

## شبیه سازی سیستم انبارش و ترخیص در انبار محصولات فولادی

### ذوب آهن اصفهان

جواد حقیقی

یکی از سیستمهای معمول در صنعت، کشاورزی و تجارت، انبار می باشد که به خاطر عدم تطابق نرخ ورود و خروج کالاها در زمانهای مختلف بوجود می آید. هزینه زیادی که در انبارها برای نگهداری، جابجایی، انبارش، ترخیص، کنترل کمی و کیفی و مدیریت انبار پیش می آید، سهم این بخش را در قیمت تمام شده محصول بالا می برد.

شرکت ذوب آهن اصفهان یکی از مهم ترین صنایع مادر کشور می باشد که سالانه در حدود 2 و نیم میلیون تن محصولات فولادی شامل تیر آهن، میلگرد، کلاف و سایر محصولات فولادی طویل (بلند) را تولید می کند. بعد از اینکه این محصولات آخرین مرحله شکل دهی و بسته بندی شان را در قسمت نورد گذرانند، در انبار محصولات که یک انبار روباز بزرگ می باشد، انبار می شوند تا زمانی که مشتریها برای بردن آنها مراجعه کنند. از 367 دپو که در 7 ردیف یا بارانداز چیده شده اند برای نگهداری این محصولات که تنوع آنها به 150 قلم می رسد، استفاده می شود. روزانه در حدود 100 واگن کالا در این انبار تخلیه و حدود 350 تریلی بارگیری می شود که برای این کار از کالابر (کالابر)های دروازه ای بزرگ که می تواند در روی یک ردیف دپو حرکت کنند، استفاده می شود. هر کدام از کالابرها برای خود محدوده حرکتی دارد و این محدوده ها معمولاً همپوشانی دارند. هر کالابری بنا به ابزاری که روی آن نصب شده فقط می تواند یکی از انواع تیر آهن، میلگرد یا کلاف را جابجا کند و هر کدام دارای سرعت جابجایی و ظرفیت متفاوتی می باشد.

بطور متوسط روزانه حدود 14000 تن کالا از این انبار بارگیری یا در آن تخلیه می شود که در مورد بارگیری دارای واریانس بیشتری می باشد، چون تولید منظم تر از تقاضاست. بارگیری کالاها بر اساس سیاست ترتیبی (FIFO) می باشد.

بعد از تخلیه بار واگنها در دپوها، به اصطلاح اعلام بار می شود یعنی به مشتریانی که قبلاً محصول را خریده اند، اعلام می شود که می توانند تریلیهایشان را برای بردن بار (کالا) بفرستند. تریلیها در زمانهای تصادفی برای بردن بار مراجعه می کنند. هر تریلی برای بردن بار باید مراحل مختلفی را در سیستم طی کند که در حال حاضر تمام این مراحل (سرویس دهی) بطور متوسط حدود 50 دقیقه طول می کشد.

مدیران مسئول انبار و قسمت پشتیبانی فروش در راستای کسب رضایت مشتری و افزایش ظرفیت انبار، در صدد کاهش این زمان می باشند که البته با توجه به اینکه در حال حاضر تمام کارکنان حداکثر سعی خود را می کنند، این کار تنها با تغییر سیستم ممکن می باشد نه با تشویق یا تنبیه کارکنان. طرق

مختلفی برای این کار می توان متصور بود که برخی از این تغییرات در برنامه های بلند مدت و برخی دیگر در برنامه های میان مدت و کوتاه مدت امکان پذیر می باشد:

1- تنظیم زمان اعلام بار به نحوی که زمان اوج مراجعه برای بارگیری با زمان تخلیه واگنها همزمان نگردد.

2- دیوارکشی و سرپوشیده کردن انبار برای اینکه شرایط جوی موجب توقف کار نگردد.

3- نصب کالابرهاى سریعتر مثل کالابرهاى سقفی

4- افزایش خطوط یا کالابرها

5- چیدمان موثرتر محصولات

6- بالانس خط یا تخصیص بهتر کالابرها

7- اختصاص زمان های جداگانه برای تخلیه و بارگیری (تعیین سیکل های مراجعه)

8- تعیین زمان خاص برای مراجعه مشتریان

9- افزایش سرعت عملیات ثبت و کنترل در ایستگاه های قبل و بعد از بارگیری

تنوع محصولات و ورود و خروج در زمانهای تصادفی و تاثیر آنها روی محل انبارش و تصمیم گیریهای متنوعی که در سیستم موجود است آن را کاملاً پویا می سازند، به طوری که تحلیل کمی آن به صورت موثر فقط با شبیه سازی ممکن می باشد.

