

## بررسی علل توقف نفتکش‌ها در انبارهای نفت با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی ریاضی

کلرمان شهانقی

استادیار دانشکده صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران: [Shahanaghi@iust.ac.ir](mailto:Shahanaghi@iust.ac.ir)

مونا گلچین پور

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت

ایران: [Goldinpour\\_mona@yahoo.com](mailto:Goldinpour_mona@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۲

### چکیده

یکی از مسائل مهمی که در زمینه عملیات بارگیری فرآورده‌های نفتی در انبارهای نفت مطرح است و پدیده‌ای نامطلوب به شمار می‌رود، معطلی نفتکش‌ها قبل از ورود به انبار است. تخصیص مناسب و صحیح منابع، از اهداف اصلی ترانبارهای نفت دنیا است. در این مقاله، به منظور دستیابی به نتایج کمی برای تجزیه و تحلیل سیستم عملکرد انبار نفت شمال غرب تهران، اقدام به طراحی مدل صف انبار با سرویس‌های متوالی گردیده است. با توجه به شرایط شبکه‌های جکسونی، این شبکه‌ها نمی‌توانند در بر دارنده تمامی شرایط سیستم لبار باشند. بنابراین نسبت به شبیه‌سازی این سیستم اقدام شده است. نتایج اعتبارسنجی خوبی در مقایسه با مقیاس‌های سیستم واقعی به دست آمده است. در نهایت با مقایسه نتایج مدل شبیه‌سازی با واقعیت مشخص شد که تغییر ترکیب بازوهای بارگیری یا افزایش ظرفیت برخی ایستگاه‌های انبار در پایین آوردن زمان‌های انتظار نفتکش‌ها نقش اساسی دارند. آنالیز حساسیت‌های مختلفی برای مطالعه اثر ترکیب‌های مختلف بازوهای بارگیری بر افزایش زمان انتظار نفتکش‌ها انجام گرفته است. در این مقاله، نتایج حاصل از آنالیز حساسیت‌ها به‌طور خلاصه آورده شده است.

طبقه‌بندی JEL: Q69, Q63, Q49

کلیدواژه: انبار فرآورده‌های نفتی، بازوی بارگیری، نفتکش، شبکه صف، شبیه‌سازی کامپیوتری.

## ۱- مقدمه

مدیران انبارها با تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از اجرای مدل شبیه‌سازی انبار، به راحتی می‌توانند اثرات عوامل مختلف را بر میانگین زمان‌های انتظار نفتکش‌ها، زمان‌های بارگیری و بهره‌وری تجهیزات انبار مشاهده کرده و تصمیمات مناسب را برای بهینه کردن شرایط حاکم بر عملیات انبار به انجام رسانند. آن‌ها باید شرایط را به گونه‌ای تغییر دهند که میزان معطلی نفتکش‌ها در انبار به حداقل برسد. در این مقاله با بررسی عملیات انبار نفت شمال غرب تهران، مدل شبیه‌سازی برای حل مساله، پیشنهاد و طراحی شده است. در سیستم مدل‌سازی شده انبار، همه مسائل آماری مربوطه، لحاظ شده و بر اساس آن، رفتار سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سرویس‌های انبار شامل، عملیات کل قبل از بارگیری (شامل کنترل حرلستی، کنترل ایمنی، بازدید صلاحیت بارگیری نفتکش توسط کنترل کیفیت و مهمور کردن پروانه بارگیری)، سرویس بارگیری، عملیات صدور بارنامه یا حواله، عملیات پلمپ زنی و بازرسی برای دادن مجوز خروج به نفتکش‌ها، هستند پس از شبیه‌سازی سیستم مورد مطالعه، به تجزیه و تحلیل اثر ترکیب بازوهای بارگیری بر روی زمان انتظار نفتکش‌ها با استفاده از آنالیز حساسیت مدل شبیه‌سازی پیشنهادی پرداخته و نتایج به‌طور خلاصه آورده شده‌اند.

