه دریافت کالا از بیرون انبار و گسیل اقلام دریافتی به سمت نواحی قفسه‌بندی شده وجود دارد، لذا نواحی دریافت و ارسال کالا، به‌دلیل مواجهه با حجم بالای تراکنش‌های حاصل از ورود یا خروج کالای مبتنی‌بر الگوهای احتمالی، به عنوان عناصری دارای قابلیت تبدیل شدن به گلوگاه (BottleNeck) مطرح می‌باشند که

درصورت بروز این ویژگی، توقف عملیات جاری انبار، حاصل از تشکیل صف‌های طولانی خودروها یا پالت کالاهای منتظر خدمت-گیری و درنتیجه تطویل نامتعارف زمان عملیات انبار، کاملاً محتمل خواهد بود، بر این اساس فراهم‌سازی امکان جابجائی اقلام وارده به انبار یا ارسالی از انبار، در کوتاه‌ترین زمان و به شیوه‌ای که کمترین هزینه عملیات و مصرف منابع را در پی داشته باشد الزامی خواهد بود و رفع موانعی که می‌توانند این مهم را با مشکل مواجه سازند، از ضروریات برپائی انبارهای کارآمد می‌باشد.

بطورکلی و فارغ از نوع کالای انبار، گستره اقدامات انبارها و شرکت‌های پخش، از ورود کالا به انبار تا ارسال کالا، به اختصار شامل عملیات دریافت کالا از بیرون انبار، انبارش کالای دریافتی، خرده‌برداری و آماده‌سازی سفارش جهت ارسال و نهایتاً ارسال سفارشات، مطابق دیاگرام گردش فرایند ذیل می‌باشد که البته براساس الزامات هر سازمان و ویژگی‌های اختصاصی هر کالا، جزئیاتی نیز به آن افزوده یا کسر می‌گردد امّا نکته حائز توجه در این دیاگرام، وجود صف‌های انتظار متعدد (مانند صف انتظار تخلیه کالا از خودرو، صف انتظار ارسال کالا به انبار، صف انتظار انبارش، صف انتظار بارگیری) در طول فرایند بوده که نشان‌دهنده استعداد بالقوه بخش‌هائی از انبارها برای تبدیل شدن به عناصر گلوگاهی است.



لذا بنظر می‌رسد بکارگیری تکنیک‌هائی که امکان مطالعه گردش عملیات تخلیه/بارگیری، براساس اطلاعات میدانی را فراهم سازد از ضروریات صحه‌گذاری طرح انبارها خواهد بود، در این راستا مطالعه رفتار آماری فرایندهای دریافت یا اِرسال، در شرائط مشابه با واقعیت، کمک شایانی به بهبود مبتنی‌بر تحلیل گردش عملیات انبار در حین طراحی انبار و یا در بهبود گردش فرایند انبارهای دایر، ناشی از رفع یا ارتقاء عناصر گلوگاهی خواهد نمود. لازم بذکر است شرط موفقیت در این مطالعه، قابلیت تکنیک مورداستفاده در لحاظ نمودن تاثیر گذشت زمان بر رفتار پویای (Dynamic) سیستم مورد مطالعه در انبارهای کالا می‌باشد که این مهم از طریق تکنیک شبیه‌سازی کامپیوتری (Simulation) به‌سهولت قابل انجام است.

۳-آشنائی با مفهوم شبیه‌سازی

بطورکلی شبیه‌سازی عبارت است از فرآیند طراحی مدلی از سیستم واقعی و انجام آزمایش‌هایی با هدف پی‌بردن به رفتار سیستم که استراتژی‌های گوناگون را در محدوده‌ای به وسیله مجموعه‌ای از معیارهای اِعمال شده مورد مطالعه قرار می‌دهد. اصولاً علم تحلیل سیستم‌ها برای کمک به فهم نتایج حاصل از تغییر بخشی از یک سیستم که سایر بخش‌های آن سیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهد ایجاد شده است و بخصوص پس از توسعه کامپیوترها, شبیه‌سازی به یکی از مهم‌ترین ابزارهای تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده بدل شده (کتاب علم و هنر شبیه‌سازی سیستم‌ها، تالیف شاتون و رابرت). لذا شبیه‌سازی به‌عنوان روشی سریع و با دقت برای مطالعه رفتار و بهبود انواع سیستم‌ها در هر یک از مراحل طرح‌ریزی، اجراء و بهره‌برداری، جهت اَخذ تصمیمات مطلوب بکار گرفته می‌شود. در جدول ذیل، نتائج بررسی ۲۰۵ شرکت معظم آمریکائی در زمینه بکارگیری انواع ابزارهای کمّی حوزه مطالعات مهندسی ارائه گردیده. (کتاب علم و هنر شبیه‌سازی سیستم‌ها، تالیف شاتون و رابرت)

تکنیک مورد استفاده	درصد	تکنیک مورد استفاده	درصد
شبیه سازی	۲۹	برنامه ریزی پویا	۴
برنامه ریزی خطی	۲۱	برنامه ریزی عدد صحیح	۳
تحلیل شبکه ای	۱۴	تئوری صف	۳
مباحث کنترل موجودی	۱۲	سایر تکنیک ها	۶
برنامه ریزی غیرخطی	۸	جمع	۱۰۰

از مهم‌ترین دلائل بکارگیری تکنیک شبیه‌سازی در مطالعات مهندسی و تحلیل سیستم‌ها، قدرت فشردن زمان، قدرت گسترش زمان، قابلیت توقف زمان به‌منظور بررسی نتایج حاصله و شروع مجدد، تکرار یک آزمایش و بررسی آن با حفظ شرائط اولیه و امکان تغییر برخی ویژگی‌های مدل به‌منظور مطالعه تاثیر تغییرات بر نتایج حاصله می‌باشد.

براساس نوع مواجهه تکنیک شبیه‌سازی با مسائل، دو رویکرد مهم در مدلسازی مبتنی‌بر شبیه‌سازی وجود دارد، شامل مدل‌های پیوسته (Continuse) و مدل‌های گسسته (Discrete). منظور از مدل‌های شبیه‌سازی پیوسته، تداوم دائمی وقایع (Event) در طول زمان است، مانند جریان آب در یک شبکه آبرسانی و یا جریان نقدینگی در سیستم‌های مالی که در مواردی زیرحوزه شبیه‌سازی سیستم‌های پویا (System Dynamic) نیز قلمداد می‌گردند، درحالی که مقصود از شبیه‌سازی گسسته، سیستمی است که پیشامدها در بازه‌ای گسسته از زمان به وقوع می‌پیوندند و ساختار مدل دارای گام‌های زمانی منفصل می‌باشد که از این نمونه می‌توان به عملیات دریافت کالا یا ورود کالا به انبارها اشاره نمود.

۴-آشنائی با ناحیه بارگیری/ تخلیه در انبارهای کالا

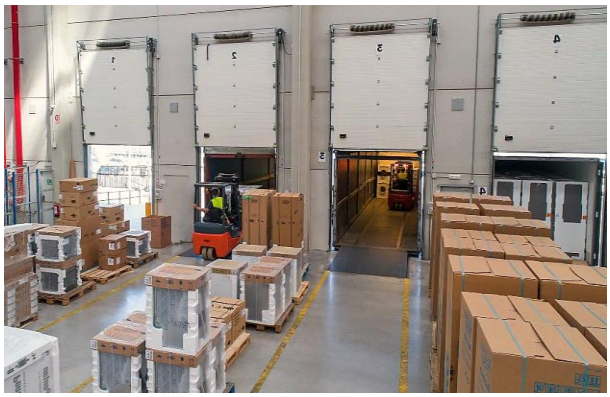
اصولاً وظیفه دریافت کالای وارده (بشکل پالت یا سایر انواع ماژول‌های حمل کالا) و همچنین ارسال کالای آماده حمل به بیرون از محوطه انبار، برعهده ناحیه بارگیری/ تخلیه می‌باشد. بعلت تفاوت ماهوی عملیات این ناحیه با سایر نواحی همجوار (ازجمله فضاهای قفسه‌بندی شده یا دپارتمان آماده‌سازی سفارش)، ضروری‌است استقلال گردش عملیات این ناحیه، دقیقاً در طراحی جانمائی (Layout) انبارها لحاظ شود.

عموماً در ناحیه بارگیری/ تخلیه، دو گونه عملیات انجام می‌شود:

الف- خودروهای وارده (حاوی کالا)، پس از الحاق به سکوهای بارگیری/ تخلیه، اقدام به انتقال بار از خودروها به سکوها و سپس ترابرد کالا به انبار می‌نمایند.

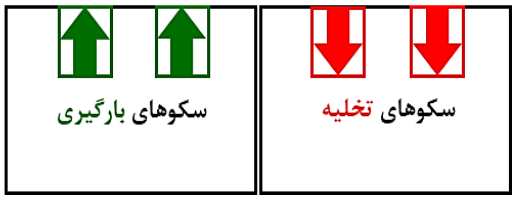
ب- ماژول‌های آماده حمل (فراخوانی شده) از انبار کالا یا دپارتمان آماده‌سازی سفارش، توسط تجهیزاتی از جمله نقاله یا انواع ماشین‌آلات حمل داخل انبار (مانند لیفتراک، جک‌پالت و غیره)، به ناحیه بارگیری/ تخلیه انتقال یافته و همزمان با انجام کنترل‌های نهائی، از طریق سکوها به خودروهای حمل کالا انتقال می‌یابند.

تصویر ناحیه تخلیه/ بارگیری از بیرون انبار



تصویر ناحیه تخلیه/ بارگیری از داخل انبار

دو الگوی متفاوت در ایجاد ناحیه بارگیری/ تخلیه مورد استفاده طراحان قرار می‌گیرد که عبارتنداز ناحیه بارگیری و تخلیه مجزا (غیرهمجوار)، با سکوهای مستقل و ناحیه بارگیری/ تخلیه متمرکز، که سکوها برحسب نیاز و بصورت متوالی یا همزمان به عملیات بارگیری یا تخلیه اختصاص می‌یابند.



