

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی صنایع

اصول شبیه سازی - بهار ۱۴۰۱

دکتر نفیسه صدقی

سند پروژه شبیه سازی یک مرکز تماس

نویسندگان

۹۸۱۱۰۲۶۵

محمد نظری

۹۸۱۰۴۰۷۱

محسن حسینی

چکیده

شبیه‌سازی ابزاری در روش علمی است که با هزینه‌ی کمی می‌تواند با در نظر گرفتن رفتار هر عضو یک سیستم در مورد آینده‌ی آن سیستم پیش‌بینی‌های مفیدی انجام دهد. این سند شرح فاز اول پروژه‌ی شبیه‌سازی یک مرکز تماس است و سعی می‌کند به کمک مدل‌سازی منطبق بر واقعیت و در نظر گرفتن رخدادهای مختلف عملکرد این مرکز تماس را به کمک معیارهایی مانند مشخصات صف تماس‌ها و آماره‌های مربوط به هر کارشناس و مشتری عملکرد این مرکز تماس را در این مدل ارزیابی کند.

کلیدواژه‌ها: شبیه‌سازی، سیستم‌های گسسته پیشامد، تئوری صف، مرکز تماس، ارزیابی عملکرد

فهرست مطالب

۱. تعریف مسئله ۱

۱.....	مدل سازی و توصیف ایستای سیستم
۱.....	نهادها
۱.....	متغیرهای حالت
۲.....	پیشامدها
۳.....	فعالیت ها
۴.....	تاخیرها

فرض ها ۵

۵.....	معیارهای ارزیابی عملکرد مرکز تماس
۵.....	حداکثر طول صف به تفکیک شیفت
۵.....	میانگین طول صف به تفکیک هر کارشناس به تفکیک شماره شیفت و نوع روز
۵.....	متوسط زمان انتظار یک مشتری عادی به تفکیک نوع مشتری و شماره شیفت و نوع روز
۶.....	متوسط زمان کل تماس ها به جز تماس های از دست رفته به تفکیک کارشناس، شماره شیفت و نوع روز
۶.....	نسبت تعداد تماس های از دست رفته به تعداد تماس های پایان یافته ی مرکز تماس
۶.....	آماره های تجمعی
۶.....	توصیف پویای سیستم
۷.....	پیشامد آغاز ماه، وقوع اختلال در سیستم و پایان اختلال
۷.....	پیشامد ورود یک مشتری
۱۰.....	پیشامد ترک صف توسط مشتری
۱۰.....	پیشامد پایان تماس مشتری در مرکز تماس
۱۳.....	پیشامد ارجاع مشتری به مرکز تماس فنی
۱۳.....	پیشامد پایان خدمت مشتری در مرکز تماس

۱۴.....	ساختار بندی لیست پیشامدهای آتی
۱۶.....	بررسی توزیع زمان خدمت‌دهی
۱۶.....	مدل سازی با استفاده از ابزارهای شبیه سازی
۱۶.....	توضیح در مورد تفاوت روش شناسی استفاده شده با روش مطرح شده در کلاس
۱۷.....	خروجی های مدل
۱۹.....	تحلیل حساسیت
۲۵.....	تحلیل سرد و گرم سیستم یک
۲۶.....	بررسی سیاست با روش نمونه گیری مستقل
۲۷.....	بررسی سیاست با روش اعداد تصادفی مشترک
۲۸.....	سیاست های پیشنهادی
۲۸.....	سیاست پیشنهادی ۱
۲۸.....	سیاست پیشنهادی ۲
۲۸.....	سیاست پیشنهادی ۳

فهرست جداول

۲.....	جدول ۱ متغیرهای حالت
۴.....	جدول ۲ فعالیت ها
۱۵.....	جدول ۳ اعلان پیشامدها
۱۵.....	جدول ۴ مثالی از لیست پیشامدهای آتی
۱۶.....	جدول ۵ پارامترهای برآورد شده
۱۸.....	جدول ۶ خروجی های مدل
۱۹.....	جدول ۷ خلاصه تحلیل حساسیت های انجام شده
۲۵.....	جدول ۸ ضریب خودهمبستگی با فاصله یک برای برخی از شاخص ها

جدول ۹ نتایج تحلیل سرد و گرم روی سیستم فعلی با هسته ۱۰.....	۲۵
جدول ۱۰ مقایسه سیاست‌ها.....	۲۶
جدول ۱۱ نتایج روش اعداد تصادفی مشترک.....	۲۷