برنامه‌ریزی و تحلیل منابع موجود در سیستم‌های مختلف، یکی از موضوعات مورد بحث در بیش‌تر مطالعات بوده است. شبیه‌سازی به‌عنوان تکنیکی کارا در این خصوص همواره مورد استفاده محققان و پژوهشگران در کتاب‌های لا و کلتن<sup>۱</sup> (۱۹۹۱)، کلاپین و گرواندال<sup>۲</sup> (۱۹۹۲)، بنکس<sup>۳</sup> (۱۹۹۸) و رایبسن<sup>۴</sup> (۲۰۰۴)، موارد مربوط به شبیه‌سازی سیستم‌ها بسیار دقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مطالعات موردی تقریباً مشابه، در تحقیقات؛ شیخ و همکاران<sup>۵</sup> (۱۹۸۷)، تهار وهاسین<sup>۶</sup> (۲۰۰۰)، لگاتو و مازا<sup>۷</sup> (۲۰۰۱) و اسپرن و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۳)، بررسی شده‌اند. در تمامی این تحقیقات شبیه‌سازی

1- Law & Kelton.

2- Kleijnen & Groenendaal.

3- banks.

4- Robinson.

5- Sheikh et al.

6- Tahar and Hussain.

7- Legato and mazza .

8- Asperen et al .

به‌عنوان ابزار تجزیه و تحلیل سیستم مورد نظر انتخاب شده است. از جمله تحقیقات انجام شده در زمینه اعتبارسنجی و ارزیابی صحت مدل‌های شبیه‌سازی می‌توان به ون هرن<sup>۱</sup> (۱۹۷۱)، جاکوبسن و یوسزن<sup>۲</sup> (۱۹۹۹)، چو و سالیوان<sup>۳</sup> (۲۰۰۰)، کانول و همکلز<sup>۴</sup> (۲۰۰۰) و سارجنت<sup>۵</sup> (۲۰۰۷) هستند. تاکنون روش‌هایی که برای تعیین علل توقف نفتکش‌ها برای بارگیری در انبارهای کشور ارائه شده‌اند، تا حدودی توصیفی بوده‌اند و برای این کار از تکنیک قابل قبولی استفاده نکرده‌اند. بنابراین در این مقاله سعی شده است با بررسی سوابق و تحقیقات انجام گرفته در سیستم‌های مشابه، دیدگاه صحیح از تاریخچه موجود در این زمینه به‌دست آید.

در ادامه در بخش ۲، معرفی انبار نفت شمال غرب تهران، بخش ۳، تشریح مدل صف انبار، بخش ۴، پیاده‌سازی مدل روی نرم‌افزار شبیه‌سازی، بخش ۵، تجزیه و تحلیل اثر ترکیب بازوهای بارگیری بر روی زمان‌های انتظار نفتکش‌ها، بخش ۶، پیشنهادات برای کاهش زمان معطلی نفتکش‌ها در انبار نفت شمال غرب تهران و در بخش ۷، نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

## ۲- معرفی انبار نفت شمال غرب تهران

یکی از قدیمی‌ترین سازمان‌های تابعه وزارت نفت، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران<sup>۶</sup> است. شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی منطقه تهران به‌عنوان یکی از مناطق ۳۷ گانه شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران مطرح است. انبار نفت شمال غرب تهران، برای تأمین فرآورده‌های مورد نیاز مرکز و شمال غرب تهران در نظر گرفته شده است. در این انبار تعداد بازوهای بارگیری برای بنزین، ۸ دهنه، برای نفت سفید، ۴ دهنه و برای نفت گاز ۱۲ دهنه است. در این انبار تنها سه نوع فرآورده توسط نفتکش‌ها بارگیری می‌شوند که عبارتند از: بنزین<sup>۷</sup>، نفت گاز<sup>۸</sup> و نفت سفید<sup>۹</sup>. لازم به ذکر

- 1- Van Hom .
- 2- Jacobson and Yucesan .
- 3- Chew and Sullivan.
- 4- Conwell et al.
- 5- Sargent .
- 6- <http://www.niopdc.com/>
- 7- Motor Sprit(MS).
- 8- Gasoil(GO).
- 9- Kerosen(KE).

