

## شبیه سازی فرآیند برگزاری مناقصات مطالعه موردی: شرکت گاز استان تهران

تاریخ دریافت: 1392/4/16

محمد رضا زمانیان<sup>1</sup>

تاریخ پذیرش: 1392/6/31

### چکیده

هدف از تحقیق حاضر ارائه مدلی مناسب جهت تسهیل فرآیند برگزاری مناقصات در شرکت گاز استان تهران می باشد، به گونه ای که با کاهش زمان انتظار بسته های دریافت کننده خدمت در صف ها و افزایش بکارگیری خدمت دهنده ها، سیستم بهینه و پویا گردد. در این تحقیق ابتدا مدل واقعی فرآیند، شبیه سازی و مورد کاوی شده است، سپس شش سناریو مختلف جهت اصلاح فرآیند پیشنهاد شده و نتایج حاصل از اجرای آنها با مدل واقعی مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرد. داده های فرآیند مورد مطالعه، مربوط به 238 روز تقویمی می باشد. مدل های ساخته شده به وسیله نرم افزار شبیه ساز *Enterprise Dynamics* اجرا گردیده اند. سپس شاخص های متوسط زمان انتظار بسته ها در صف ها و ضریب بکارگیری سیستم برای مقایسه مدل ها اندازه گیری می شوند. و نتایج حاصل شده بر اساس تکنیک تصمیم گیری *TOPSIS* رتبه بندی گردیده و بهترین سناریوی پیشنهادی که منطبق با اهداف تحقیق می باشد نیز مشخص می شود. در برگیری افق زمانی طولانی تر، منحنی یادگیری، زیر سیستم های موازی و گسترش سیستم برای تحقیقات آتی پیشنهاد می شود.

واژگان کلیدی: مناقصات، صف، بکارگیری، شبیه سازی، *Enterprise Dynamics TOPSIS*

1. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، گرایش تحقیق در عملیات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران  
و مسئول مکاتبات Zamanian.2000@yahoo.com

**1- مقدمه**

امروزه یکی از دغدغه‌های اصلی شرکت‌ها و سازمان‌ها در محیط کسب و کار پیرامونی خود، خرید خدمات، محصولات و اجرای پروژه‌های عمرانی جهت رشد و توسعه و بقاء در فضایی رقابتی می‌باشد. موفقیت در فعالیتهای اقتصادی بستگی بسیار زیادی به نحوه مشارکت در بازار دارد و موسساتی که نتوانند حضور خود را در بازار تحکیم نمایند، فرصتهای پیش رو را از دست خواهند داد. از اینرو در عرصه تجارت و کسب و کار بسیاری از پروژه‌های کوچک و بزرگ و خرید خدمات و محصولات از طریق برگزاری مناقصات<sup>۱</sup> واگذار و اجرا می‌شوند و اهمیت این موضوع به حدی است که برگزاری صحیح، دقیق و سریع هر مناقصه‌ای یکی از ارکان تداوم توسعه و همسو در نیل به اهداف سازمانی شرکت‌ها می‌باشد.

**2- بیان مساله**

شرکت گاز استان تهران مسئولیت توزیع گاز و بهره برداری از آن را در سطح استان تهران دارد و به جهت حفظ رسالت سازمانی خود در راستای برقراری و استمرار جریان گاز، نیازمند استفاده از خدمات پیمانکاران در رشته‌ها و تخصص‌های گوناگون از جمله اجرای پروژه‌های خطوط انتقال، تغذیه، شبکه، انشعابات، ساختمانی، خدماتی و... می‌باشد و نیل به این هدف مستلزم انتخاب پیمانکاران از طریق برگزاری مناقصات می‌باشد.

امور قراردادهای شرکت گاز استان تهران متولی برگزاری مناقصات آن شرکت می‌باشد و در این پژوهش با مدلسازی فرآیند مناقصات در امور قراردادهای مجموعه فرض‌های مربوط به عملکرد و اهداف سیستم مدل شده، شبیه سازی<sup>۲</sup> می‌شوند و رفتار و انجام تغییرات در شرایط گوناگون و تاثیرات آن را در خروجی سیستم بوسیله تکنیک شبیه سازی می‌توان مشاهده نمود. هدف اصلی این پژوهش ارائه الگوریتمی مناسب جهت تسهیل فرآیند برگزاری مناقصات در امور قراردادهای شرکت گاز استان تهران می‌باشد که مشتمل بر کاهش زمان انتظار صف‌ها و افزایش بکارگیری و بهره وری خدمت دهنده‌ها در امور قراردادهای بعنوان یک سیستم مدل شده است.

### 3- ادبیات پژوهش

شبیه سازی در فرهنگ لغت به معنای وانمود کردن، یا نائل شدن به اصل چیزی بدون واقعیت است. (شانون، 1390). تحقیقات شبیه سازی در تصمیم‌گیریه‌های مدیریتی سعی کرده است آثار به کارگیری شبیه سازی را در تحلیل، اندازه‌گیری، طراحی، پیش‌بینی پارامترهای گوناگون مؤثر در فرآیندهای سازمان به طور مستقیم یا غیر مستقیم و تأثیر آن بر فرآیند تصمیم‌گیری را معرفی کند. (گلزارادی، 2007). شبیه سازی می‌تواند به عنوان یکی از تکنیکهای مؤثر و پر قدرت مدیران امروزی مورد استفاده قرار گیرد. (کندری، 1387). تحقیقات پیشین در خصوص بررسی هزینه‌های صعودی اداره کردن دفتر کار و چگونگی شبیه سازی گسسته پیشامد می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب و مؤثر برای پیدا کردن راه‌های بهره‌وری و مدیریت کردن بکار گرفته شود. با مدل کردن یک کار ستادی و شبیه سازی کامپیوتری آن چگونگی توسعه و پیشرفت بهره‌وری در محل کار را بوسیله معتدل کردن منابع در دسترس و زمانهای انجام وظایف نشان داده شده و به تفسیر وجوه مختلف مدیریت کردن اصول آن پرداخته می‌شود. (پراکتر، 2004).

در تحقیقات به عمل آمده دیگر، نیاز به افزایش بهره‌وری و کارایی بسیاری از شرکت‌ها برای حداقل کردن زمان تولید در خارج از شبکه، بصورت شبیه سازی مورد بررسی قرار گرفت. (آهرنس و پاکو، 2002). پژوهشی برای تعیین تعداد پرسنل مورد نیاز در هر سطح، توسط ترکیبی از روش‌های شبیه سازی و سایر روش‌های برنامه‌ریزی خطی مانند صفحات متقاطع استفاده شد. (آلسون، 2004). در مطالعه دیگری این متد در یک مرکز تماس<sup>۳</sup> چند مهارتی با تعداد متعددی صف پیاده سازی شده است. متد صفحات متقاطع و شبیه سازی، همزمان به هر دو زمینه تعیین تعداد پرسنل و زمان‌بندی فعالیت‌ها می‌پردازد و وابستگی بین بازه‌های برنامه‌ریزی رانیز مد نظر قرار می‌دهد. (سزیک، 2008).