فهرست نمودارها

نمودار ۱ پیشامد وقوع اختلال.....	۷
نمودار ۲ پیشامد تماس مشتری.....	۹
نمودار ۳ پیشامد ترک صف.....	۱۰
نمودار ۴ پیشامد اتمام تماس.....	۱۲
نمودار ۵ پیشامد ارجاع به مرکز فنی.....	۱۳
نمودار ۶ پیشامد اتمام تماس با مرکز فنی.....	۱۴
نمودار ۷ میانگین طول صف مشتریان عادی در صورت تغییر زمان خدمت‌دهی کارشناسان ویژه.....	۲۱
نمودار ۸ درصد مشتریان بدون انتظار در صف در صورت تغییر نسبت مشتریان ویژه.....	۲۱
نمودار ۹ میزان انتظار مشتریان ویژه در صورت تغییر نرخ ورود در شیفت دو.....	۲۲
نمودار ۱۰ میزان انتظار مشتریان ویژه در صورت تغییر نرخ ورود در شیفت سه.....	۲۲
نمودار ۱۱ درصد مشتریان ویژه بدون انتظار در صف در صورت تغییر نرخ ورود در شیفت دو.....	۲۳

۱. تعریف مسئله

در این مسئله یک مرکز تماس فرض شده است که باید به دو نوع مشتری در سه شیفت مختلف خدمت کند. توزیع آماری ورود مشتریان به صفوف تماس در روز های مختلف یک ماه و ترکیب کارشناس ها و نیز بخشی از رفتار آماری مشتریان حاضر در صف ها به عنوان داده های مسئله موجود اند. دیگر داده های مسئله شامل نحوه ی پاسخگویی کارشناسان مختلف نیز می شود.

مدل سازی و توصیف ایستای سیستم

برای شبیه سازی این سیستم ابتدا نهادهای حاضر در آن تعریف می شوند. سپس با توجه به موجودیت ها متغیرهایی که وضعیت سیستم در هر لحظه را نشان می دهند تعریف می شوند. در ادامه پیشامدهایی که می توانند وضعیت سیستم یا در واقع متغیرهای حالت را با توجه به فعالیت ها تغییر دهند معرفی شده اند.

نهادهای

در سیستم دو موجودیت تماس گیرنده یا مشتری و کارشناس تعریف شده است. نهاد مشتری می تواند عادی یا ویژه باشد. نهاد کارشناس نیز به دو دسته کارشناس عادی و کارشناس متخصص تقسیم می شود. شماره کارشناس در نهاد در نظر گرفته شده به عنوان آماره جمع آوری می شود تا در بخش معیارهای ارزیابی بتوان کارشناس ها را از هم تفکیک کرد. نهاد بودن این موارد به این معنی است که میتوان هر کدام از مشتریان یا کارشناسان را به طور خاص بررسی کرد.

مثلا می توان بررسی کرد که برای مشتری شماره ۴ در سیستم از ابتدا چه اتفاقی افتاده است.

متغیرهای حالت

در سیستم سه صف وجود دارد؛ صف تماس، صف تماس مجدد و صف پشتیبانی فنی. برای هر یک از این صف ها دو متغیر حالت وجود دارد که یکی مربوط به مشتریان عادی و دیگری مربوط به مشتریان ویژه است. در

کنار این ۶ متغیر، ۳ متغیر دیگر تعریف می‌شوند که وضعیت خدمت‌دهی به مشتریان را مشخص می‌کنند. یکی از این متغیرها مربوط به تعداد کارشناس ویژه در حال خدمت‌دهی، دیگری مربوط به تعداد کارشناس عادی در حال خدمت‌دهی و مورد آخر مربوط به تعداد کارشناسان فنی در حال خدمت‌دهی است.

با توجه به اینکه امکان اختلال در سیستم وجود دارد، یک متغیر حالت صفر و یک برای نشان دادن وقوع اختلال در سیستم در نظر گرفته شده‌است.

متغیر حالت	توصیف متغیر حالت
QN(t)	تعداد کاربران عادی حاضر در صف در زمان t
QS(t)	تعداد کاربران ویژه حاضر در صف در زمان t
SS(t)	تعداد کارشناس متخصص در حال خدمت‌دهی در زمان t
SN(t)	تعداد کارشناس عادی در حال خدمت‌دهی در زمان t
QTN(t)	تعداد کاربران عادی حاضر در صف تماس فنی در لحظه t
QTS(t)	تعداد کاربران ویژه حاضر در صف تماس فنی در لحظه t
TS(t)	تعداد کارشناس فنی در حال خدمت‌دهی در لحظه t
RCS(t)	تعداد کاربر ویژه حاضر در صف تماس مجدد در لحظه t
RCN(t)	تعداد کاربر عادی حاضر در صف تماس مجدد در لحظه t
Mal(t)	وضعیت اختلال در سیستم