لست که نفتکش‌ها و تقاضاهای انبار بر اساس میزان ظرفیت (کم‌تر از ۱۵۰۰۰ لیتر، بین ۱۶۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ لیتر، بین ۲۵۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ لیتر) و نوع فرآورده درخواستی (بنزین، نفت گاز، نفت سفید) در این تحقیق به نه دسته طبقه‌بندی شده‌اند.

### ۳- تشریح مدل صف انبار

مبحث شبکه‌ها در صف، از جمله مباحثی است که به علت گستردگی زیاد هم اکنون نیز بسیاری از محققان مشغول تجزیه و تحلیل موارد خاص آن هستند. شبکه‌ها در صف می‌تواند تحت عنوان یک گروه از گره‌ها که هر گره نمایانگر یک سیستم از تجهیزات خدمت دهی است، در نظر گرفته شود. در حالت کلی مشتری‌ها (نفتکش‌ها) ممکن است از خارج از سیستم (انبار نفت) به هر یک از گره‌ها وارد بشوند و یا این‌که از هر کدام از گره‌ها پس از دریافت خدمت وارد گره دیگری شده و یا از سیستم خارج شوند. هم‌چنین مشتری‌های داخل سیستم ممکن است دوباره به گره‌ای که قبلاً از آن خارج شده‌اند وارد شوند و شاید هم برلی همیشه بخواهند داخل سیستم باقی مانده و از آن خارج نشوند. در این‌جا بررسی بر روی شبکه‌هایی است که دارای خصوصیات زیرند:

- ورودی از خارج سیستم به گره  $i$ ، بر طبق فرآیند پولسان با نرخ مشخصی انجام می‌پذیرد.

- زمان خدمت دهی برای هر کانال خدمت دهی در گره  $i$ ، مستقل از یکدیگر و مستقل از سایر گره‌ها بوده و متغیر تصادفی نمایی با پارامتر مشخصی است.

- ظرفیت صف در تمامی ایستگاه‌ها نامتناهی است.

- احتمال این‌که یک عنصر که خدمت دهی آن در گره  $i$  تمام شده است وارد گره  $j$  شود، برابر  $\Gamma_{ij}$  بوده و مستقل از وضعیت سیستم است و  $\Gamma_{i0}$  احتمال خروج عنصر از سیستم، پس از دریافت خدمت از گره  $i$  را نشان می‌دهد.

شبکه‌هایی که دارای سه خاصیت بالا باشند شبکه‌های جکسون<sup>۱</sup> هستند. در ساده‌ترین حالت، یعنی با فرض این‌که زمان خدمت دهی در تمامی ایستگاه‌ها از توزیع نمایی پیروی کند و ظرفیت تمامی صف‌ها در شبکه نامتناهی باشد، شبکه صف مسأله مورد مطالعه به شرح شکل (۱)، خواهد بود. ولی باز هم به دلیل آن‌که ورودی به برخی ایستگاه‌ها بر اساس نحوه عملکرد خدمت‌دهندگان در دیگر ایستگاه‌ها بوده و مستقل از

1- Jackson Network.

وضعیت سیستم نیست، این سیستم را در هیچ حالتی نمی‌توان با شبکه‌های جکسون تحلیل کرد، در حالت کلی به‌علت وجود دلایل ذکر شده در جدول (۱)، نمی‌توان شبکه موجود را شبکه جکسونی در نظر گرفت و تنها راه حل مناسب برای این مسأله، شبیه‌سازی است. (ایروانی، ۱۳۷۲؛ یزیدی، ۱۳۷۰).