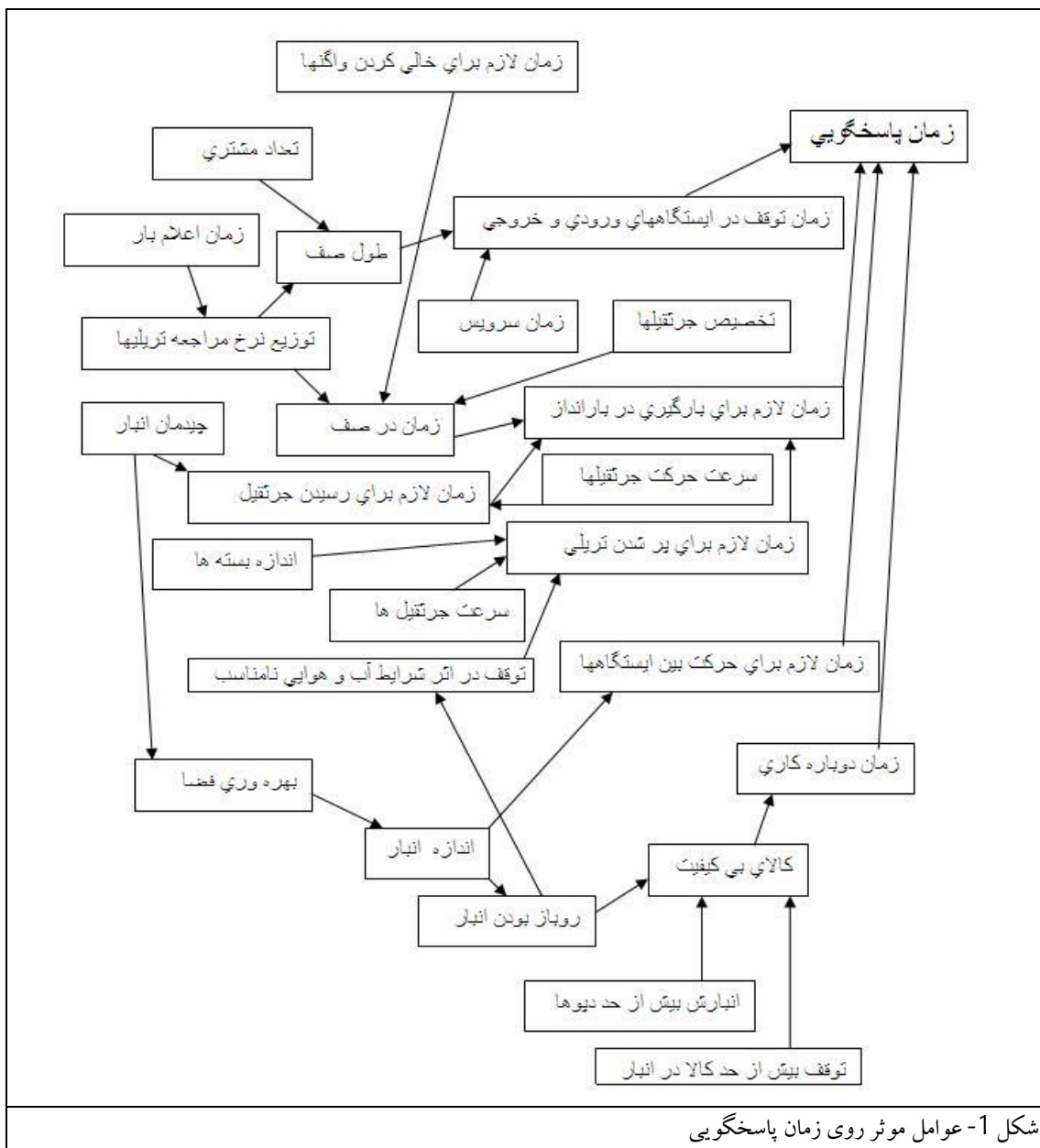
بدین منظور ایجاد یک مدل شبیه سازی برای بررسی راه حل های مختلف جهت بهبود عملکرد انبار و ایجاد یک نرم افزار برای تحلیل اثرات آنها بصورت یک پایان نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه صنعتی اصفهان تعریف شد.