جدول 1 متغیرهای حالت

پیشامدها

پیشامدهایی که در سیستم اتفاق می‌افتند می‌توانند وضعیت سیستم را تغییر دهند. این پیشامدها شامل موارد زیر هستند:

۱. شروع ماه جدید
۲. وقوع اختلال در سیستم
۳. پایان اختلال در سیستم
۴. تماس گرفتن یک مشتری
۵. ترک صف توسط مشتری
۶. پایان تماس مشتری با مرکز تماس
۷. ارجاع مشتری به مرکز پشتیبانی فنی
۸. پایان تماس مشتری با مرکز پشتیبانی

فعالیت‌ها

فعالیت‌ها فرایندهای زمان‌داری هستند که مدت زمان آنها از قبل مشخص است. در سیستم مدلسازی شده موارد زیر را می‌توان به عنوان فعالیت در نظر گرفت که مدت زمان هرکدام در فرضیات مسئله داده‌شده و وابسته به یک توزیع آماری است.

فعالیت	توزیع آماری زمان فعالیت
مدت زمان بین ورود دو مشتری در شیفت ۱ در حالت عادی	توزیع نمایی با میانگین ۳ دقیقه
مدت زمان بین ورود دو مشتری در شیفت ۲ در حالت عادی	توزیع نمایی با میانگین ۱ دقیقه
مدت زمان بین ورود دو مشتری در شیفت ۳ در حالت عادی	توزیع نمایی با میانگین ۲ دقیقه
مدت زمان بین ورود دو مشتری در شیفت ۱ در حالت اختلال	توزیع نمایی با میانگین ۲ دقیقه
مدت زمان بین ورود دو مشتری در شیفت ۲ در حالت اختلال	توزیع نمایی با میانگین ۳۰ ثانیه

مدت زمان بین ورود دو مشتری در شیفت ۳ در حالت اختلال	توزیع نمایی با میانگین ۱ دقیقه
مدت زمان خدمت‌دهی توسط کارشناس متخصص	توزیع D_1
مدت زمان خدمت‌دهی توسط کارشناس عادی	توزیع D_2
مدت زمان خسته شدن در صورت تصمیم به ترک صف	توزیع یکنواخت بین ۵ و مقدار بیشینه بین دو عدد ۲۵ و طول صف
مدت زمان خدمت‌دهی توسط کارشناس مرکز فنی	توزیع D_3
میزان فاصله زمان وقوع اختلال از ابتدای هر ماه	توزیع یکنواخت گسسته بین ۰ و ۲۹
میزان فاصله بین دو پیشامد آغاز ماه	مقدار ثابت ۳۰ روز
مدت زمان اختلال	مقدار ثابت ۲۴ ساعت

جدول ۲ فعالیت‌ها

تاخیرها

تاخیرها فرایندهای زمان‌داری هستند که مدت زمان آنها از قبل مشخص نیست و به اتفاقاتی که در داخل سیستم می‌افتند وابسته است. موارد زیر را در سیستم مدلسازی شده می‌توان به عنوان تاخیر در نظر گرفت:

۱. مدت زمان انتظار مشتری عادی در صف تماس
۲. مدت زمان انتظار مشتری عادی در صف تماس مجدد
۳. مدت زمان انتظار مشتری ویژه در صف تماس
۴. مدت زمان انتظار مشتری ویژه در صف تماس مجدد
۵. مدت زمان انتظار مشتری عادی در صف پشتیبانی فنی
۶. مدت زمان انتظار مشتری ویژه در صف پشتیبانی فنی

فرض‌ها

فرض شده که در فرایند انتقال از مرکز تماس به مرکز پشتیبانی فنی هیچ تاخیری وجود ندارد و فرد بلافاصله بعد از اتمام تماسش در مرکز تماس وارد صف یا خدمت‌دهی در مرکز پشتیبانی فنی می‌شود. همچنین در فرایند خدمت‌دهی در مرکز تماس فنی فرض شده که کاربران ویژه دارای اولویت هستند و یک کارشناس ابتدا به مشتریان ویژه خدمت‌رسانی می‌کند.

از طرفی این ساده‌سازی در این مرحله انجام شده مشتریانی که در فرایند تماس مجدد با آنها تماس گرفته می‌شود همیشه پاسخ‌گو هستند.

برای پیشامد اختلال این فرض وجود دارد که تمامی ماه‌ها ۳۰ روز دارند.