چارچوب نظری این پژوهش مدل سازی سیستم امور قراردادها و زیر سیستم‌های آن می‌باشد و سوالات مطرح شامل چگونگی شناسایی گلوگاههای احتمالی، کاهش زمان انتظار در صف<sup>۴</sup>ها و افزایش بکارگیری<sup>۵</sup> و بهره‌وری خدمت‌دهنده‌ها می‌باشد و با توجه به اینکه در این تحقیق به دنبال بهبود فرآیند برگزاری مناقصات می‌باشیم، لذا مدل ارائه شده فرضیه تحقیق می‌باشد.

## 4- روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی است و هدف از انجام آن ارائه یک الگوریتم مناسب جهت برگزاری مناقصات می‌باشد. لذا جهت نیل به این هدف، باید به دنبال کاهش زمان انتظار در صف‌ها و افزایش بکارگیری و بهره‌وری خدمت‌دهنده‌ها باشیم. در ابتدا جهت ساختن مدل به امور قراردادهای شرکت گاز استان تهران مراجعه و از طریق مصاحبه با تمامی کارکنان شاغل از جمله کارشناسان و خبیره‌گان آن امور که تعدادشان 7 نفر می‌باشد، روئیت نمودار سازمانی، مراجعه به بایگانی پرونده‌ها و استفاده از زیرساخت نرم افزار اتوماسیون اداری برید، نسبت به شناسایی تمامی مجموعه و جمع‌آوری کامل داده‌ها و اطلاعات لازم اقدام گردید که نتایج آن در ادامه ذکر می‌گردد.

بسته‌های<sup>۶</sup> وارد شده به امور قراردادها 4 نوع به شرح ذیل می‌باشد.

بسته نوع 1 که مربوط به تعدیل پروژه‌ها می‌باشد.

بسته نوع 2 که مربوط به اضافه کاری یا جداول مقایسه‌ای پروژه‌ها می‌باشد.

بسته نوع 3 که مربوط پروژه‌های یک قلم می‌باشد.

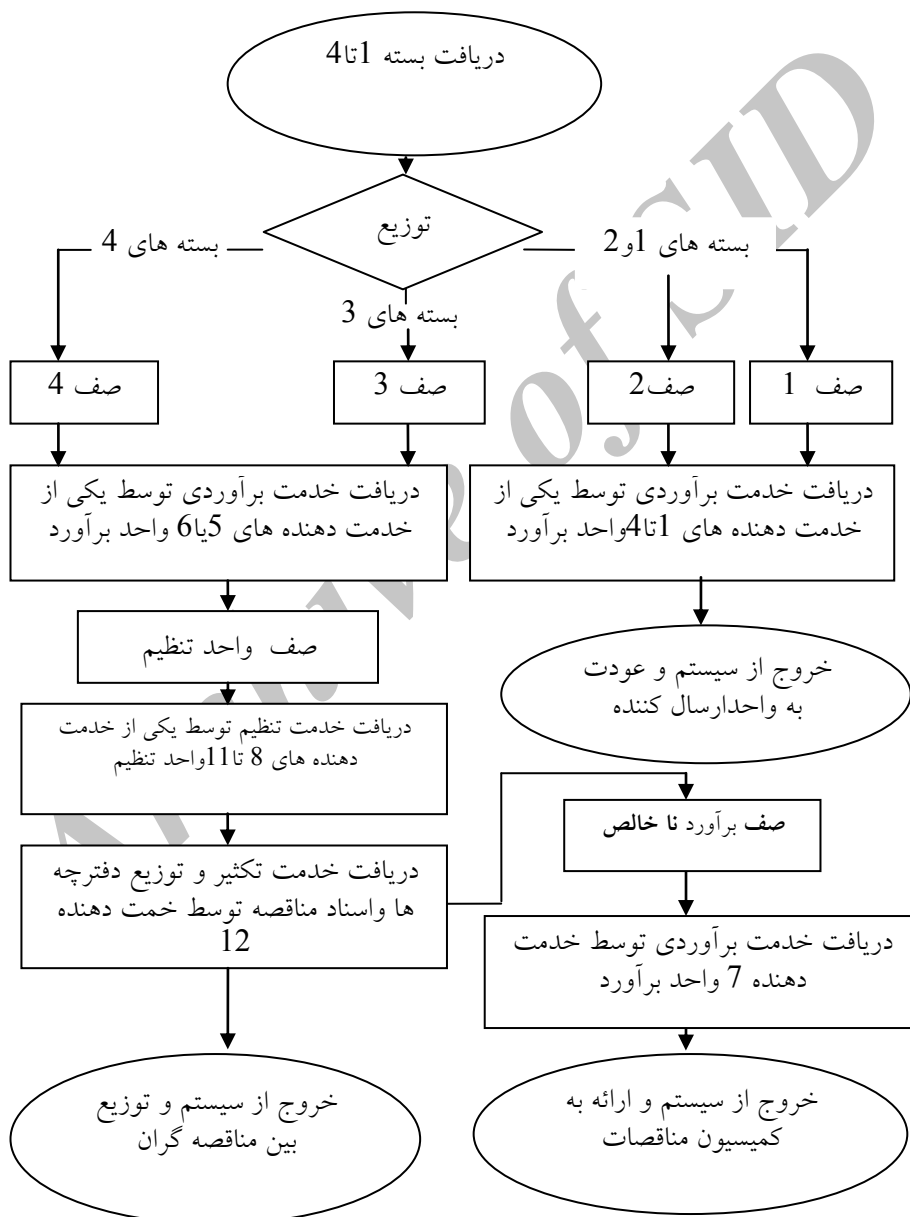
بسته نوع 4 که مربوط به پروژه‌های فهرست بهایی می‌باشد.

امور قراردادها از 2 واحد برآورد و تنظیم قرارداد تشکیل شده است که واحد برآورد آن از سه قسمت برآورد اضافه کاری یا تعدیل، برآورد خالص پروژه‌ها و برآورد ناخالص پروژه‌ها که وظایف آنها انجام محاسبات برآوردی می‌باشد تشکیل شده است. و واحد تنظیم قراردادها نیز از دو قسمت تنظیم و تهیه اسناد، مدارک، نقشه‌ها و دفترچه‌های پیمان و قسمت تکثیر و توزیع تشکیل شده است. تعداد صف‌های مدل 6 مورد است که 4 صف آن مربوط به بسته‌های نوع 1 تا 4، 1 صف مربوط به واحد تنظیم و 1 صف دیگر مربوط به قسمت برآورد ناخالص پروژه‌ها می‌باشد. ترتیب صف‌ها نیز FIFO<sup>۷</sup> می‌باشد.

فرآیند انجام کار در مدل واقعی بدین صورت است که بسته‌های 1 و 2 پس از ورود به واحد برآورد و قرار گرفتن در صف‌های مربوط به خود، توسط یکی از خدمت‌دهنده‌های 1 تا 4 خدمت دریافت نموده و به واحدهای ارسال‌کننده عودت داده می‌شوند. بسته‌های 3 و 4 نیز پس از ورود در قسمت برآورد و قرار گرفتن در صف‌های مربوط به خود توسط یکی از خدمت‌دهنده‌های 5 یا 6 خدمت دریافت نموده و وارد صف واحد تنظیم می‌شوند و در آنجا نیز پس از

دریافت خدمت وارد قسمت تکثیر و توزیع شده که در آنجا دفترچه‌ها و اسناد بین پیمانکاران<sup>^</sup> توزیع شده و یک نسخه از آن به قسمت برآورد ناخالص پروژه‌ها فرستاده شده و در آنجا پس از دریافت خدمت به کمیسیون مناقصات فرستاده می‌شود (نمودار 1).