بعد از مطالعات و بررسی ها و صحبت های لازم بین دانشگاه و صنعت، یک مدل کیفی از انبار ساخته شد تا هدف و حدود موضوع مشخص شود. سپس یک هدف کمی که همان کمیته سازی زمان پاسخگویی انبار به یک تریلی بود، به عنوان هدف اصلی برگزیده شد. این زمان عبارت است از زمان متوسطی که یک تریلی از زمان مراجعه به ذوب آهن تا زمانی که به صورت پر شده، آن را ترک می کند در سیستم می گذراند. با توجه به این هدف کمی و پارامترهایی که بر آن تاثیر می گذارند، مدل کمی ایجاد گردید. در شکل 1 به طور خلاصه عوامل موثر بر زمان پاسخگویی نشان داده شده اند. ایجاد مدل کمی به معنی تعریف نماد و جایگزین ریاضی برای اجزاء سیستم و روابط بین آنهاست. تمام ایستگاه های ترخیص، باسکول، انتظامات، ثبت و ایستگاه های کنترل، شیفت، کنترل کیفیت و باراندازها به صورت سیستم های صف مدل شدند. نورد و مشتریان به صورت منبع، ایستگاه فولاد به صورت یک عملگر تخصیص و شرایط آب و هوایی به صورت یک متغیر حالت مستقل مدل شدند.

در مرحله بعدی هر کدام اجزاء و روابط و پارامترهای سیستم به صورت متغیرها و

زیربرنامه ها و توابع کامپیوتری در آمدند.

در ابتدا هم به خاطر عدم دسترسی به نرم افزارهای شبیه سازی خاص چون Taylor و Arena و هم به خاطر اینکه حرکتی برای خودکفایی انجام شود، ایجاد یک نرم افزار شبیه سازی خاص برای قسمت انبار مورد نظر قرار گرفت و برای این کار از محیط اکسل استفاده شد.



حال مجموعه ای از توابع و زیربرنامه های عمل کننده روی متغیرها داشتیم و نیاز به برنامه ای داشتیم که آنها را به همان شکل و ترتیبی که در عمل انجام می شوند، اجرا کند. برای این کار از روال


شبه سازی گسسته پیشامد که توضیحات مفصل آن در کتاب جری بنکس آمده است، استفاده کردیم که در اینجا به توضیح آنها نمی پردازیم (علاقه مندان می توانند به پایان نامه مراجعه کنند). در مرحله بعدی به اعتبارسنجی و شرایط اجرای مدل پرداختیم که این کار با توجه به داده های کمی که داشتیم عملاً مقدور نبود. داده های مهمی که از انبار مورد نیاز بود، داده های زمان سنجی و داده های دقیق آماری بود که جمع آوری آنها نیازمند پروژه ای دیگر بود. در مرحله بعدی توانستیم تاثیر نسبی تغییرات پیشنهادی گوناگون را در مدل اعمال کرده و تاثیرشان بر زمان پاسخگویی را به دست آوریم. در اینجا سعی کرده ایم بخشی از ورودیها و خروجیهای این نرم افزار شبه سازی و نتایج کلی حاصل از اجرای آن بعد از اعمال تغییرات پیشنهادی را بطور خلاصه توضیح دهیم.

## ورودیها

### 1- شرایط آب و هوایی

متغیرهای مربوط به شرایط آب و هوایی متغیرهایی تصادفی می باشند. در صفحه اکسل برای ورود این اطلاعات جدولی به شکل زیر طراحی شده است.

Bad Weather Condition that forces us stop cranes			
Weather Data	Kind	Parameter 1	Parameter 2
Time Between	3	360	Minutes
Period	3	20	Minutes



شکل 2- جدول اطلاعات مربوط به شرایط آب و هوایی

### 2- بارانداز

بارانداز از جمله اجزائی است که برای کاهش زمان پاسخگویی در صدد تنظیم پارامترهای آن هستیم. بنابر این باید جدولی برای ورود اطلاعات بارانداز موجود باشد. در شکل 3 جداول مربوطه را می- بینید که در آن جاهای لازم برای اطلاعاتی از قبیل تعداد دپو و جرثقیل در هر بارانداز تعبیه شده است.