شکل ۱- تشریح مدل صف انبار نفت شمالغرب تهران

جدول ۱- تفاوت‌های شرایط مسأله مورد مطالعه با شبکه جکسونی

شرایط شبکه جکسونی	شرایط شبکه مسأله مورد مطالعه
توزیع زمان خدمت دهی تمامی ایستگاه‌ها نمای است.	توزیع زمان خدمت دهی برخی ایستگاه‌ها نمای نیست.
احتمال این‌که یک عنصر که خدمت دهی آن در گره $i$ وارد شده است، وارد گره $j$ شود برابر $\Gamma_{ij}$ بوده و مستقل از وضعیت سیستم باشد.	ورودی به برخی ایستگاه‌ها بر اساس نحوه عملکرد خدمت دهندگان در دیگر ایستگاه‌ها بوده و مستقل از وضعیت سیستم نیست.
ظرفیت صف در تمامی ایستگاه‌ها نامتناهی است.	ظرفیت صف در بیش‌تر ایستگاه‌ها متناهی است.

#### ۴- پیاده‌سازی مدل روی نرم افزار شبیه‌سازی

در این بخش به‌طور خلاصه به نحوه پیاده‌سازی مدل مورد بحث در این مقاله بر روی نرم افزار ED<sup>۱</sup> پرداخته می‌شود. برای تعیین کل شبکه صف مورد نظر، از اتم‌ها استفاده شده است. شکل (۲)، نشانگر پیاده‌سازی مدل شبیه‌سازی در نرم افزار ED<sup>۱</sup> است. در این مدل برای تعیین کل شبکه صف از انواع مختلف اتم‌ها استفاده شده است



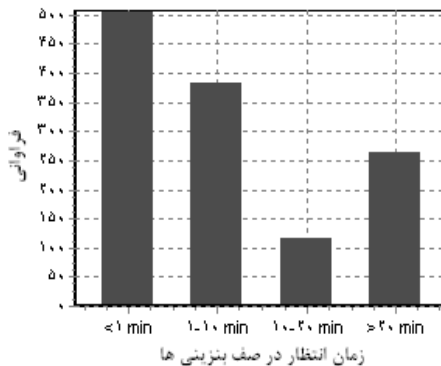
## ۲-۴- اجرا و نتایج شبیه‌سازی

اجرای شبیه‌سازی می‌تواند بر مبنای دو روش ختم‌کننده و یا رسیدن به شرایط پایدار انجام گیرد. در این مطالعه، سیستم مفروض بر اساس دومین شرط، اجرا و مدت زمان شبیه‌سازی به صورت ثابت وارد شده است. نتایج اجرایی شبیه‌سازی به مدت ۱۰ روز در انبار نفت شمال غرب تهران، در جدول (۲) نشان داده شده است.

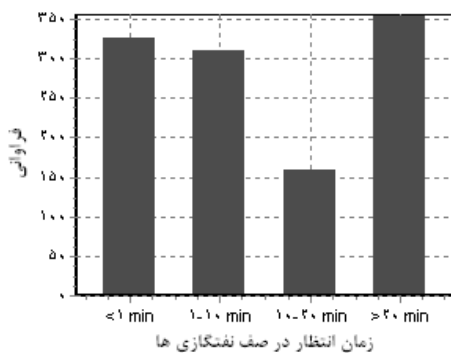
جدول ۲- متوسط زمان‌های انتظار در صف نفتکش‌ها

دوره شبیه‌سازی (ثانیه)	متوسط زمان‌های انتظار در صف بنزینی‌ها (ثانیه)	متوسط زمان‌های انتظار در صف نفت‌گازی‌ها (ثانیه)	متوسط زمان‌های انتظار در صف نفت سفیدی‌ها (ثانیه)
۸۶۴۰۰۰	۱۰۰۵۲۸۸	۹۶۷۱۲۱۱	۵۶۳۹۰