نمودار 1- فرآیند کاری سیستم موجود در امور قراردادهای



جدول 1- تخصص و مدت زمان خدمت دهی خدمت دهنده‌های واحد برآورد

تخصص و زمان خدمت دهی به بسته‌ها بر حسب ساعت				خدمت دهنده‌های واحد برآورد
بسته نوع 4	بسته نوع 3	بسته نوع 2	بسته نوع 1	
-	-	32-40	14-16	خدمت دهنده 1
-	-	32-40	14-16	خدمت دهنده 2
-	-	24-32	12-14	خدمت دهنده 3
-	72-88	24-32	12-14	خدمت دهنده 4
16-24	48-56	24-32	12-14	خدمت دهنده 5
16-24	48-56	24-32	12-14	خدمت دهنده 6
16-24	2-3	24-32	12-14	خدمت دهنده 7

جدول 2- سطوح دسترسی واحد برآورد به انواع بسته‌ها در مدل واقعی

سطوح دسترسی به انواع بسته‌ها در مدل واقعی				خدمت دهنده‌های واحد برآورد
بسته نوع 4	بسته نوع 3	بسته نوع 2	بسته نوع 1	
-	-	✓	✓	خدمت دهنده 1
-	-	✓	✓	خدمت دهنده 2
-	-	✓	✓	خدمت دهنده 3
-	-	✓	✓	خدمت دهنده 4
✓	✓	-	-	خدمت دهنده 5
✓	✓	-	-	خدمت دهنده 6
✓	✓	-	-	خدمت دهنده 7

جدول 3- تخصص، سطوح دسترسی و زمان خدمت دهی واحد تنظیم در مدل واقعی

تخصص، سطوح دسترسی و مدت زمان خدمت دهی به بسته‌ها در مدل واقعی				خدمت دهنده‌های واحد تنظیم قرارداد
بسته نوع 4	بسته نوع 3	بسته نوع 2	بسته نوع 1	
40-48	40-48	-	-	خدمت دهنده 8
40-48	40-48	-	-	خدمت دهنده 9
24-32	24-32	-	-	خدمت دهنده 10
24-32	24-32	-	-	خدمت دهنده 11
6-8	6-8	-	-	خدمت دهنده 12

## 1-4- جمع آوری داده‌ها

در این تحقیق برای تعیین پارامترهای جامعه آماری اقدام به جمع آوری داده‌های ورودی و خروجی امور قراردادها در فاصله زمانی 8 صبح 1391/01/05 لغایت 8 صبح 1391/08/27 به مدت 238 روز تقویمی شده است، که با این توصیف اندازه نمونه ما در این تحقیق برابر جامعه آماری می‌باشد.

تمامی ورودی و خروجی‌های سیستم شامل بسته‌های تعدیل، اضافه کاری و جداول مقایسه‌ای از طریق زیرساخت نرم افزاری اتوماسیون برید موجود در شرکت گاز استان تهران اطلاعات آنها دریافت شده است. و درخصوص بسته‌های پروژه‌های فهرست بهایی و یک قلم نیاز آنجایی که از طریق زیر ساخت نرم افزاری اتوماسیون برید وارد سیستم و خارج از آن نشده‌اند، با مراجعه به بایگانی امور قراردادها و رجوع به هر پرونده بصورت جداگانه، زمان ورود به سیستم که همان امور قراردادها می‌باشد، استخراج شده است. و زمان خروج بسته‌های مذکور نیز با رجوع به تاریخ‌های برگزاری کمیسیون مناقصات دریافت شده است.

به علت تعدد خدمت دهنده‌های امور قراردادها ی شرکت گاز استان تهران و وابستگی فعالیت آنها به یکدیگر، امکان زمان سنجی فعالیت‌ها با روش‌های سنتی مانند Stop-Watch عملاً غیر ممکن و دارای خطای بسیار بالایی خواهد بود در نتیجه جهت ثبت مشخصات و زمان سرویس دهی خدمت دهنده‌ها در قسمت‌ها و واحدهای مختلف امور قراردادها از نظرات کارشناسی تمامی خبرگان آن امور و خود خدمت دهنده‌ها استفاده شده است و شاخص‌هایی همچون، تعداد کارهای انجام شده و در حال انجام، سابقه و تجربه و نوع خدمت دهی در تشخیص این بازه زمانی انجام کار که برای خدمت دهنده‌ها مختلف است، موثر بوده است. با مقایسه تعداد کارهای انجام گرفته و بازه زمانی در نظر گرفته شده برای هر خدمت دهنده، صحت زمان سرویس دهی خدمت دهنده‌ها مورد تایید قرار گرفت و از این داده‌ها در تحقیق موجود استفاده شده است.

مطابق برنامه ریزی موجود در زیر ساخت نرم افزاری سیستم اتوماسیون برید شرکت گاز استان تهران زمان ثبت اطلاعات داده‌های آن شرکت بر اساس تاریخ، ساعت و دقیقه می‌باشد و مطابق همان برنامه ریزی تمامی بسته‌های نوع 1 و 2 پروژها که بین ساعات 8 تا 10 صبح در سیستم اتوماسیون برید ثبت شده‌اند ساعت 10 صبح، 10 تا 12، ساعت 12، 12 تا 14، ساعت 14 و

بعد از ساعت 14 در ساعت 10 صبح روز کاری بعدی به امور قراردادهای گاز استان تهران ارسال می‌شوند.

از آنجایی که بسته‌های نوع 3 و 4 وارد شده به سیستم امور قراردادها فقط دارای تاریخ ثبت شده می‌باشند، لذا بصورت پیش فرض ساعت ورود بسته‌های مذکور 10 صبح هر روزکاری در نظر گرفته شده است.

تمامی زمان‌های استخراج شده بین دو ورود متوالی داده‌ها بر اساس ثانیه محاسبه شده است، و با توجه به ماهیت زیر ساخت نرم افزاری موجود هر زمان که دو یا چند بسته توسط سیستم اتوماسیون برید بصورت همزمان به امور قراردادها ارسال شده است فاصله زمانی بین هر دو بسته همزمان یک ثانیه در نظر گرفته شده است و در خصوص بسته‌های نوع 3 و 4 با توجه به فرآیند سیستم اداری موجود دو ساعت که معادل 7200 ثانیه می‌باشد در نظر گرفته شده است. در ساعت 8 صبح 1391/01/05 هیچ بسته نوع 1 و 2 در صف انتظار وجود نداشته است اما 17 بسته نوع 3 و 12 بسته نوع 4 در صف‌های انتظار وجود داشته‌اند که فاصله زمانی ورود بین آنها را به سیستم، یک ثانیه در نظر گرفته شده است.