barandaz							Cranes							
first Depo place							1		2		3		4	
	Row	column	no of depo	Prod Category	first code	no of cranes	place	kind	place	kind	place	kind	place	kind
1	11	2	37	2	101	1	17	1						
2	15	2	20	2	201	1	7	1						
3	15	22	27	3	221	1	12	1						
4	19	2	48	3	301	3	10	2	20	2	30	2		
5	23	2	44	1	401	2	11	1	33	1				
6	27	2	40	1	501	2	15	2	30	2				
7	36	2	76	1	601	2	19	2	57	2				
8	40	2	65	1	701	2	16	1	50	1				
			sum of depos	357										

شکل 3- جدول اطلاعات مربوط به بارانداز

### 3- ایستگاههای دوبله

در جداولی که برای ورود اطلاعات ایستگاههای دوبله طراحی شده اطلاعات مربوط به زمان سرویس دهی به هر تریلی گرفته می شود.

### 4-نورد

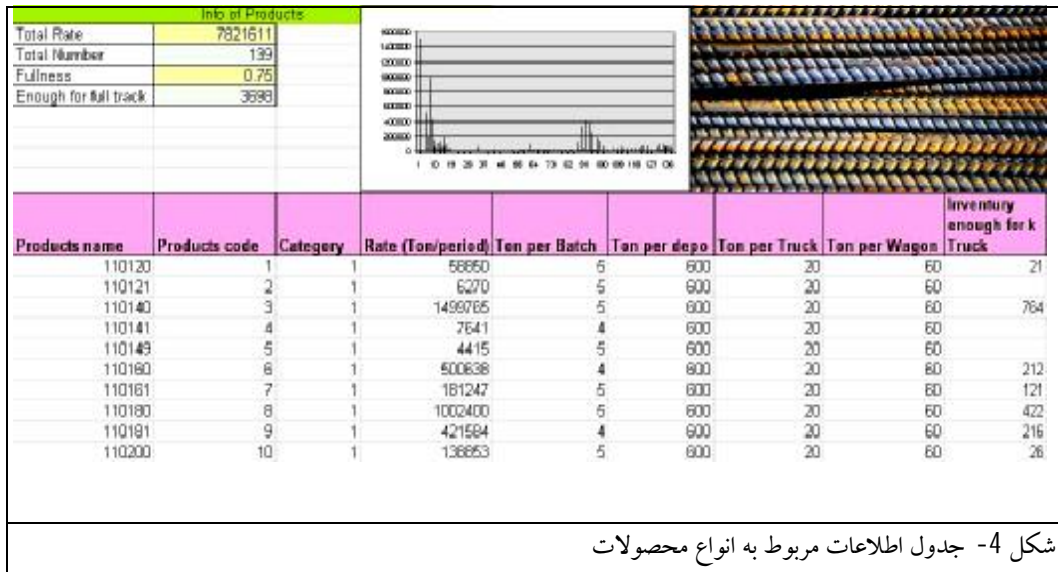
برای نورد اطلاعاتی از قبیل تناژ تولیدی و درصد تولید از رده های مختلف محصول جزو اطلاعات ورودی می باشد.

### 5- نوع محصول

برای هر نوع محصول تناژ متوسط تولیدی در سال، تناژ بسته، تناژ دپو و نیز تناژ تریلی و واگن اطلاعات ورودی می باشند. حدود 150 نوع محصول وجود دارد که اطلاعات مربوط به هر یک باید در جدولی که بدین منظور طراحی شده وارد شود. (شکل 4)