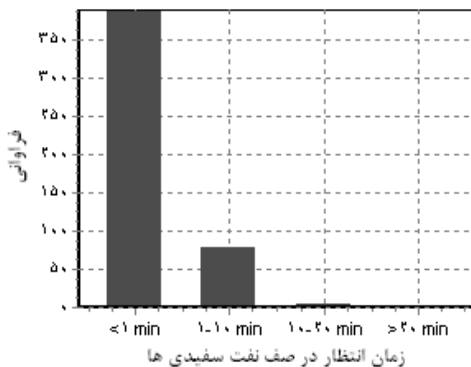
هم‌چنین زمان‌های انتظار در صف نفتکش‌ها برای ورود به انبار جهت بارگیری فرآورده در خواستی، در شکل‌های (۳) و (۴) و (۵) بر اساس نوع فرآورده مورد بارگیری نشان داده شده است.



شکل ۳- زمان انتظار در صف بنزینی‌ها (در ۱۰ روز)



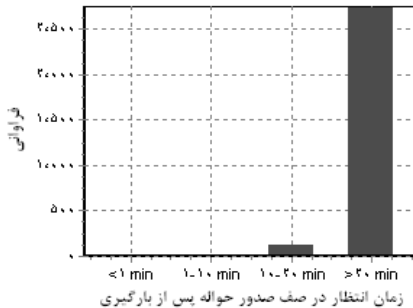
شکل ۴- زمان انتظار در صف نفتگازیها (در ۱۰ روز)



شکل ۵- زمان انتظار در صف نفت سفیدیها (در ۱۰ روز)

زمان‌های انتظار در صف صدور حواله پس از بارگیری فرآورده درخواستی، در شکل (۶) نشان داده شده است.





شکل ۶- زمان انتظار در صف صدور حواله نفتکش‌ها پس از بارگیری (در ۱۰ روز)

#### ۴-۳- اعتبارسنجی مدل

شاید یکی از مؤثرین شیوه‌های اعتبار‌سنجی مدل این باشد که خروجی‌های شبیه‌سازی باید حتی الامکان تفاوت معنی داری با خروجی‌های واقعی فرآیند نداشته باشند. در مدل ساخته شده، سیستم عملیات انبار، با توجه به مورد مذکور، مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این‌جا، از آزمون اختلاف دو میانگین در حالت قبل و بعد از شبیه‌سازی استفاده شده است. در جدول (۳)، سه آزمون نشان داده شده است ( $\mu_{BSi}$  میانگین زمان انتظار نفتکش‌ها برای ورود به انبار در وضعیت فعلی و  $\mu_{ASi}$  میانگین زمان انتظار نفتکش‌ها برای ورود به انبار پس از شبیه‌سازی، بر حسب نوع فرآورده است).

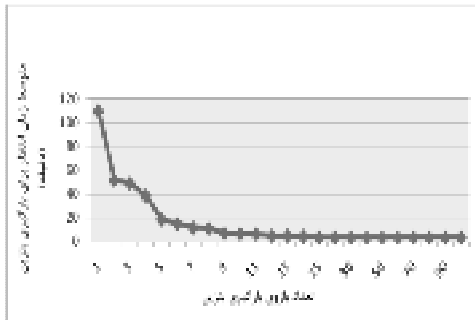
جدول ۳- آزمون‌های بررسی اختلاف میانگین زمان‌های انتظار نفتکش‌ها قبل و بعد از شبیه‌سازی

$H_0: \mu_{BSms} = \mu_{ASms}$ $H_1: \mu_{BSms} \neq \mu_{ASms}$ $=0.05\alpha$
$H_0: \mu_{BSgo} = \mu_{ASgo}$ $H_1: \mu_{BSgo} \neq \mu_{ASgo}$ $=0.05\alpha$
$H_0: \mu_{BSke} = \mu_{ASke}$ $H_1: \mu_{BSke} \neq \mu_{ASke}$ $=0.05\alpha$

با توجه به داده‌های زمان‌های انتظار نفتکش‌ها در صف قبل از ورود به محوطه انبار، قبل و بعد از شبیه‌سازی و با استفاده از آزمون‌های فوق، در هر سه آزمون فرض صفر را نمی‌توان رد کرد و بنابراین مدل معتبر است.