معیارهای ارزیابی عملکرد مرکز تماس

حداکثر طول صف به تفکیک شیفت

برای تصمیم در رابطه با کافی بودن تعداد کارشناس‌ها نسبت به شیفت چنین معیاری نیاز است.

میانگین طول صف به تفکیک هر کارشناس به تفکیک شماره‌ی شیفت و نوع روز

برای سنجش بهره‌وری هر کارشناس و تصمیم‌گیری در مورد نسبت تعداد کارشناسان تازه‌کار به متخصص به چنین معیاری نیاز داریم. از طرفی عملکرد دو کارشناس مرکز فنی نیز باید مورد مطالعه قرار گیرد.

متوسط زمان انتظار یک مشتری عادی به تفکیک نوع مشتری و شماره‌ی شیفت و نوع روز

زمان انتظار مشتریان از مهم‌ترین شاخصه‌های یک مرکز تماس است زیرا طبق آمار فروشگاه‌های اینترنتی حدود دو سوم مشتریانی که تا صفحه‌ی پرداخت آمده‌اند ولی از خرید خود منصرف می‌شوند به

خاطر کمبود اطلاعات در مورد محصول و فروشگاه منصرف شده‌اند. از طرفی طول صف باعث قطع کردن برخی مشتریان می‌شود و به طور خلاصه سبب از دست رفتن فروش بالقوه می‌شود.

از طرفی مشتریان ویژه باید زمان کمتری در صف بمانند، این معیار کمک می‌کند تا در مورد مزایای مشتریان ویژه تحقیق کنیم.

متوسط زمان کل تماس‌ها به جز تماس‌های از دست رفته به تفکیک کارشناس، شماره‌ی شیفت و نوع روز

این معیار کمک می‌کند تا در کنار معیار دوم بتوان به جمع‌بندی خوبی در مورد عملکرد یک کارشناس رسید.

نسبت تعداد تماس‌های از دست رفته به تعداد تماس‌های پایان‌یافته‌ی مرکز تماس
از دست رفتن یک تماس به احتمال زیاد به منزله‌ی از دست رفتن یک مشتری بالقوه است. طبیعتاً این معیار کاملاً مستقل از سه معیار اول نیست، با این حال به کسی که در حال مقایسه‌ی چندین مرکز تماس است کمک می‌کند تا شهود بهتری در مورد عملکرد این مرکز تماس داشته باشد.

آماره‌های تجمعی

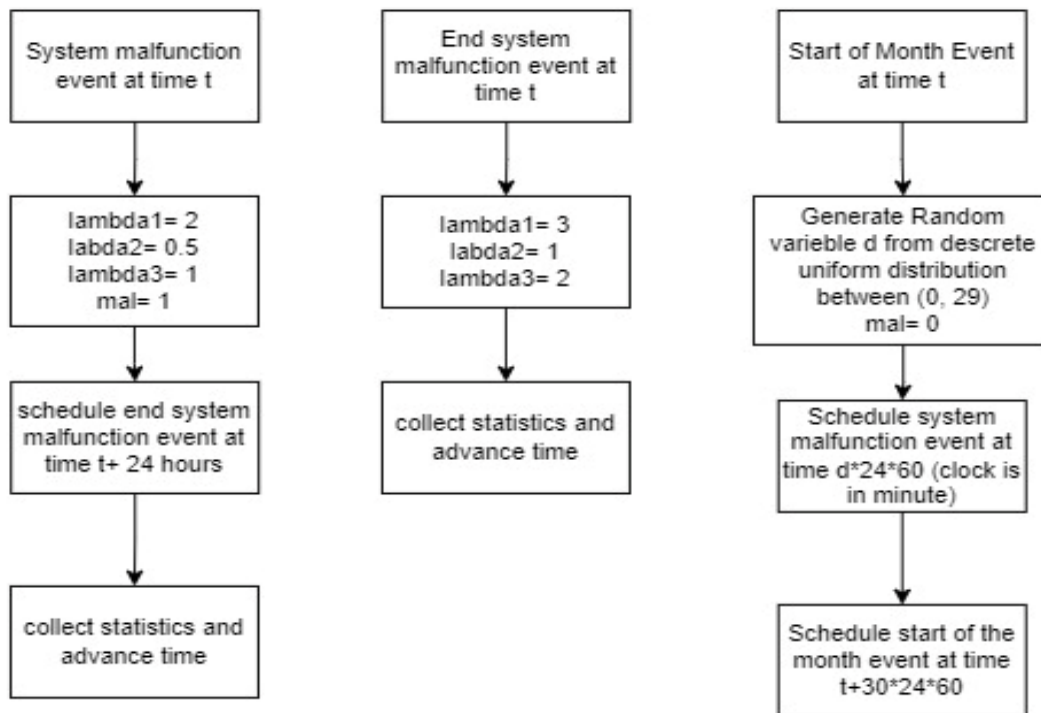
با توجه به اینکه روش انجام‌شده برای انجام پروژه با روش مطرح‌شده برخی تفاوت‌های جزئی دارد که در ادامه به آنها اشاره شده، آماره‌های تجمعی دیگر مطرح نمی‌شوند. تنها موردی که برای محاسبه‌ی شاخص‌ها محاسبه می‌شود مساحت زیر منحنی طول صف-زمان برای هر یک از صف‌ها است. به این دلیل در تشریح معیارهای ارزیابی نیز از آماره‌های تجمعی استفاده نشده‌است.