## 2-4- نرم افزار ED

در این پروژه با استفاده از نرم افزار Enterprise Dynamics 8.2 مدل به زبان کامپیوتری برگردانده می‌شود. این نرم افزار یک ابزار قوی برای شبیه سازی فرایندهای گسسته می‌باشد که متعلق به شرکت Incontrol Enterprise Dynamics هلند می‌باشد. ED نرم افزاری شی گرا برای مدل سازی، شبیه سازی، مشاهده و کنترل فرایندهای پویا می‌باشد. (دارایی محبوب و شاه حیدری، 1389).

## 3-4- عناصر و مراحل ساخت مدل

بارگذاری داده‌های اولیه ورودی به دو زیر سیستم واحد برآورد توسط زیر سیستم بارگذاری داده‌های ورودی فراهم می‌گردد. این زیر سیستم در هر بار اجرای مدل، داده‌های ورودی را از یک فایل اکسل می‌خواند.



در صفحه اکسل زمان‌های بین ورود داده‌ها براساس ثانیه وارد شده است که شامل چهار ستون بوده و از چپ به راست به ترتیب داده‌های تعدیل (نوع 1) 96 مورد، اضافه کاری‌ها و جداول مقایسه‌ای (نوع 2) 103 مورد، بسته‌های پروژه‌های فهرست بهایی (نوع 3) 59 مورد و یک قلم (نوع 4) 36 مورد می‌باشند. و با اجرای فرمان Auto fit مناسبترین توزیع احتمال هر کدام از چهار ستون داده‌های ورودی به سیستم به ترتیب عبارتند از:

Beta(210600.00,0.40,1.90 )

Gamma(182097.09,0.60)

Beta(335349.44,0.30,2.60)

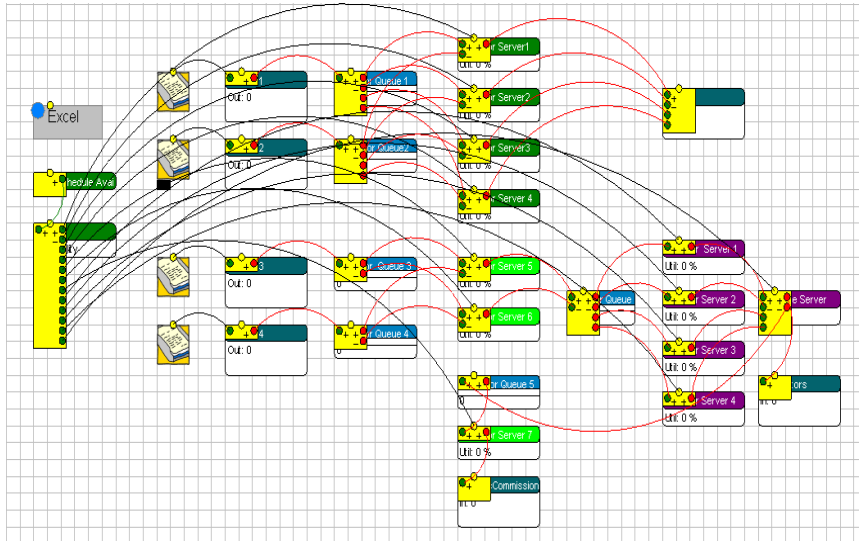
Uniform(-642771.46,1718372.13)

بوسیله اتم‌های Time Schedule Availability و Control Availability برنامه زمانبندی خدمت دهی 12 خدمت دهنده سیستم در جدول مربوطه جهت بارگذاری درج شده است. ساعات کاری تعریف شده در جدول مطابق واقعیت میدانی موجود در سیستم می‌باشد. روزهای کاری خدمت دهنده شامل پنج روز کاری در هفته از شنبه تا چهارشنبه می‌باشد و در هر روز ساعت شروع کار 8 صبح تا 18 عصر می‌باشد. ساعت هشت صبح تا هشت و سی دقیقه Setup time خدمت دهنده‌ها و ساعت دوازده تا سیزده و سی دقیقه نیز وقت نماز و صرف غذا می‌باشد که تمامی خدمت دهنده‌ها در این اوقات غیر قابل دسترس می‌باشند.

جدول 4- برنامه زمانبندی خدمت دهی خدمت دهنده‌ها در یک هفته

	Time	Down=1
1	0	1
2	hr(5)	0
3	hr(4)	1
4	hr(5.5)	0
5	hr(10)	1
6	hr(24.5)	0
7	hr(28)	1
8	hr(29.5)	0
9	hr(34)	1
10	hr(48.5)	0
11	hr(52)	1
12	hr(53.5)	0
13	hr(58)	1
14	hr(72.5)	0
15	hr(76)	1
16	hr(77.5)	0
17	hr(82)	1
18	hr(96.5)	0
19	hr(100)	1
20	hr(101.5)	0
21	hr(106)	1
22	hr(168)	0

با استقرار اتم‌های مختلف ED در صفحه و متصل نمودن کانال‌های ارتباطی آنها، اقدام به برنامه نویسی گزینه‌های مختلف پنجره‌های هر اتم با توجه به اطلاعات و داده‌های موجود و دستورالعمل‌های مربوطه می‌گردد، قسمت برنامه نویسی در مدل کامپیوتری حساس‌ترین مرحله شبیه سازی بوسیله نرم افزار ED می‌باشد.



نمودار 2- کل سیستم امور قراردادها با نمایش کانال‌های ارتباطی بین آنها

#### 4-4- تعیین اعتبار مدل

یک مدل تنها برای هدف خاصی ایجاد می‌شود و کفایت و اعتبار آن تنها بر حسب همان هدف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در واقع، مرحله تعیین اعتبار مدل بخشی جدایی ناپذیر از ایجاد مدل است. (بنکس و کارسن، 2005). هدف ما در اینجا ساخت مدلی است که همان ویژگی‌های رفتاری فرآیند برگزاری مناقصه در شرکت گاز استان تهران را داشته و همان سیستم را شبیه سازی نماید. ارزیابی یک مدل به معنای ارائه یک سطح اطمینان قابل قبولی برای این موضوع است که نتایج حاصل از عملکرد مدل شبیه سازی شده، صحیح بوده و قابل تطبیق با سیستم واقعی باشد.

در این تحقیق با اجرای مدل شبیه سازی شده و بررسی و مقایسه داده‌های خروجی سیستم شبیه سازی شده با سیستم واقعی، صحت عملکرد و اعتبار مدل مورد تایید قرار گرفت و در هر بار اجرای شبیه سازی نتایج قابل قبولی اخذ می‌گردید.

روشهای روایی سنجی مدل این پژوهش به صورت زیر دسته بندی شده‌اند:

### 1-4-4-4- روایی سنجی مدل مفهومی

در این تحقیق برای سنجش روایی مدل مفهومی از خبرگان و کارشناسان سازمان که تعداد آنها 7 نفر می باشد تطابق مدل مفهومی با سیستم موجود بررسی و مورد تکمیل و تایید قرار گرفت.

### 2-4-4-4- روایی سنجی داده‌ها

داده‌ها دارای پتانسیل بالایی از عدم دقت می باشند. و می توانند یک مدل دقیق را تبدیل به یک مدل غیر معتبر نمایند. لذا در این تحقیق نهایت سعی و تلاش جهت اطمینان از صحت و دقت داده‌ها در مدت 238 روز تقویمی به عمل آمد.