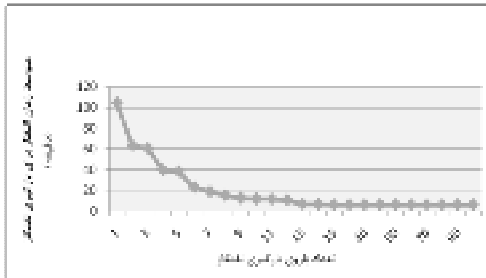
## ۵- تجزیه و تحلیل اثر ترکیب بازوهای بارگیری بر روی زمان‌های انتظار نفتکش‌ها

نمودارهای مقایسه متوسط زمان انتظار نفتکش‌ها برلی بارگیری بر حسب تعداد بژوی بارگیری فرآورده‌ها، در شکل‌های (۷)، (۸) و (۹) آورده شده‌اند.



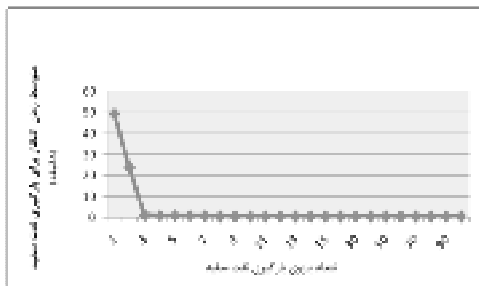
شکل ۷- مقایسه متوسط زمان انتظار نفتکش‌ها برای بارگیری بنزین بر حسب تعداد بژوی بارگیری بنزین

همان‌طور که در نمودار بالا مشاهده می‌شود، با اضافه کردن تنها یک بژوی بارگیری بنزینی به حالت کنونی و رساندن تعداد بازوها به ۹ عدد، می‌توان میانگین زمان انتظار نفتکش‌ها را در حدود ۱۰ دقیقه کاهش داد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با کاهش تعداد سکوها بارگیری بنزین از تعداد کنونی، زمان انتظار نفتکش‌ها به‌سرعت بالا می‌رود.



شکل ۸ - مقایسه متوسط زمان انتظار نفتکش‌ها برای بارگیری نفت‌گاز بر حسب تعداد بازوی بارگیری نفت‌گاز

با توجه به نمودار فوق، با افزودن تنها یک بازوی بارگیری نفت‌گازی به حالت کنونی و رساندن تعداد بازوها به ۱۳ عدد، می‌توان میانگین زمان انتظار نفتکش‌ها را در حدود ۱۳ دقیقه کاهش داد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با کاهش تعداد سکوهلی بارگیری نفت‌گاز از تعداد کنونی، زمان انتظار نفتکش‌ها به سرعت بالا می‌رود.

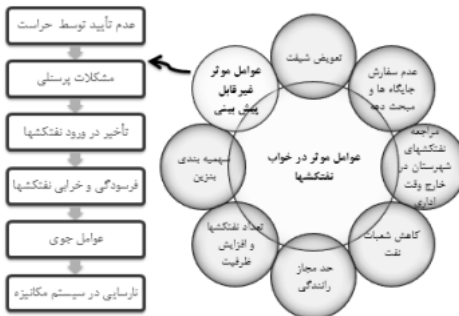


شکل ۹ - مقایسه متوسط زمان انتظار نفتکش‌ها برای بارگیری نفت سفید بر حسب تعداد بازوی بارگیری نفت سفید

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با کاهش تعداد بازوهلی بارگیری نفت سفید از تعداد کنونی به ۳ بازو، زمان انتظار نفتکش‌ها هیچ تغییری نخواهد کرد.