توصیف پویای سیستم

برای توصیف پویای سیستم، فلوچارت مربوط به هر پیشامد رسم می‌شود تا نحوه‌ی تاثیرگذاری آن بر متغیرهای حالت سیستم مشخص شود. در ادامه هر یک از پیشامدها و اثری که بر سیستم می‌گذارند تشریح می‌شود.

پیشامد آغاز ماه، وقوع اختلال در سیستم و پایان اختلال

در ابتدای هر ماه یک عدد رندوم بین ۰ و ۲۹ تولید می‌شود که میزان فاصله زمان شروع اختلال تا ابتدای آن ماه را نشان می‌دهد. با توجه به مقدار این متغیر پیشامد وقوع اختلال برنامه‌ریزی می‌شود که پارامترهای مربوط به ورود مشتریان را تغییر می‌دهد. پیشامد پایان اختلال نیز با توجه به فروض مسئله ۲۴ ساعت پس از شروع اختلال برنامه‌ریزی می‌شود که پارامترها را به مقادیر اولیه برمی‌گرداند.



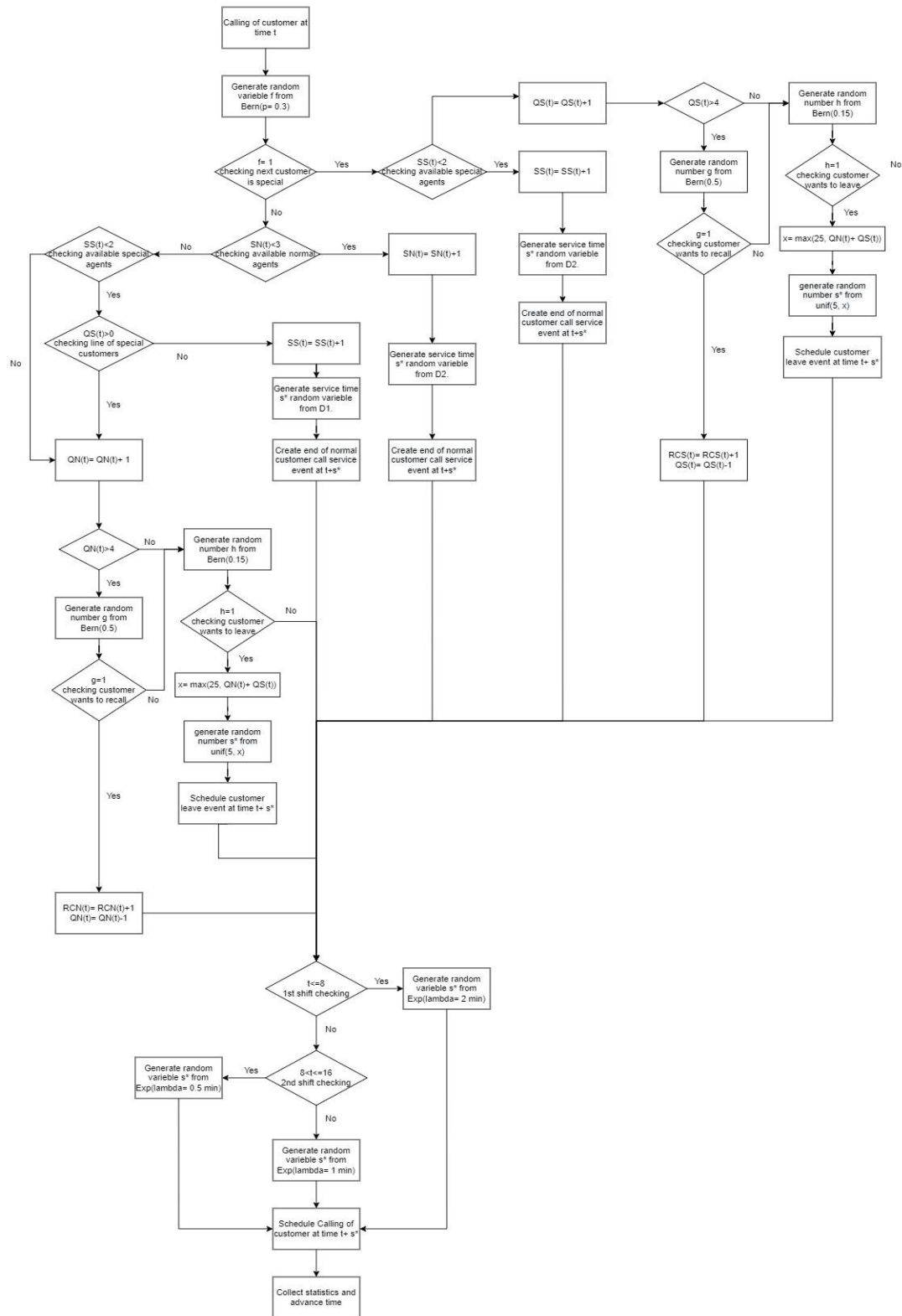
نمودار ۱ پیشامد وقوع اختلال

پیشامد ورود یک مشتری

با توجه به اینکه مشتری می‌تواند عادی یا ویژه باشد ابتدا با استفاده از یک متغیر برنولی با پارامتر ۰.۳ مشخص می‌شود که مشتری عادی است یا ویژه. در صورتی که مقدار متغیر برابر با ۱ باشد یعنی مشتری ویژه است. در این شرایط بررسی می‌شود که آیا کارشناسان متخصص آزاد برای خدمت‌دهی وجود دارند یا خیر. در صورتی که کارشناس آزاد وجود داشت، پیشامد خدمت‌دهی به مشتری برنامه‌ریزی می‌شود و زمان آمدن مشتری بعدی با توجه به پارامترهای سیستم تعیین می‌شود.