سکوهای بارگیری/ تخلیه مجزا

سکوهای بارگیری/ تخلیه متمرکز

درشرائطی که بعلت وجود الزامات خاص، از جمله استانداردهای ایمنی یا بهداشتی، همجواری نواحی مذکور مقدور نباشد و یا نیازمند انجام تخلیه/ بارگیری در قالب دپارتمان‌های کاملاً تخصصی و با تجهیزات ویژه باشیم، الگوی ناحیه بارگیری/ تخلیه مجزا مناسب‌تر خواهد بود، اما اگر نیازمند فضای دردسترس بیشتر و گردش عملیات انعطاف پذیرتر و بیشینگی ظرفیت ارسال و دریافت بودیم ایجاد نواحی متمرکز در اولویت می‌باشد.

بطورمعمول در نواحی بارگیری/ تخلیه از انواع امکانات مانند سکوی بارگیری (Loading Dock)، همسطح‌کننده (Leveler)، سطح شیب‌دار (Ramp)، درب کشوئی (Roll-up Door)، روکش محافظ (Inflatable Shelter)، نقاله (Conveyor)، تجهیز تغییر تراز کالا (Elevator/Lifter) و انواع ماشین‌آلات جابجائی کالا (مانند Lift trucks, Pallet stackers, Hand pallet trucks) استفاده می‌گردد. (جهت اطلاعات بیشتر به کتاب مندرج در ردیف یک فهرست منابع همین مقاله مراجعه شود)

بدیهی‌است الگوی احداث ناحیه بارگیری یا تخلیه و تعداد تجهیزات قابل استفاده، تاثیر غیرقابل‌انکاری در کیفیت و ظرفیت عملیات بارگیری یا تخلیه انبارها دارد، لذا در مقاله حاضر بطورخاص به تبیین روشی سیستماتیک در تصمیم‌سازی پیرامون طراحی سکوهای تخلیه و ناحیه یارد دریافت کالا پرداخته شده است.

۵- مروری بر نمونه مطالعات پیشین

- در سال ۲۰۰۸، Suvarna Sundaram و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "رویکرد مبتنی‌بر شبیه‌سازی برای تخصیص سکوها در مراکز توزیع محصولات غذائی"، به مطالعه عملیات تخلیه در انبارهای بزرگ و انتقال توسط تجهیزات حمل به محوطه قفسه‌بندی انبار پرداختند و از تکنیک نقشه جریان ارزش بهره گرفتند تا به طرح بهینه‌ای درارتباط با مکان سکوها و راهروی قفسه قابل تخصیص به سکوی موردنظر دست یابند.
- در سال ۲۰۰۹، Choong-Yeun Liong و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "یک مطالعه شبیه‌سازی در مورد سیستم بارگیری و تخلیه توسط نرم‌افزار Arena" تلاش نمودند توسط این نرم‌افزار به استراتژی دست یابند که زمان توقف کامیون‌ها را در انبار، بهینه و به حداقل برساند. در این مطالعه کلیه سفارشات قبلاً آماده‌سازی شده‌اند. اصولاً عملیات تخلیه شامل کنترل، تخلیه، دسته‌بندی و انبارش بوده در حالی که عملیات بارگیری شامل آماده‌سازی سفارشات، خرده‌برداری و جورچینی، کنترل، حمل تا پای ماشین و بارگیری در خودرو است و این مطالعه قصد دارد به کمک تکنیک شبیه‌سازی، گلوگاه‌های فرایند را شناسائی نماید، بهره‌وری نیروی انسانی و زمان عملیات را بهبود بخشیده و تعداد تجهیزات حمل درون انبار را برآورد نماید. آنها متوجه شدند زمانی که سفارشات مشابه هستند از طریق افزایش تجهیزات حمل داخل انبار, زمان انتظار مشتریان تا ۶۵٪ قابل کاهش خواهد بود.
- در سال ۲۰۱۵، Azimi و همکاران در مقاله "بهینه‌سازی حمل و نقل مواد غله براساس یک مدل شبیه‌سازی در بندی شهید رجائی" با هدف مدیریت و بهینه‌سازی ماندگاری کشتی‌ها در بنادر، توسط یک مدل شبیه‌سازی و با مدنظر قرار دادن معیارهائی مانند زمان و تعداد کشتی‌های بارگیری شده و زمان معمول عملیات بارگیری, اقدام به بررسی مسئله نمودند. به این ترتیب، ظرفیت حمل و نقل غلات، مابین انبار موقت و اسکله تا میزان ۱۵/۵ ٪ افزایش یافت.
- در سال ۲۰۱۸، Setareh Abedinzadeh و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان "بهبود عملکرد ناحیه تخلیه و بارگیری انبار به کمک تکنیک شبیه‌سازی" تلاش نمودند نسبت به تبیین استراتژی برای کاهش زمان انتظار پرسنل انبار اقدام نمایند. نتائج این مطالعه نشان داد وجود گلوگاه در بخش‌های دیگری از انبار باعث افزایش زمان انتظار پرسنل می‌گردد.
- در سال ۲۰۱۹، Samara wickrama و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "کاهش زمان انتظار فرایند در ناحیه تخلیه و بارگیری انبار" سعی کردند از طریق کاهش زمان فرایند و زمان سیکل، نسبت به بهبود عملکرد انبار اقدام نمایند.
- در سال ۲۰۲۰، Odkhishig Ganbold و همکارانش در مقاله "بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای تخصیص کارکنان انبار، به کمک مدل‌های کلاسیک تخصیص که جزو مسائل NP-hard می‌باشند اقدام به مطالعه محدودیت‌های انبار در رابطه با تجهیزات و فرایندهای متوالی انبار نمودند و در این راستا یک مدل شبیه‌سازی گسسته انبار ایجاد نمودند و توسط تکنیک جستجوی همسایگی، نتائج خروجی و سطح خدمات بهبود بخشیدند که ۱۰٪ افزایش خدمات ورودی و ۳۰٪ افزایش خدمات خروجی حاصل گردید.

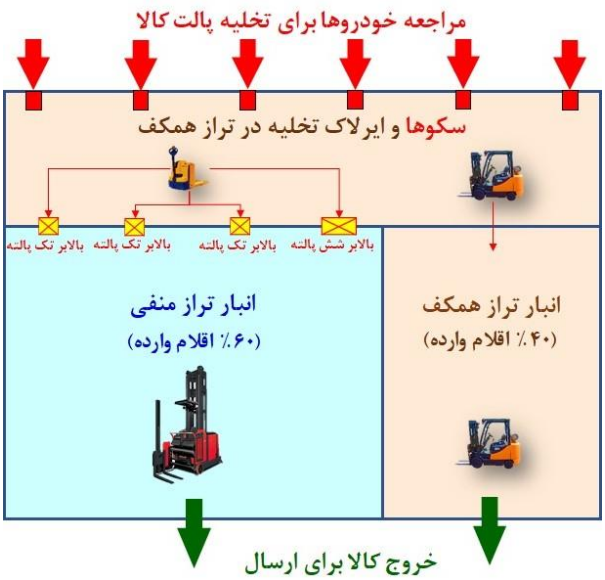
۶-آشنائی با مسئله مورد مطالعه

باعنایت به توضیحات ارائه شده پیرامون مشخصات عملیات بارگیری/ تخلیه انبارها و با هدف کمک به تحلیل طرح این ناحیه، در ادامه به بیان یک مسئله مربوط به ناحیه تخلیه و تشریح نحوه مدلسازی آن از طریق تکنیک شبیه‌سازی گسسته، تحت نرم‌افزار Arena Rockwell Automation ver14 پرداخته شده است.

لذا در این مطالعه قصد داریم ضمن بررسی و تحلیل عملکرد سکوهای تخلیه، از طریق افزودن برخی از عملیات داخلی انبار، ازجمله بکارگیری بالابرهای صنعتی، به پیچیدگی‌های ممکن در فرایند تخلیه و انتقال کالا به نواحی قفسه‌بندی انبار بی‌افزائیم و سپس با کمک تکنیک شبیه‌سازی گسسته، نسبت به مطالعه گردش عملیات، براساس نتائج کمّی و تحلیلی اقدام نمائیم.

لازم بذکر است، در این مطالعه با هدف ایجاد امکان تطبیق نتائج مدلسازی با شرائط واقعی، از اطلاعات میدانی گردآوری شده در یک پروژه واقعی طراحی انبـار بهره گرفته شده است.

۱. در مسئله مورد بررسی، خودروهای وارده به انبار (حامل پالت‌های کالا)، پس از الحاق به سکوهای تخلیه، اقدام به انتقال پالت‌های کالا به یارد مجاور (پشت) سکوها نموده و پالت‌ها پس از شمارش و بارکدزنی، یا به انبار واقع در تراز همکف (انبار تحت تکنولوژی قفسه متحرک) انتقال یافته و یا توسط بالابرها به انبار واقع در تراز منفی (انبار تحت تکنولوژی راهروباریک) ارسال می‌گردند، ضمناً کلیه جابجائی‌ها نیز توسط دو نوع تجهیز حمل مکانیزه شامل جک‌پالت و لیفتراک (منابع مسئله) انجام خواهند شد.



۲. چهار نوع خودروی باربری شامل کامیون خاور، کامیون تک، کامیون جفت و تریلی، بصورت تصادفی و با متوسط فاصله زمانی ۲۵ دقیقه و انحراف معیار ۰/۲۲ وارد شرکت می‌شوند.

۳. خودروها پس از ورود، می‌توانند جهت تخلیه بار به هر یک از ۶ سکوی تخلیه ملحق شوند و لذا اولویت الحاق خودروها به سکوها برای انواع خودرو، مشابه و یکسان است، ضمناً ظرفیت انواع خودرو برحسب تعداد پالت استاندارد اروپائی (۱×۱/۲ متر)، مطابق جدول مقابل می‌باشد:

نوع خودرو	ظرفیت (پالت)
کامیون خاور	۷
کامیون تک	۱۰
کامیون جفت	۱۲
تریلی	۲۴

۴. کلیه پالت‌ها پس از تخلیه (در هر سکو)، شمارش شده و بارکد می‌خورند که زمان این عملیات برای مجموع پالت‌های تخلیه شده از یک خودرو از ۳ تا ۵ دقیقه می‌باشد.