### 3-4-4-4- سنجش پایایی و روایی سنجی جعبه سفید

روایی سنجی جعبه سفید نیز به بررسی تطابق مدل ساخته شده با دنیای واقعی می پردازد. در این تحقیق سنجش پایایی با مقایسه جزئیات مدل ساخته شده و مدل مفهومی انجام گرفت. و برای سنجش روایی جعبه سفید نیز از 7 نفر از خبرگان و کارشناسان سازمان خواسته شد تطابق مدل را با سیستم واقعی بررسی نمایند که موردتایید آنها قرار گرفت. در این مرحله معیارهای متعددی مورد بررسی قرار گرفتند که می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ✓ زمان بندی‌هایی مانند نرخ ورود بسته‌ها و زمان‌های خدمت دهی
- ✓ کنترل مسیر حرکت بسته‌ها
- ✓ کنترل منطقی زمان بندی‌ها
- ✓ بررسی کدهای استفاده شده در مدل که صحت آنها مورد بررسی و تایید قرار گرفت.
- ✓ بررسی ظاهری مدل: با اجرای مدل و مشاهده رفتار اجزای سازنده آن منطق مدل کنترل شده و تطابق مدل با سیستم واقعی مورد بررسی و تایید قرار گرفت.

در این تحقیق از روشهای ذیل برای این منظور استفاده شده است:

➤ مدل شبیه سازی شده مرحله به مرحله مورد بررسی و تایید قرار گرفته است.

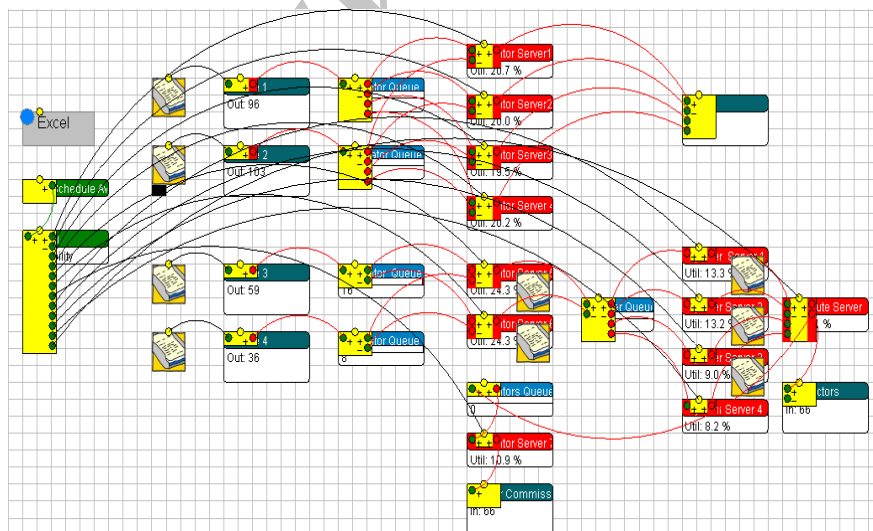
➤ شرایط حدی مدل مورد ارزیابی قرار گرفته شد. برای این منظور نرخ ورود به سیستم بالا برده شد و عملکرد صف‌ها و خدمت دهنده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. که به صورت منطقی انتظار می‌رفت که ظرفیت صف‌ها و میزان بهره‌وری خدمت دهنده‌ها به بیشترین حد ممکن برسند که نتایج حاصله مؤید این موضوع بود.

➤ مدل شبیه‌سازی شده برای خبرگان و کارشناسان سیستم واقعی اجرا شده و نقطه نظرات آنها در مدل لحاظ شد و مورد تأیید آنها قرار گرفت.

➤ حرکت بین انواع اتم‌ها در مدل مورد بررسی و تأیید قرار گرفت.

#### 4-4-4- رویایی سنجی جعبه‌ی سیاه

جهت حصول رویایی سنجی جعبه‌ی سیاه باید یک یا چند معیار جهت مقایسه میان مدل شبیه‌سازی شده و سیستم واقعی تعریف نمود، که هم به وسیله مدل شبیه‌سازی شده و هم در سیستم واقعی قابل اندازه‌گیری باشند و در ضمن بررسی آنها به لحاظ آماری دلیلی برای تطابق مدل شبیه‌سازی با سیستم واقعی باشد. این معیارها شامل تعداد انواع چهارگانه بسته‌های ورودی، خروجی و منتظر در صف‌ها می‌باشد. پس از تعیین معیارها، در مرحله بعدی آنها را توسط مدل شبیه‌سازی و نیز سیستم واقعی اندازه‌گیری و تطابق آنها مورد ارزیابی و تایید قرار گرفت.



نمودار 3- اجرای مدل با نشان دادن کانال‌های ارتباطی

## 5- پیشنهاد اصلاح مدل

الگوریتم مورد استفاده در امور قراردادهای شرکت گاز استان تهران، الگوریتمی ایستا<sup>9</sup> بوده که با گروه بندی خدمت دهنده ها در واحدها و قسمت های مختلف، بسته های متفاوت را با توجه به سطوح تخصصی به گروه در نظر گرفته شده ارجاع می دهند. با توجه به نرخ ورود متفاوت انواع بسته ها در مدت زمان شبیه سازی، طول صف ها و مدت زمان انتظار نا متعادل و بکارگیری خدمت دهنده ها نیز متفاوت می باشند.

با توجه به تحقیقات بعمل آمده و نظرات خبرگان و کارشناسان ذیربط، اولویت بندی انجام بسته های وارد شده به سیستم بدین شرح است:

اولویت اول: بسته های نوع 3 و 4

اولویت دوم: بسته های نوع 1

اولویت سوم: بسته های نوع 2

با توجه به اطلاعات به دست آمده و محدودیت های موجود، سناریوهای ذیل مورد بررسی قرار می گیرند:

### 5-1- پیاده سازی سناریوی 'اول

جهت پیاده سازی این الگوریتم تغییرات زیرنسبت به مدل واقعی داده می شود:

- خدمت دهنده 4 به طور کامل از زیر سیستم برآورد تعدیل و اضافه کاری منفک گردیده و به زیر سیستم برآورد مقایسه ای اضافه می شود.
- Input Strategy هر سه خدمت دهنده زیر سیستم برآورد تعدیل و اضافه کاری به Longest Waiting تغییر می کند.

### 5-2- پیاده سازی سناریوی دوم

جهت پیاده سازی این الگوریتم تغییرات زیرنسبت به سناریوی 1 داده می شود:

- در مدار Trigger on creation تمامی اتم های Source بر چسب هایی جهت شناسایی چسبانده می شود. در مدار Trigger on exit اتم 2 Source نیز بر چسب چسبانده می شود.
- در cycle time تمامی خدمت دهنده های 1 تا 4 و 7 کد نویسی می شود.