۶- پیشنهادها برای کاهش زمان معطلی نفتکشها در انبار نفت شمال غرب تهران در این بخش پیشنهاداتی برای حذف یا کاهش توقفات و معطلی نفتکشها ارائه می شوند، که بر مبنای علل به وجود آمدن این توقفات بوده و سعی بر رفع مشکلات موجود دارند و به شرح موارد زیرند:

- افزایش ظرفیت در ایستگاه قبل از بارگیری و ایستگاه صدور حواله پس از بارگیری
  - تغییر ترکیب بازوهای بارگیری از وضعیت فعلی
  - مکانیزه شدن امورات انبار و استفاده از تجهیزات پیشرفته تر
  - به نظم در آوردن ورود و خروج نفتکشها (با توزیع آماری مناسب تر)
- تا از یک سوی اتلاف وقت ناشی از نبود امکانات را شناسایی کرد و از سوی دیگر با استفاده بهینه از ناوگان حمل و نقل (نفتکشها) بازده کاری انبار را بالا برد. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می دهد اگر بتوان با تدابیر و هماهنگی های لازم ترکیب بازوهای بارگیری را به طور بهینه تعیین کرد، زمان انتظار نفتکشها به طرز قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. در شکل (۱۰)، عوامل مؤثر ذهنی در خواب و توقف نفتکشها بر اساس خروجی های مدل شبیه سازی و مشاهده سیستم واقعی انبار و نظرات افراد خبره به سیستم، در انبار نفت شمال غرب تهران نمایش داده شده است، که این عوامل را نیز می توان در تحقیقات دیگری وارد مدل شبیه سازی و با استفاده از ابزار مناسب اثر آنها را بر زمان انتظار نفتکشها تحلیل کرد.



شکل ۱۰ - عوامل مؤثر در خواب نفتکشها

## ۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به کارگیری شبیه‌سازی ریاضی، همواره ابزاری مناسب و کارا برای تحلیل وضعیت‌های مختلف انبار بوده است. ارزیابی و مقایسه تطابق مدل شبیه‌سازی با وضعیت موجود سیستم، برلی اعتبارسنجی مدل مورد توجه قرار گرفته است. در بررسی‌های به‌عمل آمده، بهینه نبودن ترکیب بازوهای بارگیری، کمبود ظرفیت ایستگاه‌های قبل از بارگیری، و ایستگاه صدور بارنامه یا حواله پس از بارگیری از مهم‌ترین علل توقف نفتکش‌ها هستند. برنامهریزی مناسب برای مقابله با این گلوگاه‌ها، می‌تواند سهم بسیاری در کاهش زمان‌های توقف نفتکش‌ها داشته باشد. در این مقاله به تجزیه و تحلیل اثر ترکیب بازوهای بارگیری به‌عنوان یک عامل عینی تأثیرگذار بر روی زمان‌های انتظار نفتکش‌ها، پرداخته شده است. علاوه بر عوامل عینی تأثیرگذار بر روی زمان‌های انتظار نفتکش‌ها، عوامل ذهنی بسیاری نیز بر زمان‌های انتظار نفتکش‌ها مؤثرند، که به‌طور خلاصه به آن‌ها در مقاله اشاره شده است. پیشنهاد می‌شود برای علل ذهنی مؤثر در خواب نفتکش‌ها، با استفاده از آمار دقیق، سهم هر یک از عوامل را در افزایش زمان انتظار نفتکش‌ها استخراج کرد. در صورت وجود آمارهای دقیق و مشخص از علل ذکر شده، تجزیه و تحلیل سیستمی عملیات انبار آسان شده، گلوگاه‌ها مشخص می‌شوند و می‌توان اهرم‌های کنترلی را اعمال نمود. همچنین نحوه تغییر روش‌های عملیاتی برای افزایش بهره‌وری انبار به‌خوبی درک می‌شود. با توجه به نتایج این تحقیق، پیشنهاد می‌شود تا تحقیقات مشابهی در مورد انبارهای شلوغ‌تر (از جمله انبار نفت‌ری)، انجام پذیرد تا ضمن مشخص شدن میزان استفاده از تجهیزات و امکانات موجود، ضرورت‌ها و نیازها نیز مشخص شوند. همچنین پیشنهاد می‌شود که تحقیقی در مورد حمل فرآورده‌های نفتی انبارها به مراکز مصرف انجام گیرد که در آن شبکه حمل فرآورده را در نظر گرفته (انبارها مبدا و مراکز مصرف کشور، مقاصد هستند) و با توجه به هزینه حمل فرآورده توسط نفتکش‌ها، حمل فرآورده از انبارها به مراکز مصرف به‌نحوی سازماندهی می‌شود تا هزینه حمل فرآورده از انبارها به مراکز مصرف حداقل گردد. در گسترش‌های آتی مدل، مطلوب است که به محدودیت‌های هزینه‌ای و تشکیل صف نفتکش‌ها در آب و هوای نامساعد توجه شود. مدل توسعه داده شده می‌تواند در برگیرنده زمان‌بندی حرکت نفتکش‌ها، ظرفیت مخازن، تأثیرات تغییرات جوی و... نیز باشد.

### تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران انجام شده است که بدین وسیله مراتب قدردانی محققان ابراز می‌شود.

### فهرست منابع

ایروانی سید محمدرضا (۱۳۷۲)، سیستم‌های صف، جلد ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

یزدی مدرس محمد (۱۳۷۰)، نظریه صف، مرکز نشر دانشگاهی.

Asperen Eelco van, Dekker Rommert, Polman Mark, Arons Henk de Swaan (2003), Allocation of ships in a port simulation, 15th European Simulation Symposium 2003.

Banks J. (1998), Handbook of Simulation, John Wiley and Sons Inc.

Chew Jennifer, Sullivan Cindy (2000), Verification, Validation, and Accreditation in the life cycle of models and simulations, Proceedings of the 2000 winter simulation conference.

Conwell Candace L., Enright Rosemary, Stutzman Marcia A. (2000), Capability maturity models support of modeling and simulation Verification, Validation, and Accreditation, Proceedings of the 2000 winter simulation conference.

Jacobson Sheldon H., Yucesan Enver (1999), On the complexity of verifying structural properties of Discrete Event Simulation Models, Operations Research, Vol 47, No. 3.

Kleijnen, J.P.C., Van Groenendaal, W. (1992), Simulation: A statistical perspective, Wiley, Chichester, UK.

Law, A.M., Kelton, W.D. (1991), Simulation modeling and analysis, second ed. McGraw-Hill, New York.

Legato Pasquale, Mazza Rina M. (2001), Berth planning and resources optimization at a container terminal via discrete event simulation, European Journal of Operational Research, Vol.133, No. 3, pp. 537-547.

Robinson, S. (2004), Simulation: the practice of model development & use, John Wiley & Sons Ltd.

Sargent Robert G. (2007), Verification and Validation of simulation models, Proceedings of the 2007 winter simulation conference.

Sheikh Asim A. R. El, Paul Ray J., Harding Alan S., Balmar David W. (1987), A Microcomputer-Based Simulation Study of a port, The Journal of the Operational Research Society, Vol. 38, No. 8, pp. 673-681.

Tahar Razman Mat, Hussain Khalid (2000), Simulation and analysis for the Kelang Container Terminal operations, Logistics Information Management, Vol 13, Ndl, , pp. 14-20.

Van Horn Richard L. (1971), Validation of simulation results, Management Science, Vol 17, No 5.