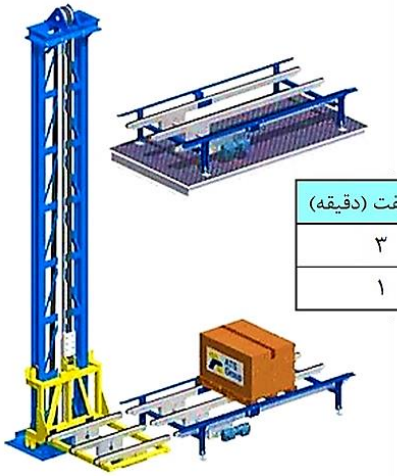
۵. معادل ۶۰٪ از کلیه پالت‌های تخلیه شده باید توسط بالابر صنعتی به انبار واقع در تراز منفی انتقال یابند و ۴۰٪ مابقی نیز از سکوهای تخلیه مستقیما (بدون عبور از بالابرها) به انبار واقع در تراز همکف منتقل می‌گردند.

۶. عملیات انتقال پالت از سکوهای تخلیه به بالابرها توسط جک‌پالت انجام می‌شود.

۷. تعداد جک‌پالت قابل تخصیص به عملیات انتقال پالت‌ها از سکوهای تخلیه، حداقل معادل ۲۰ دستگاه است و زمان انتقال هر پالت از سکوی تخلیه به بالابرصنعتی توسط جک‌پالت معادل ۱ تا ۳ دقیقه است.

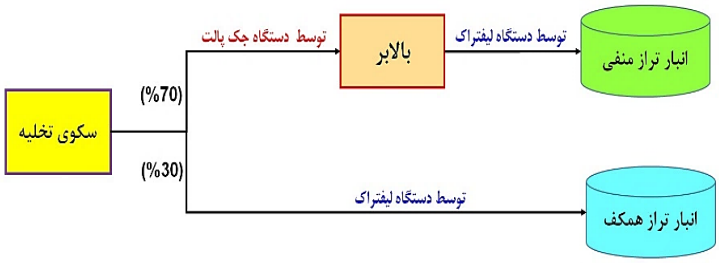
۸. تعداد لیفتراک قابل تخصیص به عملیات جابجائی کالا معادل ۶ دستگاه بوده و زمان انتقال هر پالت از سکوی تخلیه به انبار تراز همکف توسط لیفتراک معادل ۲ تا ۴ دقیقه است.

۹. در این مسئله از دو نوع بالابر صنعتی بهره گرفته می‌شود که ظرفیت هر نوع بالابر و زمان لیفت، مطابق جدول مقابل است:

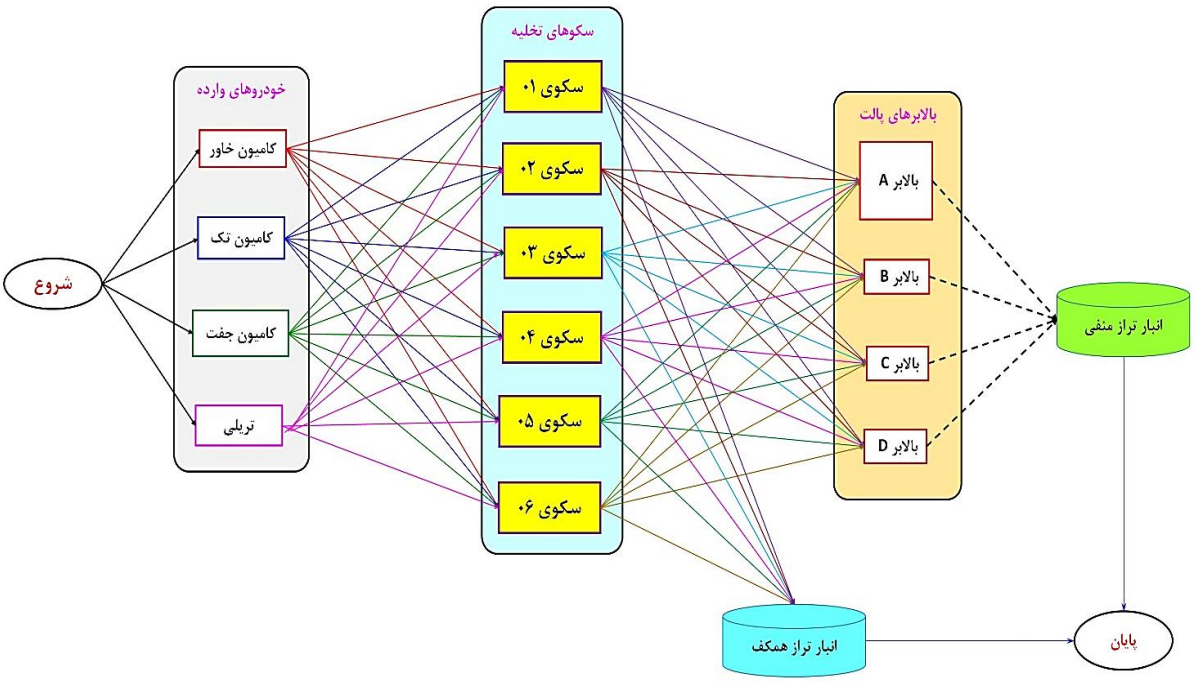


نوع بالابر	ظرفیت (پالت)	تعداد بالابر	زمان لیفت (دقیقه)
A	۶	۱	۳
B	۱	۳	۱

۱۰- پالت‌هائی که توسط بالابر به تراز منفی منتقل می‌شوند، توسط لیفتراک‌ها از داخل بالابرها برداشته شده و حداکثر طی مدت ۳ دقیقه به ابتدای ناحیه قفسه‌بندی شده انتقال می‌یابند و همچنین ۴۰٪ مابقی کل پالت‌های وارده نیز حداکثر طی مدت ۴ دقیقه، توسط لیفتراک‌ها به انبار واقع در تراز همکف منتقل می‌شوند.



دیاگرام گردش فرایند مورد مطالعه مطابق تصویر ذیل است:

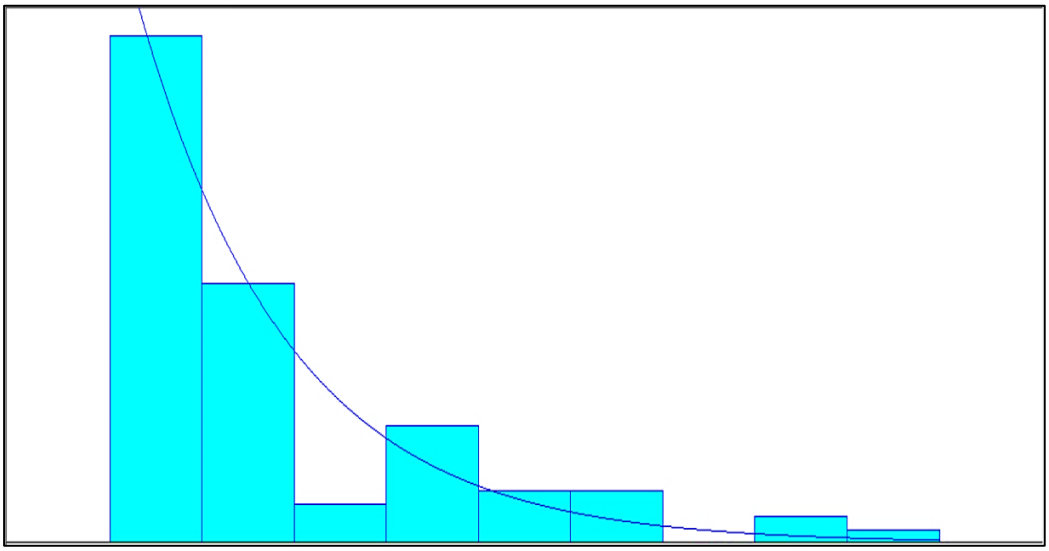


۷-گام‌های مدلسازی

باتوجه به توضیحات ارائه شده پیرامون ویژگی‌های فرایند مورد مطالعه و همچنین براساس اطلاعات میدانی گردآوری شده از ظرفیت‌ها و زمان‌های انواع عملیات جاری در سیستم مذکور، در ادامه اقدام تشریح مراحل ساخت مدل شبیه‌سازی سکوهای تخلیه به انتقال پالت‌ها به انبارهای واقع در تراز همکف یا تراز منفی (توسط بالابرهای صنعتی)، شده است.