### 6- تریلیها یا مشتریان

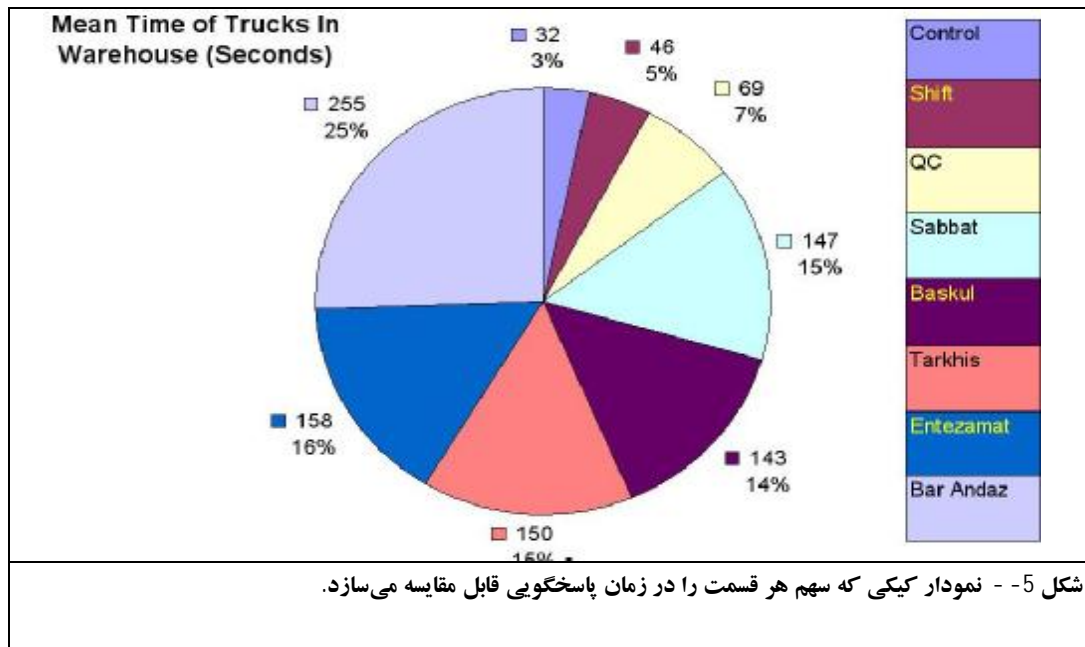
تریلیها پر تعدادترین اجزاء شبیه سازی می باشند. اطلاعات مربوط به هر تریلی تصمیم گیری در مورد آن و ردیابی آن را ممکن می سازند. در مورد تریلیها ، فراوانی مراجعه در ساعتهای مختلف روز و فراوانی مراجعه در روزهای مختلف سال بصورت اطلاعات ورودی لازم است.



## خروجیها

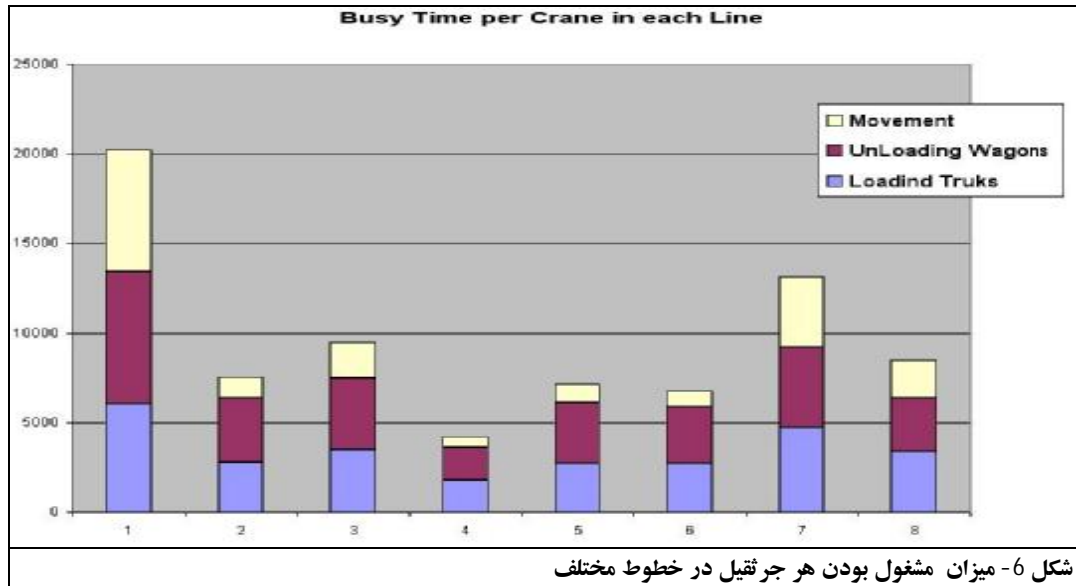
### 1- سهم هر قسمت در زمان پاسخگویی

یکی از خروجیها متوسط زمان انتظار تریلیها در هر کدام از ایستگاههاست که در کل با اضافه شدن زمان جابجایی تریلی بین ایستگاهها، متوسط زمان پاسخگویی سیستم را می‌سازند. برای مقایسه زمانهای صرف شده در ایستگاههای مختلف از یک نمودار کیک که در شکل 5 آمده است، استفاده کرده‌ایم. مقایسه نشان می‌دهد که برخلاف آنچه در ابتدا به نظر می‌رسد، ایستگاههای دوبله سهم بزرگی در زمان پاسخگویی دارند و امید کاهش زمان پاسخگویی در اثر بهبود در این ایستگاهها بالا می‌باشد.