- در قسمت Send to اتم خدمت دهنده 4 کدنویسی می‌شود.
- Input Strategy اتم خدمت دهنده 4 به Longest Waiting تغییر می‌کند.
- دو کانال ورودی اتم خدمت دهنده 4 به اتم‌های صف 3 و 4 و دو کانال خروجی آن به اتم‌های Sink و صف تنظیم متصل می‌شود. با این توصیف خدمت دهنده یاد شده در هر دو زیر سیستم برآورد تعدیل و اضافه کاری و برآورد مقایسه‌ای خالص پروژه‌ها خدمت دهی می‌نماید.

### 3-5- پیاده سازی سناریوی سوم

- جهت پیاده سازی این الگوریتم تغییر زیرنسبت به سناریوی 2 داده می‌شود:
- یکی از خدمت دهنده‌های زیر سیستم تنظیم قراردادها با زمان خدمت دهی یکنواخت بین 86400 تا 115200 ثانیه حذف می‌شود.

### 4-5- پیاده سازی سناریوی چهارم

- جهت پیاده سازی این الگوریتم تغییرات زیرنسبت به سناریوی 3 داده می‌شود:
- برچسب مدار Trigger on exit اتم Source 2 حذف می‌شود.
  - در cycle time تمامی خدمت دهنده‌های برآورد 1 تا 4 مدت زمان خدمت دهی با توجه به بسته ارجاع داده شده به آن نوشته می‌شود.
  - در قسمت Send to اتم خدمت دهنده 4 برآورد دستور نوشته شده حذف و کد 1 نوشته می‌شود.
  - تنها کانال ورودی اتم خدمت دهنده 1 برآورد به تنها کانال خروجی اتم صف بسته 1 و تنها کانال‌های ورودی اتم‌های خدمت دهنده‌های برآورد 2 و 3 به دو کانال خروجی اتم صف بسته 2 و تنها کانال ورودی خدمت دهنده 4 برآورد به یکی از خروجی‌های صف بسته 3 متصل می‌باشد. در این مدل جهت بسته نوع 1، یک خدمت دهنده، جهت نوع 2، دو خدمت دهنده و برای نوع 3 و 4 سه خدمت دهنده در نظر گرفته شده است.

### 5-5- پیاده سازی سناریوی پنجم

- جهت پیاده سازی این الگوریتم تغییرات زیرنسبت به سناریوی 1 داده می شود :
- صف بسته های نوع 1 و 2 با یکدیگر ادغام شده و یک صف را تشکیل می دهند. و Queue discipline صف ادغام شده از FIFO به AscendingSort by Label تغییر می کند.
  - یکی از خدمات دهنده های زیر سیستم تنظیم قراردادها با زمان خدمت دهی یکنواخت بین 86400 تا 115200 ثانیه حذف می شود.
  - در مدار Trigger on exit اتم های 1 Source و 2 Source برچسب الصاق می شود.

### 5-6- پیاده سازی سناریوی ششم

- این الگوریتم شباهت زیادی به ترکیب دو سناریوی 3 و 5 دارد و کدها و دستور العملهای به کار رفته در آن بدین شرح است :
- کدهایی در مدارهای Trigger on creation و Trigger on exit اتم های 1 Source تا Source 4 نوشته می شود.
  - صف بسته های نوع 1 و 2 با یکدیگر ادغام شده و یک صف را تشکیل می دهند. و Queue discipline صف ادغام شده از FIFO به Sort by Label Ascending تغییر می کند.
  - دو زیر سیستم برآورد تعدیل و اضافه کاری و برآورد مقایسه ای خالص با یکدیگر ادغام شده و با توجه به سطوح تخصیصی خدمت دهنده ها، سطوح دسترسی آنها به بسته ها مشخص می شود. با این توصیف تمامی بسته های صف های 1 و 2 برای شش خدمت دهنده دو زیر سیستم ادغام شده قابل دسترس بوده و کانال خروجی صف های مذکور به خدمت دهنده های یاد شده متصل می شود. خدمت دهنده 4 برآورد به صف بسته 3 و خدمت دهنده های 5 و 6 برآورد به صف بسته های 3 و 4 نیز دسترسی داشته و کانال های آنها به یکدیگر مرتبط است.
  - در cycle time تمامی خدمت دهنده های 1 تا 7 کد نویسی می شود.
  - Input Strategy اتم های خدمت دهنده های 4، 5 و 6 به Longest Waiting تغییر می کند.
  - در قسمت Send to اتم های خدمت دهنده های برآورد 4، 5 و 6 کد نویسی می شود.

- کانال‌های خروجی اتم‌های خدمت دهنده‌های برآورد 5.4 و 6 علاوه بر اتصال با اتم صف تنظیم به اتم Sink هم متصل هستند.
- یکی از خدمت دهنده‌های زیرسیستم تنظیم قراردادها با زمان خدمت دهی یکنواخت بین 86400 تا 115200 ثانیه حذف می‌شود.

## ۶- آزمایش<sup>۱</sup> مدل واقعی و شش سناریوی پیشنهادی

نتایج حاصل از مجموع یکصد مرتبه اجراهای جداگانه<sup>۲</sup>، مدل واقعی و شش سناریو که معادل 571000 ساعت (2055600000 ثانیه) شبیه سازی برای هر کدام می‌باشد، پس از ساخته شدن هر مدل، با پارامترهای مشخص شده در صف‌های آن اندازه‌گیری می‌شود.

### 1-6- انتخاب شاخص‌ها

برای سنجش مدل اجرا شده واقعی و مدل‌های پیشنهادی، شاخص‌هایی تعیین گردیده است و با در نظر گرفتن این شاخص‌ها امکان مقایسه سناریوهای مختلف فراهم می‌شود. این شاخص‌ها عبارتند از:

- شاخص متوسط زمان انتظار بسته‌ها در صف‌های سیستم.
  - شاخص متوسط بکارگیری سیستم.
- شاخص متوسط زمان انتظار، مهمترین شاخص مورد سنجش در این پژوهش می‌باشد و هدف کاهش این شاخص است. این شاخص مربوط به مدت زمان بین ورود تا خروج بسته‌ها در صف‌های سیستم است.
- ضریب بکارگیری در حقیقت نسبت نرخ ورود بسته‌ها به نرخ خدمت دهنده‌ها می‌باشد. مقدار این ضریب هر چه بزرگتر باشد به این معنی است که در سیستم کار بیشتری انجام می‌شود. پس از اجرای مدل‌ها این ضریب بر روی اتم تمامی خدمت دهنده‌ها وجود دارد و زمانی که بخواهیم متوسط ضریب کل سیستم را محاسبه کنیم از میانگین حسابی استفاده می‌کنیم یعنی جمع ضرائب تقسیم بر تعداد خدمت دهنده‌ها می‌شود. این شاخص عددی بین صفر و یک است و هر چه به یک نزدیکتر باشد میزان مشغول بودن خدمت دهنده‌ها بیشتر است و مطلوبتر می‌باشد.