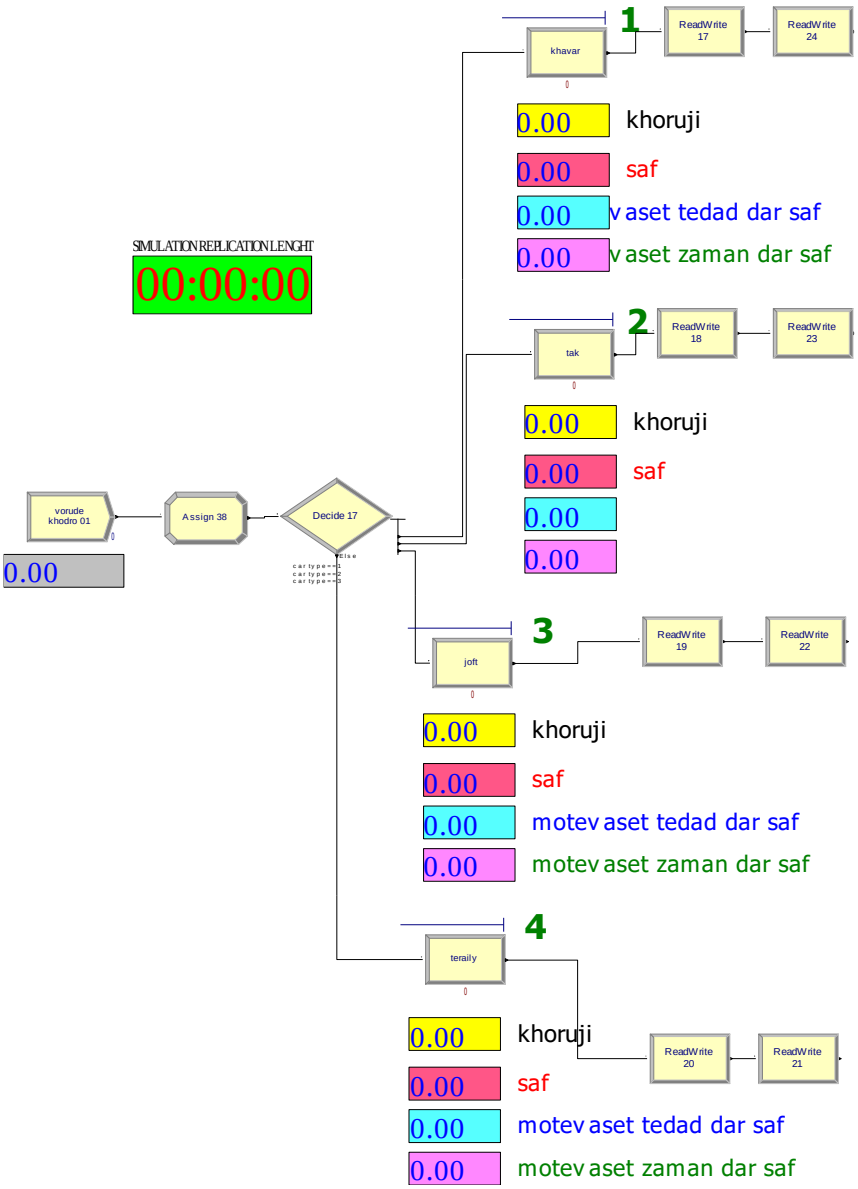
۱. در اولین گام، به منظور شناسائی رفتار آماری عناصر مدل، ضروریست نسبت به تعیین تابع توزیع احتمال آماری کلیه عناصر اصلی سیستم اقدام گردد لذا به عنوان نمونه تابع توزیع زمان‌های ورود خودروها که توسط Data Analyzer نرم‌افزار Arena-14 محاسبه گردیده ارائه شده است. لازم بذکر است به این منظور بایستی داده‌های مربوط به زمان ورود انواع خودرو، در بازه زمانی مورد مطالعه، گردآوری و ضمن برازش انواع توابع احتمالی، بهترین تابع توزیع احتمال آماری برای ورود خودروها را مشخص نمود که مطابق نتائج ذیل، تابع توزیع نمایی (Exponential Distribution)، با مشخصات 0.001- + EXPO(24.6) در اولویت انتخاب قرار دارد. لازم به یادآوری‌است، توزیع نمایی برای بیان طول عمر پدیده‌های تصادفی به‌کار می‌رود و خاصیت عدم حافظه در متغیر تصادفی دارای توزیع نمایی، از خصوصیات مهم این توزیع اماری بوده و مشخص می‌کند احتمال رخداد یک پیشامد در آینده ارتباطی با گذشته آن پدیده ندارد.

Function	Error
Exponential	0.0128
Gamma	0.0284
Weibull	0.0658
Lognormal	0.0659
Normal	0.119
Triangular	0.13
Beta	0.176
Uniform	0.193



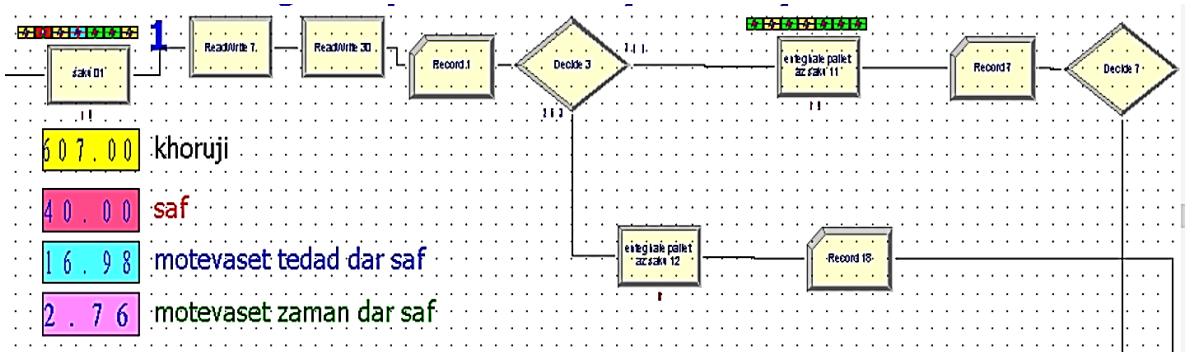
نمودار برازش تابع توزیع احتمال ورود خودروها به شرکت

۲. ورودی مدل شبیه‌سازی در قالب خودروهای حاوی کالا از طریق ماژول create در سیستم تعریف شده که به کمک ماژول Decide، بصورت تصادفی به سکوهای تخلیه ملحق می‌گردند. لازم بذکراست تعریف انواع خودرو نیز در این مرحله توسط ماژول Assign /Attribute انجام خواهد شد و پس از الحاق خودروها به هریک از سکوها و انتقال پالت‌ها به ناحیه تخلیه، پالت‌ها در قالب Entity در طول مدل جریان می‌یابند. ضمناً بدلیل اینکه خودروهای متفاوت، دارای ظرفیت‌های مختلفی هستند لذا توسط ماژول Separate، اقدام به تعیین تعداد پالت قابل حمل توسط هر نوع خودرو می‌گردد.



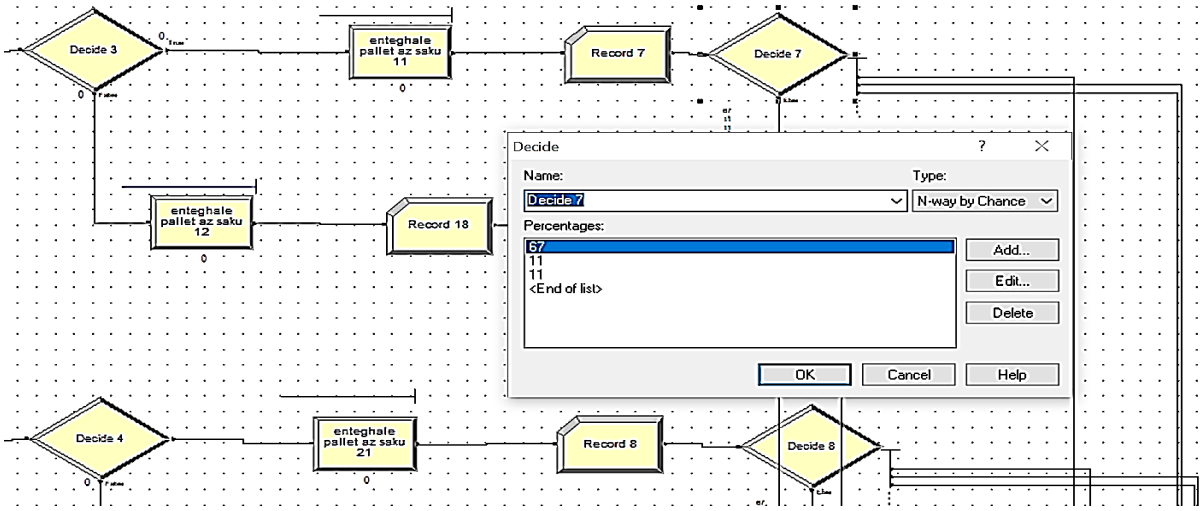
۳. کلیه پالت‌های تخلیه شده از خودروها باید ضمن کنترل و شمارش، به بیرون از محوطه سکوهای تخلیه و داخل انبار انتقال یابند که این عمل توسط ماژول process ضمن درج مشخصات تابع توزیع صورت می‌پذیرد.

۴. عملیات تسهیم پالت‌ها نیز به نسبت ۶۰٪ و ۴۰٪ توسط ماژول Decide انجام می‌گردد.



۵. ارسال پالت‌ها به انبار مستقر در طبقه همکف، از طریق درج بازه زمانی موردنیاز برای انتقال هر پالت در ماژول process انجام می‌شود ولی ارسال کالا به انبار واقع در تراز منفی که از مسیر بالابرها (چهار دستگاه بالابر صنعتی) خواهد بود، مستلزم عبور مجدد داده‌ها از ماژول Decide، باهدف توزیع پالت‌ها مابین بالابرهای دارای ظرفیت خالی خواهد بود که به این ترتیب،

۶۷٪ پالت‌ها به بالابر دارای ظرفیت ۶ پالت اختصاص می‌یابند و مابقی به سه بالابر تک پالته (دارای ظرفیت یک پالت) تخصیص خواهند یافت.