اگر کارشناس متخصص آزادی برای خدمت‌دهی به مشتری ویژه وجود نداشت، مشتری وارد صف می‌شود. وی بررسی می‌کند که در جلوی خودش چند مشتری ویژه قرار دارند. در صورتی که تعداد مشتریان ویژه جلوی مشتری از ۴ نفر بیشتر باشند، وی با توجه به نتیجه یک متغیر برنولی با پارامتر ۰.۵ اقدام به ورود به صف تماس مجدد می‌کند. این موضوع باعث می‌شود که طول صف تماس مجدد برای مشتریان ویژه افزایش یابد و از طول صف انتظار تماس آنها یکی کم شود. از طرفی افرادی که در صف می‌مانند ممکن است بعد از مدتی صف را ترک کنند. با توجه به اینکه طول کل صف برابر با مجموع طول صف افراد ویژه و افراد عادی است، مقدار x برابر با بیشینه عدد ۲۵ و جمع این دو عدد می‌شود. سپس پیشامد ترک صف برنامه‌ریزی شده و زمان ورود بعدی با توجه به پارامترها برنامه‌ریزی می‌شود.

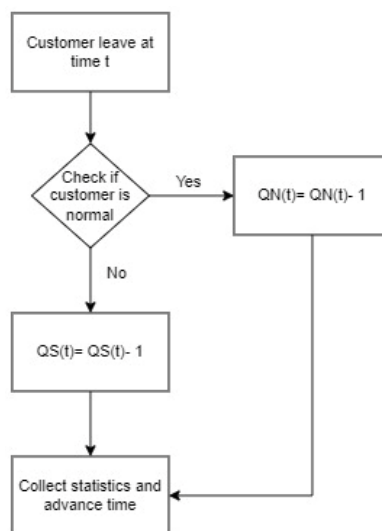
اگر مشتری ورودی عادی باشد، امکان خدمت‌دهی به او هم توسط کارشناسان عادی و هم توسط کارشناسان متخصص وجود دارد. ابتدا بررسی می‌شود که کارشناسان عادی آزاد باشند تا خدمت را به مشتری عادی انجام ندهند. در غیر این صورت اگر کارشناس متخصص آزاد وجود داشته‌باشد و صف کارشناسان ویژه نیز خلوت باشد، مشتری توسط کارشناس متخصص خدمت‌دهی می‌شود. در غیر این صورت مشتری وارد صف شده و مشابه مشتری ویژه برای گزینه تماس مجدد یا خروج از صف اقدام می‌کند.