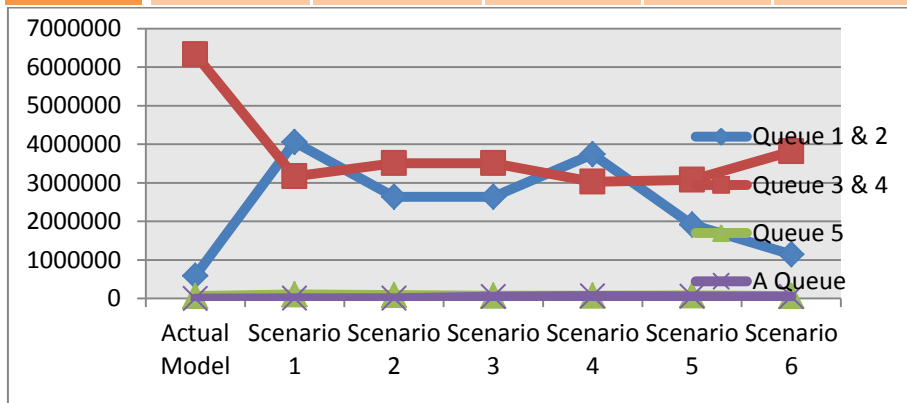


## 2-6- بررسی نتایج مدل واقعی و سناریوهای پیشنهادی شش گانه

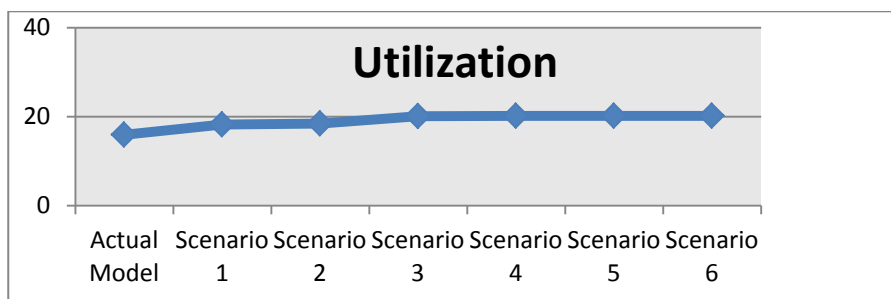
مدل واقعی و سناریوهای شش گانه، هر کدام یکصد مرتبه برای مدت زمان 238 روز تقویمی (معادل 5710 ساعت یا 20556000 ثانیه) اجرا گردیدند. میانگین مدت زمان انتظار در صف و بکارگیری خدمت دهنده‌ها که نتایج شبه سازی 23800 روز تقویمی (معادل 571000 ساعت یا 2055600000 ثانیه) است در ادامه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. میانگین مدت زمان انتظار درون صف‌ها و میزان بکارگیری خدمت دهنده‌ها در مدل واقعی و سناریوهای شش گانه به قرار ذیل است. (جدول 5):

جدول 5- میانگین مدت زمان انتظار درون صف‌ها و بکارگیری خدمت دهنده‌ها

	Queue 1&2	Queue 3&4	Queue 5	6Queue	Utilization
Actual Model	592757.91	6334021.25	70008.75	1297.18	15.975
Scenario1	4057719.14	3166084.68	105314.95	5613.08	18.25
Scenario2	2642474.39	3509458.28	93147.46	4295.83	18.466
Scenario3	2642474.39	3509458.28	72173.26	51207.79	20.109
Scenario4	3738050.05	3030214.62	72235.77	66312.25	20.154
Scenario5	1918114.03	3078263.23	85212.19	61860.29	20.172
Scenario6	1147013.43	3818560.88	64367.82	48401.28	20.191



نمودار 4- میانگین مدت زمان انتظار درون صف‌ها در مدل واقعی و سناریوهای شش گانه



نمودار 5- میانگین حسابی بکارگیری خدمت دهنده‌ها در مدل واقعی و سناریوهای شش گانه

### 7- مقایسه مدل واقعی و سناریوهای شش گانه با تکنیک TOPSIS<sup>۱۳</sup>

گام اول: نرمالیزه کردن ماتریس  $5 \times 7$  میانگین مدت زمان انتظار درون صف‌ها و بکارگیری

سیستم در مدل واقعی و سناریوها. (جدول 6):

جدول 6- نرمالیزه کردن

	Queue 1&2	Queue 3&4	Queue 5	6Queue	Utilization
<i>Actual Model</i>	0.0354	0.2395	0.1245	0.0054	0.1198
<i>Scenario1</i>	0.2424	0.1197	0.1873	0.0235	0.1369
<i>Scenario2</i>	0.1579	0.1327	0.1656	0.018	0.1385
<i>Scenario3</i>	0.1579	0.1327	0.1283	0.2143	0.1508
<i>Scenario4</i>	0.2233	0.1146	0.1284	0.2775	0.1512
<i>Scenario5</i>	0.1146	0.1164	0.1515	0.2588	0.1513
<i>Scenario6</i>	0.0685	0.1444	0.1144	0.2025	0.1515

گام دوم: بی مقیاس کردن اقلیدسی ماتریس  $5 \times 7$ . (جدول 7):

جدول 7- بی مقیاس کردن اقلیدسی

	Queue1&2	Queue3&4	Queue5	6Queue	Utilization
<i>Actual Model</i>	0.084	0.6094	0.3247	0.0112	0.316
<i>Scenario1</i>	0.5752	0.3046	0.4885	0.0488	0.3611
<i>Scenario2</i>	0.3747	0.3377	0.4319	0.0374	0.3653
<i>Scenario3</i>	0.3747	0.3377	0.3346	0.4451	0.3978
<i>Scenario4</i>	0.5299	0.2916	0.3349	0.5763	0.3988
<i>Scenario5</i>	0.272	0.2962	0.3951	0.5375	0.3991
<i>Scenario 6</i>	0.1626	0.3674	0.2984	0.4206	0.3996

گام سوم: با توجه به درجه اهمیت وارجحیت صفها و بکارگیری سیستم و با اطلاعات به دست آمده از نظرات کارشناسان و خبرگان امور قراردادهای شرکت گاز استان تهران اقدام به ایجاد ماتریس 5\*5 مقایسه‌ای زوجی سازگار می‌نماییم. (جدول 8):

جدول 8- ایجاد ماتریس 5\*5 مقایسه‌ای زوجی سازگار

	Queue 1&2	Queue 3&4	Queue 5	6 Queue	Utilization
Queue 1&2	1	5/9	5/2	5	5/4
Queue 3&4	9/5	1	9/2	9	9/4
Queue 5	2/5	2/9	1	2	1/2
6 Queue	1/5	1/9	1/2	1	1/4
Utilization	4/5	4/9	2	4	1

گام چهارم: ماتریس مقایسه‌ای زوجی را نرمالیزه می‌کنیم. (جدول 9):

جدول 9- ماتریس مقایسه‌ای زوجی نرمالیزه

	Queue 1&2	Queue 3&4	Queue 5	6 Queue	Utilization
Queue 1&2	0.2381	0.2381	0.2381	0.2381	0.2381
Queue 3&4	0.4286	0.4286	0.4286	0.4286	0.4286
Queue 5	0.0952	0.0952	0.0952	0.0952	0.0952
6 Queue	0.0476	0.0476	0.0476	0.0476	0.0476
Utilization	0.1905	0.1905	0.1905	0.1905	0.1905

گام پنجم: محاسبه اوزان معیارهای مدنظر. (جدول 10):

جدول 10- اوزان معیارها

Queue 1&2	Queue 3&4	Queue 5	6 Queue	Utilization
0.2381	0.4286	0.0952	0.0476	0.1905