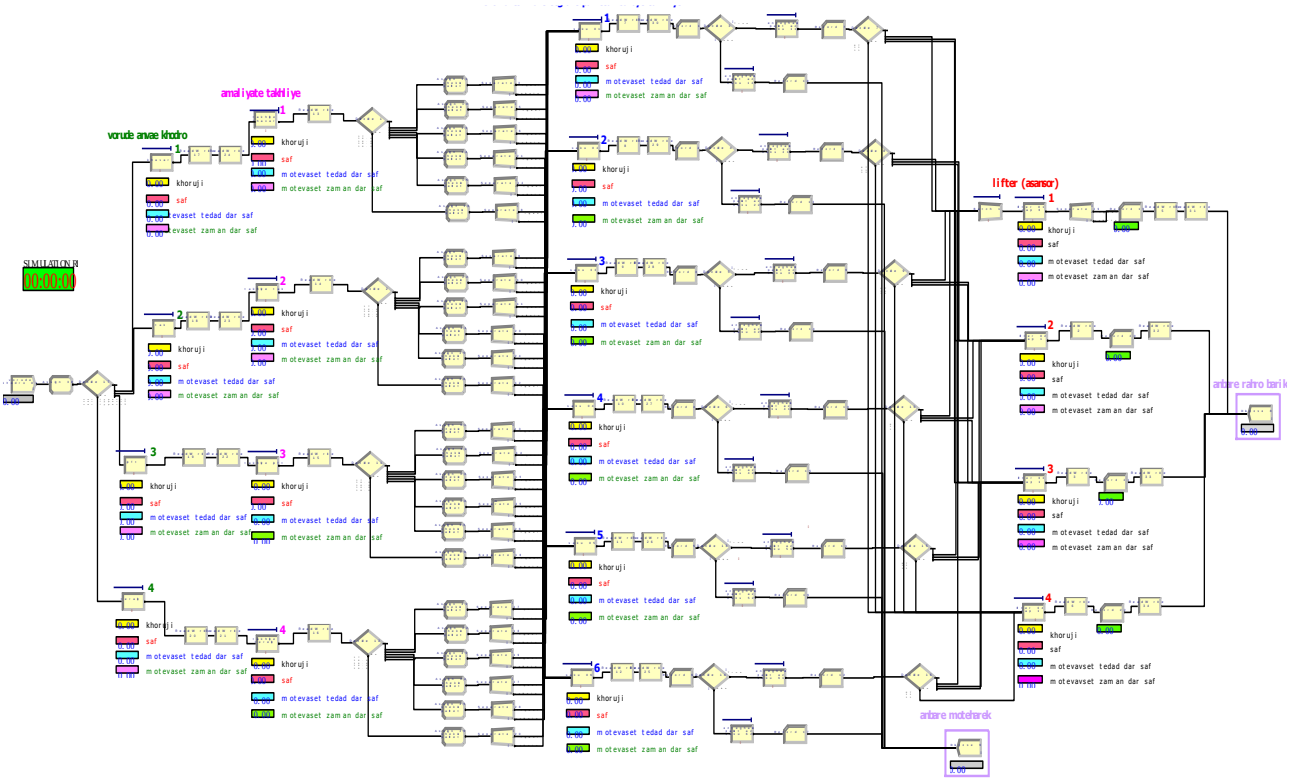


۶. به‌منظور تعریف تاخیر ناشی از زمان لیفت بالابرها از ماژول process بهره گرفته می‌شود. بدیهی‌است چون اصولاً طول مدت لیفت بالابرهای مشابه همواره عددی ثابت است لذا گزینه constant در ماژول process، برای یک بالابر ۶ پالته معادل ۳ دقیقه و برای هر یک از سه بالابر تک پالته معادل ۱ دقیقه خواهد بود.

۷. چون بالابر دارای ظرفیت ۶ پالت، بایستی قبل از حرکت، کلیه شش پالت را دریافت نماید (شرط خدمت‌گیری از بالابرها بصورت پر و با ظرفیت کامل)، لذا قبل از لیفت و به کمک ماژول Batch نسبت به تجمیع شش پالت در داخل بالابر و پس از لیفت نیز توسط ماژول Separate، اقدام به تفکیک پالت‌ها از یکدیگر می‌نمائیم. بدیهی‌است کلیه پالت‌های انتقالی توسط بالابرها، به انبار تراز منفی انتقال می‌یابند.

۸. در مدل شبیه‌سازی موردبحث، دو نوع منبع لیفتراک و جک‌پالت نیز برای عملیات جابجائی در سطح، مورد استفاده قرار گرفته که عناصری تاثیرگذار در کیفیت گردش عملیات خواهند بود.

شبکه مدل شبیه‌سازی سکوهای تخلیه و بالابرهای صنعتی مورد مطالعه، مطابق تصویر ذیل است:



۸- اجرای مدل شبیه‌سازی و تحلیل نتائج

باعنایت به توضیحات ارائه شده پیرامون گام‌های ساخت مدل شبیه‌سازی، در ادامه به تجزیه و تحلیل خروجی‌های مدل پرداخته شده. بدلیل اینکه در اینچنین مطالعات، دیتاهای فراوان و متنوعی تولید می‌گردد لذا ضروری‌است محقق نسبت به تعیین هدف اصلی مدلسازی و تمرکز برروی دیتاهای موثر در تحلیل مسئله اقدام نماید که در این مطالعه عبارتنداز:

۱. زمان صف تخلیه خودروها
۲. تعداد خودروهای در صف خدمت‌گیری
۳. مان صف خدمت‌گیری پالت‌ها در سکوی تخلیه
۴. تعداد پالت در صف خدمت‌گیری در سکوهای تخلیه
۵. زمان صف انتقال پالت‌ها از سکو
۶. تعداد پالت در صف انتقال از سکو
۷. زمان در صف بالابر
۸. تعداد پالت در صف بالابرها
۹. تعداد پالت خروجی سکوها
۱۰. تعداد پالت انتقالی از سکوها به انبار تراز منفی
۱۱. تعداد پالت انتقالی از سکوها به انبار طبقه همکف
۱۲. تعداد خروجی بالابرها
۱۳. وضعیت منبع جک پالت و لیفتراک طی مدت شبیه‌سازی

همچنین به‌منظور اعتبارسنجی (Validation) مدل، تعریف سناریوی اصلی (به‌عنوان مرجع مطالعه) و سناریوهای مبتنی‌بر بروز اختلال در اَرکان مدل (Wors Case) بشرح ذیل انجام می‌گردد:

۱. سناریوی اصلی به‌عنوان مدل مرجع.
۲. سناریوی فرعی اول پیرامون مطالعه عملکرد مدل در شرائط حذف ۳ منبع لیفتراک از کل ۶ لیفتراک در دسترس.
۳. سناریوی فرعی دوم پیرامون مطالعه عملکرد مدل در شرائط حذف ۱۰ منبع جک پالت از کل ۲۰ جک پالت در دسترس.
۴. سناریوی فرعی سوم پیرامون مطالعه عملکرد مدل فاقد محدودیت منابع.
۵. سناریوی فرعی چهارم پیرامون مطالعه عملکرد مدل درصورت افزایش زمان شمارش و لیبل‌زنی پالت‌های تخلیه شده از ۳۰ دقیقه تا ۵۰ دقیقه.
۶. سناریوی فرعی پنجم پیرامون مطالعه عملکرد مدل در صورت حذف بالابر شش پالته.

جداول نتائج حاصل از اجرای مدل عددی شبیه‌سازی سکوهای تخلیه و بالابرهای صنعتی برای دیتاهای موثر در تحلیل مسئله بشرح ذیل می‌باشد:

واحد	عناصر مدل	مدل مرجع		کسر سه لیفتراک		کسر ده جک پالت		منابع نامحدود		شمارش در هر سکو		حذف لیفتر ۱	
		متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر
ساعت	زمان صف تخلیه خودروی جفت	0	0.18			0.06	0.6	0	0		31.17		
ساعت	زمان صف خدمت گیری خودروی خاور	0	0.1			0.06	0.61	0	0		31.21		
ساعت	زمان صف خدمت گیری خودروی تک	0	0.07			0.05	0.59	0	0		31.16		
ساعت	زمان صف خدمت گیری خودروی تریلی	0	0.19			0.04	0.37	0	0		31.04		
	میانگین	0.00	0.14			0.05	0.54	0.00	0.00		31.15		
خودرو	تعداد در صف خدمت گیری خودروی خاور	0	1			0.02	2	0	0		23		
خودرو	تعداد در صف خدمت گیری خودروی جفت	0	1			0.04	2	0	0		17		
خودرو	تعداد در صف خدمت گیری خودروی تک	0	2			0.03	2	0	0		17		
خودرو	تعداد در صف خدمت گیری خودروی تریلی	0	1			0.02	2	0	0		19		
	میانگین	0.00	1.25			0.03	2.00	0.00	0.00		19.00		

واحد	عناصر مدل	مدل مرجع		کسر سه لیفتراک		کسر ده جک پالت		منابع نامحدود		شمارش در هر سکو		حذف لیفتر ۱	
		متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر
پالت	زمان صف خدمت گیری سکو ۱	0.01	0.13			0.13	0.72	0	0	13.23	31.22		
پالت	زمان صف خدمت گیری سکو ۲	0.01	0.19			0.12	0.64	0	0	14.42	31.11		
پالت	زمان صف خدمت گیری سکو ۳	0.02	0.22			0.1	0.56	0	0	16.03	30.17		
پالت	زمان صف خدمت گیری سکو ۴	0.02	0.27			0.13	0.74	0	0	15.13	31.33		
پالت	زمان صف خدمت گیری سکو ۵	0.01	0.21			0.11	0.66	0	0	12.73	30.69		
پالت	زمان صف خدمت گیری سکو ۶	0.01	0.14			0.12	0.64	0	0	13.77	31.68		
	میانگین	0.01	0.19			0.12	0.66	0.00	0.00	14.22	31.03		
پالت	تعداد در صف خدمت گیری سکو ۱	0.7	18			0.79	38	0	0	65.6	198		
پالت	تعداد در صف خدمت گیری سکو ۲	0.8	17			0.78	50	0	0	57.26	138		
پالت	تعداد در صف خدمت گیری سکو ۳	0.8	15			0.6	36	0	0	65.97	181		
پالت	تعداد در صف خدمت گیری سکو ۴	0.7	18			0.67	38	0	0	74.26	230		
پالت	تعداد در صف خدمت گیری سکو ۵	0.7	16			0.55	40	0	0	57.15	200		
پالت	تعداد در صف خدمت گیری سکو ۶	0.4	15			0.68	49	0	0	58.48	156		
	میانگین	0.68	16.50			0.68	41.83	0.00	0.00	63.12	183.83		

واحد	عناصر مدل	مدل مرجع		کسر سه لیفتراک		کسر ده جک پالت		منابع نامحدود		شمارش در هر سکو		حذف لیفتر ۱	
		متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر
ساعت	زمان صف انتقال پالت از سکوی ۱	0.01	0.13			0.12	0.61	0	0	13.37	31.69		
ساعت	زمان صف انتقال پالت از سکوی ۲	0.02	0.26			0.15	0.69	0	0	13.74	30.69		
ساعت	زمان صف انتقال پالت از سکوی ۳	0.02	0.22			0.13	0.64	0	0	16.37	31.42		
ساعت	زمان صف انتقال پالت از سکوی ۴	0.02	0.2			0.13	0.56	0	0	16.2	31.15		
ساعت	زمان صف انتقال پالت از سکوی ۵	0.01	0.22			0.13	0.65	0	0	14.26	30.46		
ساعت	زمان صف انتقال پالت از سکوی ۶	0.1	0.21			0.12	0.79	0	0	13.2	31.13		
	میانگین	0.03	0.21			0.13	0.66	0.00	0.00	14.52	31.09		
پالت	تعداد در صف انتقال پالت از سکوی ۱	0.12	25			0.46	21	0	0	35.73	128		
پالت	تعداد در صف انتقال پالت از سکوی ۲	0.12	25			0.58	35	0	0	29.91	89		
پالت	تعداد در صف انتقال پالت از سکوی ۳	0.14	25			0.44	24	0	0	34.4	99		
پالت	تعداد در صف انتقال پالت از سکوی ۴	0.14	33			0.39	26	0	0	43.91	143		
پالت	تعداد در صف انتقال پالت از سکوی ۵	0.1	25			0.37	28	0	0	36.15	114		
پالت	تعداد در صف انتقال پالت از سکوی ۶	0.08	25			0.43	25	0	0	30.89	85		
	میانگین	0.12	26.33			0.45	26.50	0.00	0.00	35.17	109.67		