نمودار ۲ پیشامد تماس مشتری

پیشامد ترک صف توسط مشتری

با توجه به اطلاعاتی که از خروجی توزیع یکنواخت به دست می‌آید مشتری ممکن است از صف خارج شود. در این صورت اگر مشتری عادی باشد، از طول صف انتظار مشتریان عادی و اگر مشتری ویژه باشد از طول صف کاربران ویژه یکی کم می‌شود.

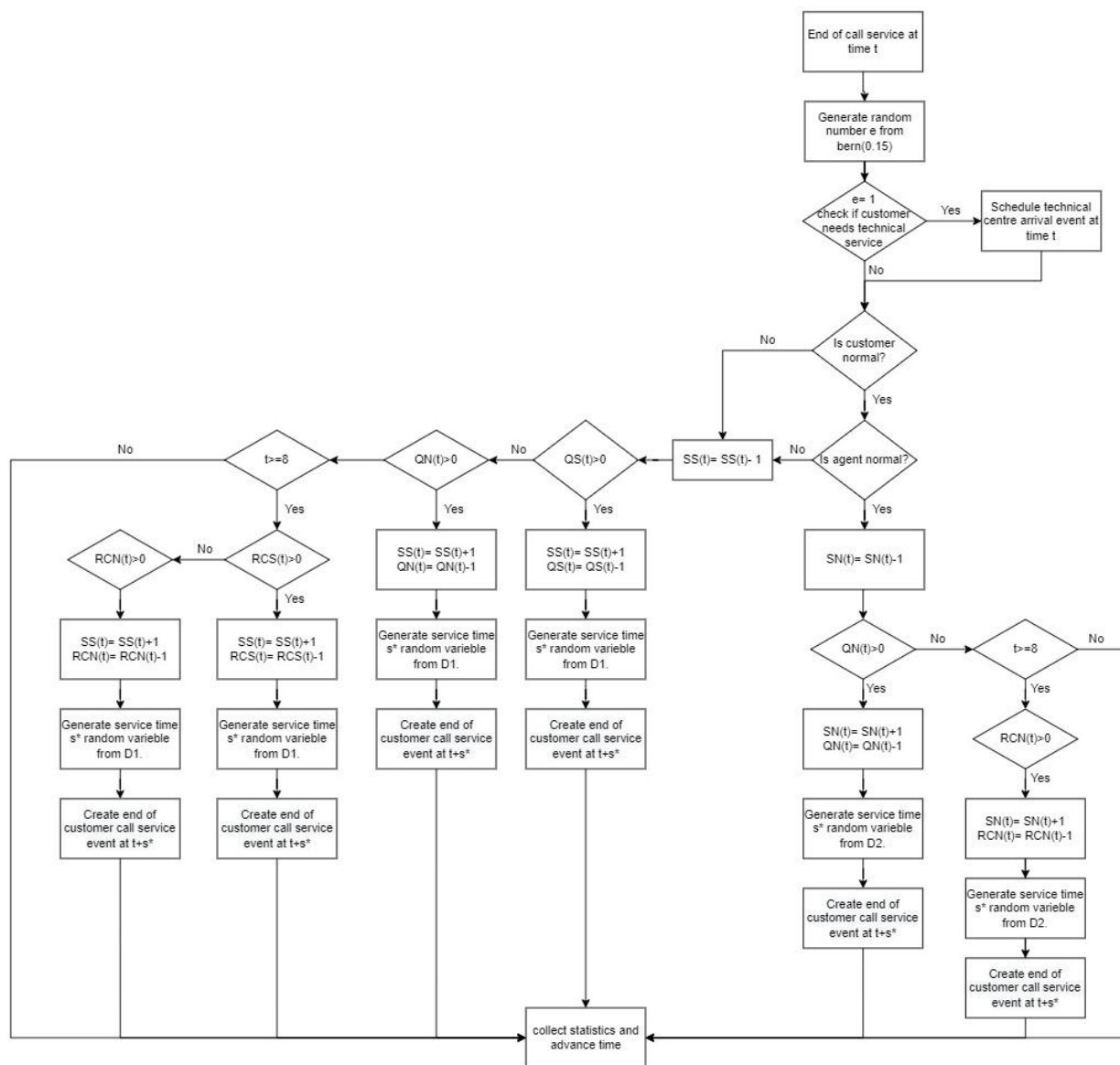


نمودار ۳ پیشامد ترک صف

پیشامد پایان تماس مشتری در مرکز تماس

در صورتی که تماس مشتری در مرکز تماس پایان یابد ابتدا بررسی می‌شود که مشتری نیاز به تماس با مرکز فنی دارد یا خیر. در صورتی که این نیاز وجود داشت پیشامد ارجاع مشتری به مرکز پشتیبانی فنی برنامه‌ریزی می‌شود. بعد از این بررسی، جای خالی مشتری خارج‌شده باید در سیستم پر شود. برای این کار ابتدا بررسی می‌شود که مشتری عادی بوده یا ویژه. سپس بررسی می‌شود که که کارشناس مربوط به او عادی بوده یا متخصص. اگر مشتری مربوط به یک کارشناس عادی بوده‌باشد، ابتدا جای او خالی شده و سپس بررسی می‌شود که آیا فردی در صف کاربران عادی وجود دارد یا نه. در صورتی که فردی وجود داشت آن فرد جای کاربر قبلی را پر کرده و از طول صف یکی کم می‌شود. در صورتی که فردی در صف وجود نداشت، ابتدا بررسی می‌شود که خدمت در چه شیفته‌ای تمام شده. اگر زمان مربوط به شیفته ۲ یا ۳ بود، صف مربوط به تماس مجدد بررسی می‌شود و اگر فردی در این صف وجود داشت خدمت‌دهی می‌شود. در صورتی که زمان مربوط به شیفته یک بود یا فردی در صف تماس مجدد وجود نداشت، جای مشتری با مشتری جدید پر نمی‌شود.