گام ششم: ایجاد ماتریس بی‌مقیاس اقلیدسی وزین. (جدول 11):

جدول 11- ماتریس بی‌مقیاس اقلیدسی وزین

	Queue 1&2	Queue 3&4	Queue 5	6 Queue	Utilization
Actual Model	0.02	0.2612	0.0309	0.0005	0.0602
Scenario1	0.137	0.1306	0.0465	0.0023	0.0688
Scenario2	0.0892	0.1447	0.0411	0.0018	0.0696
Scenario3	0.0892	0.1447	0.0319	0.0212	0.0758
Scenario4	0.1262	0.125	0.0319	0.0274	0.076
Scenario5	0.0648	0.127	0.0376	0.0256	0.076
Scenario6	0.0387	0.1575	0.0284	0.02	0.0761
Wj	0.2381	0.4286	0.0952	0.0476	0.1905

گام هفتم : مشخص نمودن نقاط ایده آل و ضد ایده آل. (جدول 12) :

جدول 12- نقاط ایده آل و ضد ایده آل

A+=	0.02	0.125	0.0284	0.0005	0.0761
A-=	0.137	0.2612	0.0465	0.0274	0.0602

گام هشتم : محاسبه فواصل مدل واقعی و سناریوها از نقاط ایده آل و ضد ایده آل و در نهایت محاسبه فاصله‌های نسبی از نقطه ایده آل. (جدول 13) :

جدول 13- محاسبه فواصل مدل واقعی و سناریوها از نقاط ایده آل و ضد ایده آل

dM+=	0.1371	dM-=	0.1211	CLM+=	0.469
d1+=	0.1188	d1-=	0.1333	CL1+=	0.5288
d2+=	0.0734	d2-=	0.129	CL2+=	0.6374
d3+=	0.075	d3-=	0.1279	CL3+=	0.6304
d4+=	0.1096	d4-=	0.1383	CL4+=	0.5579
d5+=	0.0522	d5-=	0.1535	CL5+=	0.7462
d6+=	0.0423	d6-=	0.1451	CL6+=	0.7743

گام نهم : مقایسه و رتبه‌بندی گزینه‌ها. (جدول 14) :

جدول 14- مقایسه و رتبه‌بندی گزینه‌ها

رتبه	1	2	3	4	5	6	7
سناریو	6	5	2	3	4	1	واقعی
امتیاز	0.7743	0.7462	0.6374	0.6304	0.5579	0.5288	0.4690

## 8- نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا مدل واقعی فرآیند برگزاری مناقصات در شرکت گاز استان تهران را ساخته و سپس بوسیله نرم افزار شبیه ساز ED به مدل کامپیوتری برگردانده و اجرا می‌شود. و در ادامه شش سناریو مختلف جهت اصلاح فرآیند پیشنهاد و ارائه شده و نتایج حاصل از اجرای آنها با مدل واقعی مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد.

الگوریتم مورد استفاده در مدل واقعی، الگوریتمی ایستا بوده که با گروه‌بندی خدمات دهنده‌ها در واحدها و قسمت‌های مختلف، بسته‌های متفاوت را با توجه به سطوح تخصصی خدمات دهنده‌ها به گروه در نظر گرفته شده ارجاع می‌دهد. و با توجه به نرخ ورود متفاوت انواع بسته‌ها در مدت زمان شبیه سازی، طول صف‌ها و مدت زمان انتظار نا متعادل بوده و بهره‌وری خدمات دهنده‌ها نیز متفاوت می‌باشد. لذا با توجه به اولویت‌بندی خدمات دهی به بسته‌ها، اهمیت متفاوت صف‌ها و

سطوح مختلف تخصصی خدمت دهنده‌ها، بهترین گزینه ارائه شده سناریوی 6 می‌باشد. این الگوریتم پیشنهادی برخلاف مدل واقعی مورد استفاده پویا می‌باشد. در این الگوریتم پیشنهادی با ادغام دو زیر سیستم و افزایش سطوح دسترسی خدمت دهنده‌های آن، شاهد کاهش متوسط زمان انتظار بسته‌ها در صف‌ها می‌باشیم و با کاهش یکی از خدمت دهنده‌ها، افزایش بکارگیری و بهره‌وری خدمت دهنده‌ها نیز مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش که همانا کاهش مدت زمان انتظار در صف‌ها و افزایش بکارگیری و بهره‌وری خدمت دهنده‌ها می‌باشد، مشابه دیگر نتایج تحقیقات پیشین می‌باشد و یکی از نقاط قوت تکنیک شبیه‌سازی سرعت بالای اجرا و به تبع آن شناسایی نقاط ضعف و گلوگاه‌های مدل می‌باشد، لذا با استفاده از این خصیصه می‌توان پس از اصلاح، مدل‌های مناسبی را ارائه نمود. جهت پژوهش‌های آتی بررسی سیستم بادر نظر گرفتن منحنی یادگیری و افزایش سطح مهارت خدمت دهنده‌های قسمت‌های مختلف در طول زمان، بررسی مدل سیستم‌هایی که زیر سیستم‌های آنها به صورت موازی نیز قابلیت اجرا و انجام امور محوله را دارند و گسترش مدل پیشنهاد می‌شود.

## 9- منابع و مأخذ

1. بنکس، جری، کارسن، جان، شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته - پیشامد، ترجمه محلولی، هاشم، چاپ نهم، تهران، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، 1389.
2. دارابی محبوب، هادی، شاه‌حیدری، نسرین، راهنمای نرم افزار Enterprise Dynamics چاپ اول، تهران، انتشارات کیان رایانه، 1389.
3. شانون، رابرت، علم و هنر شبیه‌سازی سیستم‌ها، ترجمه دکتر عرب مازار، علی اکبر، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، 1390.
4. کندری، اسمعیل، ماهنامه تدبیر، سال نوزدهم، 1387، شماره 199.
5. گلزار ادبی، رامین، ماهنامه تدبیر، سال هجدهم، 1386، شماره 177.
6. Ahrens, Greg. Pageau, Gord. Trends in the Robotic Simulation Industry, Assembly Automation, Vol. 22, 2002.
7. Atlason, J. Empelman, M. and Henderson, S., "Optimizing call center staffing using simulation and analytic center cutting plane method", Management science, vol. 54, No. 2, P. 295-309, 2004.
8. Banks, J.S. Carson II, B. L. Nelson, and D.M. Nicol. Discrete-event system simulation. Pearson Education International, 2005.

9. Cezic,M.and L” Ecuyer ,P “ Staffing multi skill call centers via linear programming and simulation “ ,Management Science,vol. 54,No.2,P.310-323,2008.
10. Proctor,Tony.Simulation in the Office,Work Study ,Vol.46, 1997.
11. [www.incontrolsim.com](http://www.incontrolsim.com)
- 12.[www.simaron.com](http://www.simaron.com)

## یادداشت

1. Tenders
2. Simulation
3. Call Center
4. Queues
5. Utilization
6. Packages
7. First in-First out
8. Contractors .
9. Static
10. Scenario
11. Experimentation
12. Separate runs
13. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

Archive of SID