واحد	عناصر مدل	مدل مرجع		کسر سه لیفتراک		کسر ده جک پالت		منابع نامحدود		شمارش در هر سکو		حذف لیفتر ۱	
		متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر
ساعت	زمان در صف پشت لیفتر ۱	0	0.06	0.07	0.47			0	0				
ساعت	زمان در صف پشت لیفتر ۲	0	0.07	0.07	0.48			0	0			0.01	0.09
ساعت	زمان در صف پشت لیفتر ۳	0	0.07	0.08	0.46			0	0			0.01	0.09
ساعت	زمان در صف پشت لیفتر ۴	0	0.06	0.07	0.53			0	0			0.01	0.09
	میانگین	0.00	0.07	0.07	0.49			0.00	0.00			0.01	0.09
پالت	تعداد در صف پشت لیفتر ۱	0.01	2	0.14	5	0	1	0	0	0	1		
پالت	تعداد در صف پشت لیفتر ۲	0.02	5	0.16	6	0	2	0	0	0	1		
پالت	تعداد در صف پشت لیفتر ۳	0.02	5	0.17	7	0	2	0	0	0	0		
پالت	تعداد در صف پشت لیفتر ۴	0.01	5	0.15	5	0	2	0	0	0	1		
	میانگین	0.02	4.25	0.16	5.75	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	0.75		

ماژول	عناصر مدل	مدل مرجع	کسر سه لیفتراک	کسر ده جک پالت	شمارش در هر سکو ۳۰ تا ۵۰ دقیقه	حذف لیفتر ۱
پالت	تعداد پالت خروجی سکوی ۱	1587	1017	1446	1082	
پالت	تعداد پالت خروجی سکوی ۲	1588	1273	1470	894	
پالت	تعداد پالت خروجی سکوی ۳	1408	1383	1342	923	
پالت	تعداد پالت خروجی سکوی ۴	1383	1266	1175	1089	
پالت	تعداد پالت خروجی سکوی ۵	1507	1431	1115	998	
پالت	تعداد پالت خروجی سکوی ۶	1460	1145	1345	992	
	جمع	8933	7515	7893	5978	
	میانگین	1489	1253	1316	996	

ماژول	عناصر مدل	مدل مرجع	کسر سه لیفتراک	کسر ده جک پالت	شمارش در هر سکو ۳۰ تا ۵۰ دقیقه	حذف لیفتر ۱
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۱ به انبار راهروباریک	937		870	597	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۲ به انبار راهروباریک	971		884	465	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۳ به انبار راهروباریک	848		801	475	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۴ به انبار راهروباریک	838		692	611	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۵ به انبار راهروباریک	910		675	600	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۶ به انبار راهروباریک	844		806	501	
	جمع	5348		4728	3249	
	میانگین	891		788	542	

ماژول	عناصر مدل	مدل مرجع	کسر سه لیفتراک	کسر ده جک پالت	شمارش در هر سکو ۳۰ تا ۵۰ دقیقه	حذف لیفتر ۱
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۱ به انبار متحرک	650	408		438	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۲ به انبار متحرک	617	517		371	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۳ به انبار متحرک	560	580		378	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۴ به انبار متحرک	545	504		426	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۵ به انبار متحرک	597	573		387	
پالت	تعداد پالت ارسالی از سکوی ۶ به انبار متحرک	616	465		422	
	جمع	3585	3047		2422	
	میانگین	598	508		404	

ماژول	عناصر مدل	مدل مرجع	کسر سه لیفتراک	کسر ده جک پالت	شمارش در هر سکو ۳۰ تا ۵۰ دقیقه	حذف لیفتر ۱
پالت	تعداد خروجی لیفتر ۱	4138	3458	3738	2611	حذف شده
پالت	تعداد خروجی لیفتر ۲	593	525	530	342	1306
پالت	تعداد خروجی لیفتر ۳	624	511	509	332	1576
پالت	تعداد خروجی لیفتر ۴	580	467	484	333	1846
	جمع	5935	4961	5261	3618	4728
	میانگین	1484	1240	1315	905	1576

تحلیل نتائج عددی سناریوهای شش‌گانه مدل شبیه‌سازی ناحیه تخلیه/ بارگیری موردمطالعه بشرح ذیل است:

الف- براساس سناریوی اصلی (مدل مرجع)

۱-۱- با احتساب ۶ سکوی تخلیه، مجموعاً ۵ خودرو بطور همزمان منتظرتخلیه خواهند بود.

۱-۲- حداکثر تعداد پالت در صف هر سکو بطور متوسط ۵/۱۶ پالت است که با احتساب ۶ سکوی تخلیه این مقدار بطور همزمان در کلیه سکوها به ۹۹ پالت بالغ می گردد که در داخل خودروها قرار دارند.

۱-۳- در گردش عملیات سکوهای تخلیه، با زمان‌های طولانی خدمت‌گیری از سکوها و درنتیجه بروز تراکم عملیات و ایجاد گلوگاه در فرایند مورد مطالعه مواجه نیستیم.

۱-۴- مجموعاً ۱۵۸ پالت می‌توانند در شرائط اوج کار در ۶ سکو منتظر انتقال به انبار باشند که احتمال بروز اختلال در گردش عملیات، در صورت عدم کفایت محوطه پشت سکوهای تخلیه، دو از ذهن نیست.

۱-۵- ظرفیت طراحی شده انبار راهروباریک معادل ۱۱۷۰۰ پالت و انبار متحرک ۷۱۰۰ پالت است که در مقایسه با ۸۹۳۳ پالت ارسالی به هر دو انبار، پاسخگوی بیش از یک ماه اقلام وارده به انبار است.

۱-۶- جمع حداکثر تعداد پالت پشت بالابرها بطور همزمان معادل ۱۷ پالت بوده که نشان دهنده عدم بروز تراکم کالا در ناحیه بالابرها در مدل مرجع است.

۱-۷- منبع لیفتراک از حداقل یک دستگاه تا حداکثر ۲۴ دستگاه در دسترس است ولی نیاز به منبع جک پالت از ۶ دستگاه کمتر نخواهد بود.

ب- براساس سناریوی فرعی اول (عملکرد مدل در شرائط حذف ۳ منبع لیفتراک از کل ۶ لیفتراک در دسترس)

۲-۱- نصف شدن تعداد لیفتراک‌ها موجب نصف شدن تعداد پالت‌های ارسالی نیست زیرا مطابق جدول برآورد مصرف منبع لیفتراک، تجهیز مذکور بطور پیوسته مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

۲-۲- کاهش منبع لیفتراک، بدلیل کاهش تامین پالت در ناحیه بالابرها، سبب کم شدن خروجی بالابرها به میزان ۹۷۴ پالت گردیده که نشان‌دهنده اهمیت منبع مذکور در گردش عملیات انبار می‌باشد.

پ- براساس سناریوی فرعی دوم (عملکرد مدل در شرائط حذف ۱۰ منبع جک پالت از کل ۲۰ جک پالت در دسترس)

۳-۱- افزایش ۴۰٪ خودروهای در صف در دوره شبیه‌سازی، مشکلی از بابت گردش عملیات ایجاد نخواهد نمود ولی از منظر نرخ رشد صف خودروهای منتظر خدمت‌گیری حائز اهمیت است.

۳-۲- حداکثر تعداد پالت منتظر ارسال در مدل مرجع از ۵/۱۶ پالت به ۸۳/۴۱ پالت افزایش یافته که این نرخ رشد می‌تواند سبب بروز تراکم پالت در ناحیه سکوهای تخلیه شود.

۳-۳- متوسط زمان صف انتقال پالت از ۰/۲۱ ساعت در هر سکو به ۰/۶۶ افزایش خواهد یافت.

۳-۴- تراکم پالت‌های منتظر خدمت‌گیری در ایستگاه‌های قبل، موجب کسر تامین پالت در ایستگاه‌های بعدی (بالابرها) خواهد شد و از این منظر حداکثر پالت منتظر در صف بالابر از ۲۵/۴ در مدل مرجع به ۱/۷۵ پالت در سناریوی مورد بررسی تقلیل می‌یابد که به معنی عدم استفاده از تمام ظرفیت بالابرها و درنتیجه کاهش بهره‌وری فرایند خواهد بود

۳-۵- خروجی بالابرها از تعداد ۵۹۳۵ پالت درمدل مرجع به ۵۲۶۱ پالت تقلیل خواهد یافت

۳-۶- کاهش تعداد پالت خروجی سکوها از تعداد ۸۹۳۳ به ۷۸۹۳ پالت.

ت- براساس سناریوی فرعی سوم (عملکرد مدل فاقد محدودیت منابع)

۴-۱- در سناریوی سوم بدلیل بهره‌گیری از منابع نامحدود، بروز صف یا تراکم ناشی از انباشت غیرقابل کنترل موجودی پالت، وجود ندارد.

ث- براساس سناریوی فرعی چهارم (عملکرد مدل درصورت افزایش زمان شمارش و لیبل‌زنی پالت‌های تخلیه شده از ۳۰ الی ۵۰ دقیقه)

۵-۱- متوسط حداکثر تعداد خودروی منتظر در صف تخلیه نیز از ۱/۲۵ به ۱۹ دستگاه افزوده شده است که این مسئله نشان‌دهنده افزایش شدید تعداد خودروهای در صف خدمت‌گیری و کاهش راندمان ناحیه تخلیه/ بارگیری می‌باشد.

۵-۲- متوسط حداکثر پالت در هر سکو از ۵/۱۶ پالت به عدد ۸۳/۱۸۳ پالت بالغ گردیده. ضمناً در این حالت تعداد پالت در صف خدمت‌گیری ۱۲۸۶ پالت است که این عدد قطعاً به منزله آغاز تراکم خط خواهد بود .