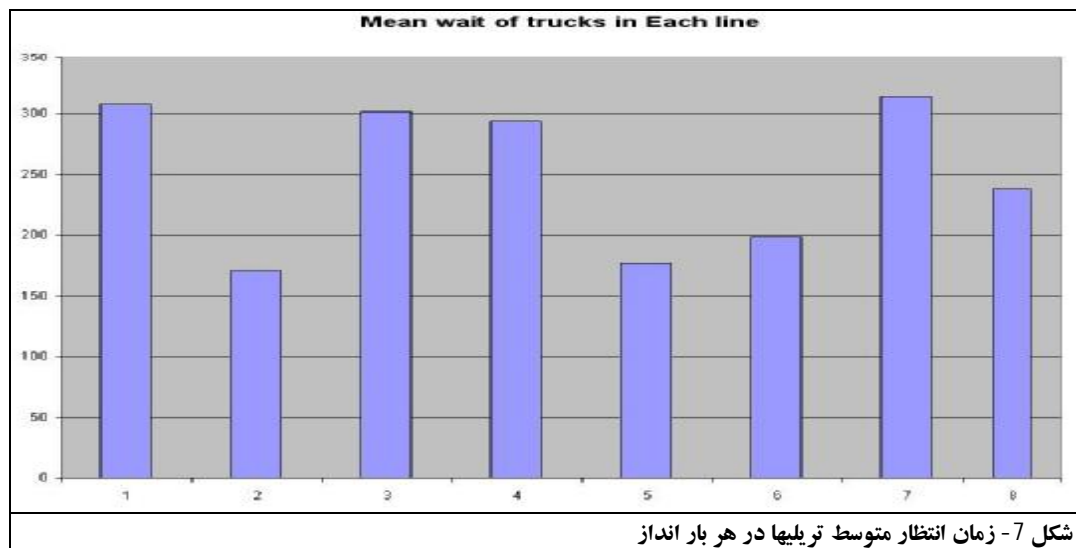
## 2- مقایسه میزان مشغول بودن هر کالابر در خطوط مختلف

این مقایسه می تواند گلوگاه بودن یک خط یا پتانسیل بهبود در اثربالانس جرثقیلها را نشان دهد. برای این مقایسه از نمودار میله ای استفاده کرده ایم (شکل 6). مقایسه نشان می دهد که تک جرثقیل موجود در خط یک مشغول ترین جرثقیل انبار می باشد.



## 3- مقایسه زمان انتظار متوسط تریلیها در هر بار انداز

این مقایسه ابزار خوبی برای تشخیص گلوگاه بودن یک محل در کاهش زمان پاسخگویی است. نمودار شکل 7 را بدین منظور به خدمت گرفته ایم. مقایسه نشان می دهد که در خطوط 7 و 1 بیشترین متوسط زمان انتظار وجود دارد.



## نتایج

تغییرات پیشنهادی تک تک در مدل اعمال شده و میزان بهبود مورد انتظار از هر کدام تحت سناریوهایی که شرح دقیق آنها در پایان نامه آمده است سنجیده شد. بیشترین بهبود مربوط به پیشنهاد تسریع در کار ایستگاههای دوبله به میزان 25 درصد بود که به 5 دقیقه و 34 ثانیه کاهش یعنی حدود 18 درصد بهبود منجر می شد و بدترین پیشنهاد مربوط به ادغام ایستگاههای دوبله بود که برای ادغام ایستگاههای باسکول و انتظامات حتی با 25 درصد بهبود در زمان سرویس دهی موجب 12 دقیقه افزایش در زمان پاسخگویی می گردید که مساوی منفی 25 درصد بود.

## تشرکات

جا دارد از همکاری آقایان مهندس جولای زاده مدیر محترم تحقیق و توسعه، مهندس شریف، سرپرست محترم بخش پشتیبانی فروش، آقای مهندس رفیعی، کارشناس ارشد بخش تحقیق و توسعه، آقای مهندس خلیلیان، آقای رحیمی سرپرست انبار و سایر پرسنل که با اینجانب در جمع آوری اطلاعات و دادن پیشنهادات همکاری صمیمانه داشتند، نهایت سپاس و تشکر خود را اظهار دارم.