۵-۳- متوسط حداکثر زمان انتظار در صف نیز از ۰/۲۱ در سناریوی مرجع به۳۱/۰۹ ساعت افزایش می‌یابد، همچنین میانگین متوسط تعداد پالت در صف که در مدل مرجع کمتر از ۱ پالت بوده تا ۱۷/۳۵ پالت و بیشینه آن نیز از ۳۳/۲۶ پالت در مدل مرجع به ۶۷/۱۰۹ پالت افزایش خواهد یافت.

۵-۴- کاهش صف پشت بالابرها بدلیل نقصان در تامین پالت ورودی موجب گردیده حداکثر تعداد پالت‌های منتظر انتقال توسط مجموع بالابرها از ۱۷ پالت به ۳ پالت تقلیل یابد.

۵-۵- بدلیل طولانی شدن زمان عملیات پشت سکوها، کاهش تعداد پالت خروجی سکوهای شش گانه از ۸۹۳۳ پالت به ۵۹۷۸ پالت مشاهده می‌گردد.

۵-۶- بعلت بروز ضعف در تامین پالت و تشکیل صف‌های متعدد در طول مدل، با کاهش خروجی بالابرها از ۵۹۳۵ پالت در مدل مرجع به ۳۶۱۸ پالت مواجه هستیم.

ج- براساس سناریوی فرعی پنجم (عملکرد مدل در صورت حذف بالابر شش پالته)

۶-۱- حذف بالابر شش پالته تاثیر قابل توجهی بر مصرف منابع مدل ندارد چون تامین کالا مشابه وضعیت سابق صورت می‌پذیرد.

۶-۲- در کلیه سناریوهای قبلی، به واسطه ظرفیت بالابر شماره ۱ که معادل شش برابر بالابرهای تک پالته است، بیش از ۶۰٪ اقلام انتقالی به ناحیه بالابرها، به بالابر شماره ۱ اختصاص داده شده است، بنابراین سه بالابر تک پالته، بطور معمول از یک‌سوم ظرفیت عملیاتی خود بهره گرفته‌اند .

بدلیل اینکه در مطالعه حاضر، اطلاعات گسترده‌ای از گردش عملیات حاصل گردیده لذا با هدف تسهیل درک کاربران، ماتریس جمع‌بندی توصیفی رفتار عناصر مدل، در ازای سناریوهای شش‌گانه، ذیلاً ارائه شده که در آن، سلول‌های سفید رنگ، نشان‌دهنده عناصری هستند که در سناریوی مربوطه با مشکل خاصی مواجه نیستند و مطابق مسئولیت تفویض شده در مدل شبیه‌سازی عمل می‌نمایند ولی وقایع دارای سلول قرمز رنگ، به منزله عناصر حساسی می‌باشند که یا بالفعل دارای وضعیت بحرانی بوده و یا بالقوه دارای قابلیت بروز اِشکال در گردش فرایند می‌باشند و از این منظر باید مورد پایش و نظارت پیوسته راهبران حوزه لجستیک قرار گیرند، ضمناً سلول سبز رنگ نیز به معنی عنصر دارای قابلیت (ظرفیت) مازاد بر نیاز است.

ماتریس جمع‌بندی توصیفی رفتار عناصر مدل

انواع سناریوی مدل‌سازی	زمان صف تخلیه خودرو	تعداد خودروی در صف خدمت‌گیری	زمان صف خدمت‌گیری در سکو برای پالت	تعداد پالت در صف خدمت‌گیری در سکو	زمان صف انتقال پالت از سکو	تعداد پالت در صف انتقال از سکو	زمان در صف پشت لیفتر	تعداد در صف پشت لیفتر	تعداد پالت خروجی سکو	تعداد پالت انتقالی از سکو به انبار متحرک	تعداد پالت انتقالی از سکو به انبار راهروباریک	تعداد خروجی لیفتر	منبع جک پالت و لیفتراک
مدل مرجع	متوسط حداکثر زمان خدمت‌گیری انواع خودرو۰/۱۴ ساعت	متوسط حداکثر تعداد خودروی در صف خدمت‌گیری در ازای هر سکو: کمتر از ۲ خودرو	حداکثر زمان انتظار ۰/۱۹ ساعت	حداکثر بطور متوسط در هر سکو ۵/۱۶ پالت که با احتساب ۶ سکو بطور همزمان در کلیه سکوها به ۹۹ پالت	متوسط حداکثر زمان انتقال نیز از هر سکو ۰/۲۱ ساعت	حداکثر تعداد پالت منتظر انتقال بطور متوسط ۲۶.۳۳ پالت و مجموعاً ۱۵۸ پالت در شش سکو	متوسط زمان انتظار خدمت گیری پالتها در ناحیه بالابرها نیز ۰/۰۷ ساعت	از متوسط ۷۰ ساعت در مدل مرجع به ۴۹۰ ساعت	جمع حداکثر تعداد پالت پشت لیفتر بطور همزمان معادل ۱۷ پالت	از متوسط ۴.۲۴ پالت به ۵/۷۵ پالت	۸۹۳۳ پالت از ۱۷۰۰۰ پالت ظرفیت انبارش کل	۸۹۳۳ پالت در مدل مرجع به ۷۵۱۵ پالت	۵۳۴۸	۳۵۸۵	۵۹۳۵ در شش لیفتر	جک پالت ۲۰ دستگاه و لیفتراک ۶ دستگاه
شرط حذف سه لیفتراک	خودرو	صف خدمت‌گیری	زمان صف تخلیه	تعداد خودروی در صف خدمت‌گیری در ازای هر سکو: کمتر از ۲ خودرو	متوسط حداکثر زمان خدمت‌گیری انواع خودرو۰/۱۴ ساعت	مدل مرجع	زمان در صف پشت لیفتر	تعداد در صف پشت لیفتر	تعداد خروجی لیفتر	تعداد پالت انتقالی از سکو به انبار متحرک	تعداد پالت انتقالی از سکو به انبار راهروباریک	تعداد خروجی لیفتر	منبع جک پالت و لیفتراک
بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف
افزایش متوسط مدت زمان در صف خودروها از ۱۴/۰ ساعت در مدل مرجع به ۵۴/۰ ساعت	متوسط حداکثر زمان خدمت‌گیری انواع خودرو از ۰/۱۴ تا ۰/۱۶ ساعت به ۳۱/۱۵ ساعت	افزایش جمع تعداد خودروهای در صف تخلیه از مجموعاً ۵ خودرو به ۸ خودرو	افزایش متوسط زمان خدمت گیری پالتها از ۰/۱۰ ساعت در مدل مرجع به ۰/۱۲ ساعت	افزایش حداکثر تعداد پالت منتظر ارسال در مدل مرجع از ۱۶/۵ پالت به ۴۱/۸۳ پالت	افزایش متوسط زمان صف از ۰/۲۱ ساعت در هر سکو به ۰/۶۶	افزایش جمع متوسط تعداد پالت از ۰/۷ در مدل مرجع به ۲/۶۷	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف
شرط حذف ده جک پالت	مدت زمان در صف خودروها از ۱۴/۰ ساعت در مدل مرجع به ۵۴/۰ ساعت	افزایش جمع تعداد خودروهای در صف تخلیه از مجموعاً ۵ خودرو به ۸ خودرو	افزایش متوسط زمان خدمت گیری پالتها از ۰/۱۰ ساعت در مدل مرجع به ۰/۱۲ ساعت	افزایش حداکثر تعداد پالت منتظر ارسال در مدل مرجع از ۱۶/۵ پالت به ۴۱/۸۳ پالت	افزایش متوسط زمان صف انتظار هر پالت از ۰/۰۳ ساعت در مدل مرجع به ۰/۵۲ ساعت	افزایش متوسط تعداد پالت در صف از ۱ در مدل مرجع به ۳۵/۱۷ پالت و پیشینه آن از ۲۶/۳۳ پالت در مدل مرجع به ۱۰۹/۶۷ پالت	افزایش متوسط زمان صف از ۰/۷ در مدل مرجع به ۲/۶۷	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	افزایش میانگین متوسط
فاقد محدودیت منابع	متوسط حداکثر زمان خدمت گیری خودروها از ۰/۱۴ ساعت به ۳۱/۱۵ ساعت	متوسط حداکثر تعداد خودروی در صف تخلیه نیز از ۱/۲۵ به ۱۹ دستگاه	افزایش متوسط زمان خدمت‌گیری پالتها از مستقر در سکوها از ۲۲/۱۴ ساعت به ۰/۱۰ ساعت	افزایش حداکثر تعداد پالت در هر سکو از ۱ در مدل مرجع تا ۱۲/۶۳ پالت	افزایش متوسط زمان صف انتظار هر پالت از ۰/۰۳ ساعت در مدل مرجع به ۰/۵۲ ساعت	حداکثر تعداد پالت در صف بالابر از ۴/۲۵ پالت به علت تراکم پالتهای در صف در ایستگاههای قبل که موجب کسر تامین پالت در ایستگاه بالابرها شده	افزایش میانگین زمان در صف هر پالت از ۰/۰۷ ساعت در مدل مرجع به ۰/۹ ساعت	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	بدون صف	حداکثر تعداد پالتهای در صف توسط مجموع بالابرها از ۱۷ پالت به ۳ پالت، بدلیل ضعف تامین پالت تقلیل میابند.
حذف لیفتر شماره یک	شمارش در هر سکو ۳۰ تا ۵۰ دقیقه	مشابه مدل مرجع	در کلیه سناریوهای قبلی بیش از ۶۰٪ اقلام انتقالی به بالابرها به بالابر شماره ۱ اختصاص داشت لذا از یک سوم ظرفیت سه بالابر دیگر استفاده میشد.	کاهش خروجی بالابرها از ۵۹۳۵ پالت در مدل مرجع به ۳۶۱۸ پالت، بعلت بروز نقصان در تامین پالت و تشکیل صف های متعدد در مدل	متوسط تعداد جک پالت مورد استفاده ۱۹ دستگاه (زنديک به کل منبع)، بعلت تراکم کالا و افزایش استفاده از جک پالت	از تعداد ۵۹۳۵ پالت در مدل مرجع به ۵۲۶۱ پالت تقلیل یافته	جک پالت میانگین ۶ دستگاه و حداکثر ۶۴ دستگاه و تعداد لیفتراک میانگین ۱ دستگاه و حداکثر ۲۴ دستگاه	چون لیفتراک پیوسته استفاده نشده ، از حداقل یک لیفتراک تا حداکثر سه لیفتراک بهره برداری می شود

همانطورکه در ماتریس جمع‌بندی توصیفی رفتار عناصر مدل مشاهده می‌گردد، ناحیه تخلیه در انبار پخش مورد مطالعه، نسبت به فاکتور افزایش زمان شمارش و کنترل پالت‌های تخلیه شده در سکوها از حساسیت بالائی برخوردار است و حفظ زمان عملیات مذکور در بازه زمانی مجاز (مندرج در مدل)، نقش چشمگیری در بهینگی گردش عملیات انبار ایفا می‌نماید. در اولویت دوم، موضوع عملیاتی نگهداشتن منبع جک‌پالت به‌منظور حفظ پیوستگی جریان حمل‌های درون انبار و تامین کالای موردنیاز بالابرها، کاملاً ضروری است و در اولویت سوم (مطابق مدل مرجع) نیز بایستی توجه ویژه‌ای به مدیریت تعداد خودروهای وارده به شرکت داشت و از این منظر، با تجمع خارج از کنترل پالت‌های منتظر خدمت‌گیری در مجموع سکوهای تخلیه مقابله نمود که این مهم از طریق برنامه‌ریزی و مدیریت فراخوانی خودروهای وارده به شرکت، به‌سهولت قابل انجام خواهد بود.

خلاصه سناریوهای مدلسازی، در قالب ماتریس "فرصت – تهدید" به‌شرح ذیل می‌باشد:

اهمیت منبع جک پالت در حمل های داخل انبار

لزوم افزایش سطح زیربنای ناحیه تخلیه

اولویت تهدید	انواع سناریوی مدلسازی	زمان صف تخلیه خودرو	تعداد خودروی در صف خدمت گیری	زمان صف خدمت گیری در سکو برای پالت	تعداد پالت در صف خدمت گیری در سکو	زمان صف انتقال پالت از سکو	تعداد پالت در صف انتقال از سکو	زمان در صف پشت لیفتر	تعداد در صف پشت لیفتر	تعداد پالت انتقالی از سکو به انبار (هوواریک)	تعداد پالت انتقالی از سکو به انبار متحرک	تعداد خروجی لیفتر	منبع جک پالت و لیفتراک
۳	مدل مرجع	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	تهدید	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی
	شرط حذف سه لیفتراک	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	عادی	عادی	نامرتبط	عادی	عادی	عادی
۲	شرط حذف ده جک پالت	عادی	عادی	تهدید	تهدید	تهدید	عادی	نامرتبط	تهدید	عادی	نامرتبط	تهدید	نامرتبط
	فاقد محدودیت منابع	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی	عادی
۱	شمارش در هر سکو ۳۰ تا ۵۰ دقیقه	تهدید	تهدید	تهدید	تهدید	تهدید	تهدید	نامرتبط	تهدید	نامرتبط	نامرتبط	تهدید	تهدید
	حذف لیفتر شماره یک	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	عادی	نامرتبط	نامرتبط	نامرتبط	فرصت	عادی

لزوم کفایت سرعت عملیات ناحیه تخلیه کالا

براساس نتائج حاصل از مدل شبیه‌سازی، بدلیل اهمیت زمان عملیات کنترل و شمارش در عملکرد سکوهای تخلیه، در ادامه نتائج آزمون فرض میانگین ظرفیت‌های حاصل از کاهش ظرفیت سکوهای تخلیه (ناشی از افزایش زمان عملیات سکو) در مقایسه با میانگین ظرفیت مدل مرجع، از طریق تکنیک آزمون فرض مورد بررسی و صحه‌گذاری قرار گرفته است. لازم به‌ذکر است، برآورد ظرفیت مناسب سکوهای تخلیه، تابعی از ظرفیت خدمت‌دهی سکوها و در نتیجه میانگین تعداد پالت در صف می‌باشد. لذا فرضیات قابل طرح مطابق عبارات ذیل می‌باشند:

فرض H0 : میانگین تعداد پالت در صف خدمت‌گیری، با ظرفیت سکوها ارتباط ندارد.

فرض H1 : میانگین تعداد پالت در صف خدمت‌گیری، با ظرفیت سکوها ارتباط دارد.

ذیلاً تعداد نمونه، میانگین، انحراف معیار و خطای میانگین نمونه‌ها در ظرفیت مدل مرجع و ظرفیت کاهش یافته درج شده:

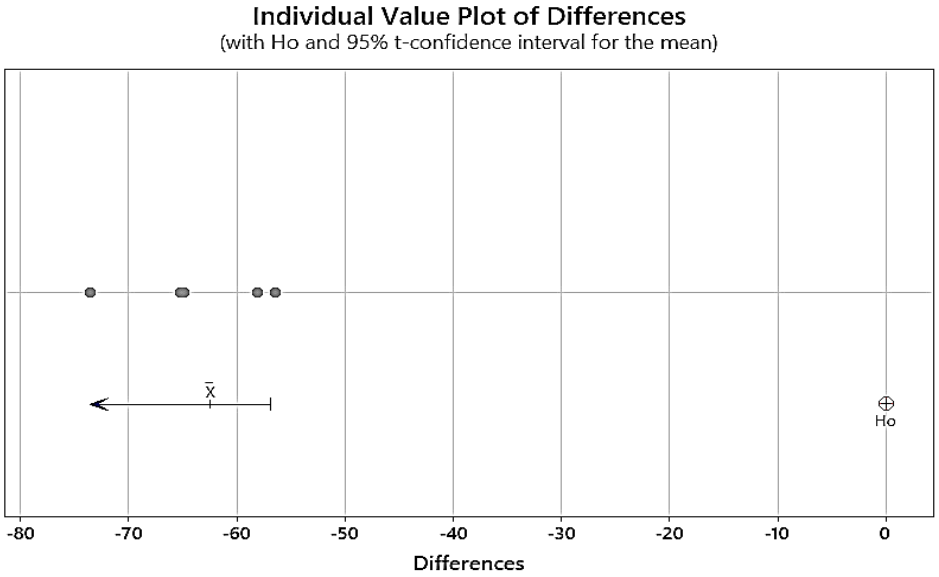
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound for μ_difference
av-pl-dock	6	0.68	0.15	0.06	-62.44	6.75	2.76	-56.88
av-pl-dec-dock	6	63.12	6.78	2.77				

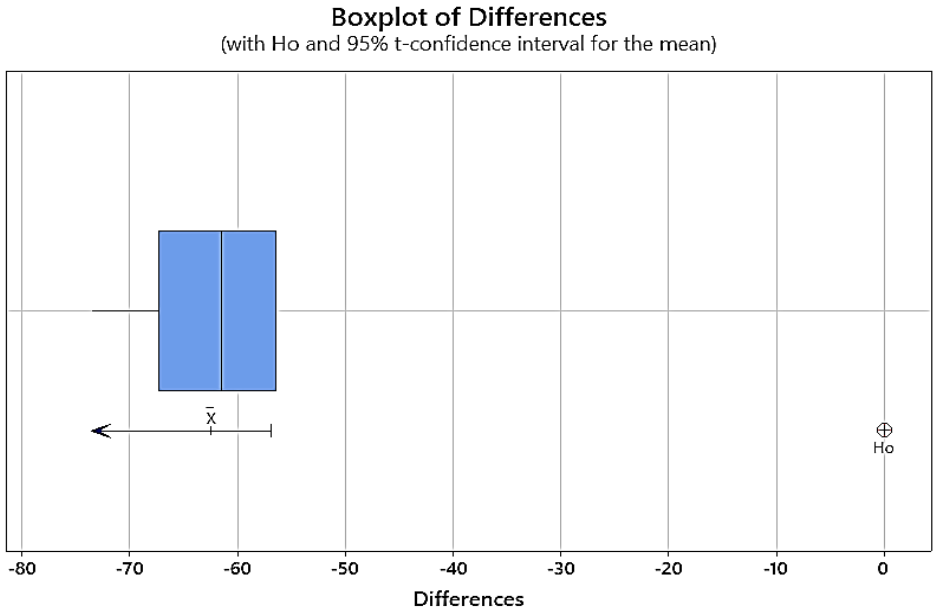
Null hypothesis H_0: μ_difference = 0

Alternative hypothesis H_1: μ _difference < 0

P-Value 0.000

مطابق مندرجات فوق، مقدار p-value معادل صفر می‌باشد که از آلفا (خطای معیار) که معادل ۰/۰۵ است کوچکتر بوده، بنابراین فرض H0 مردود است و فرض H1 تائید می‌گردد، ضمناً در نمودارهای نقطه‌ای و جعبه‌ای ذیل نیز، فرض H0 در کلیه موارد در فاصله اطمینان قرار ندارد و داده‌ها را تحت پوشش قرار نمی‌دهد، لذا مردود است.





۹- فهرست منابع

۱- کتاب کاربرد تکنولوژی‌های نوین در لجستیک انبار با تاکید بر انبارهای اتوماتیک – مولف محسن قانون و مهدی خسروانی – انتشارات بانک ملی ایران - ۱۳۹۷

۲- کتاب مقدمه‌ای بر مدل‌سازی با شبیه‌سازی AnyLogic – مولف ایلیا گریگوریف - مترجم دکتر ایزدبخش و همکاران – انتشارات خوارزمی – ۱۳۹۸

۳- کتاب طراحی انبار – جمع نویسندگان – انتشارات دانشگاه صنعتی شریف – ۱۳۸۵

4- Design and control of warehouse order picking: A literature review – Rene de Koster ، Tho Le-duc ، kees jan Roodbergen – European journal of operation Research 182 (2007) 481-501

5- Arena user guide – Rockwell software 2004

6- Simulation on unloading and warehousing to reduce the waiting time of the processes – samarawickrama IDW ، Dilanthi MGS ، perera Mkpvr – Department of industrial management ، Wayamba University of Sri Lanka

7- A simulation based approach for dock allocation in a food distribution center – Balagopal Gopakumar ، Sumit Koli ، Krishnaswami Srihari – Simulation conference ، winter 2008

8- Simulation modeling and analysis with Arena – Tayfur Altiok T Benjamin Melamed – 2007