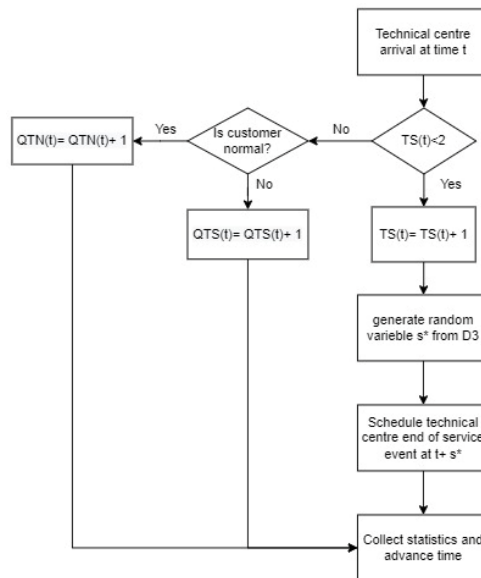
در صورتی که مشتری به کارشناس متخصص مرتبط بوده باشد، ابتدا صف مشتریان ویژه بررسی می‌شود و در صورت پر بودن خدمت‌دهی به کار ویژه اول شروع شده و از طول صف یکی کم می‌شود. در صورت خالی بودن، صف انتظار کاربران عادی بررسی می‌شود تا در صورت پر بودن آن خدمت‌دهی به آنها انجام گیرد. در صورت خالی بودن این صف، اگر زمان مربوط به شیفت ۲ یا ۳ باشد، ابتدا صف تماس مجدد کاربران ویژه و سپس صف تماس مجدد کاربران عادی پر می‌شود و به طور مشابه در صورت پر بودن خدمت‌دهی شروع شده و از طول صف یکی کم می‌شود. در صورتی که این صف‌ها خالی بودند یا زمان مربوط به شیفت ۱ بود، جای مشتری قبلی با مشتری جدید پر نمی‌شود.



نمودار ۴ پیشامد/اتمام تماس

پیشامد ارجاع مشتری به مرکز تماس فنی

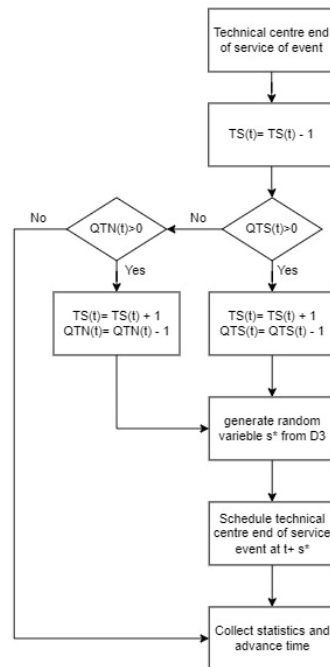
در این صورت ابتدا بررسی می‌شود که آیا کارشناس فنی آزاد وجود دارد یا خیر. در صورت وجود کارشناس آزاد خدمت‌دهی شروع می‌شود و در غیر این صورت مشتری وارد صف می‌شود.



نمودار پیشامد ارجاع به مرکز فنی

پیشامد پایان خدمت مشتری در مرکز تماس

با توجه به این که مشتریان ویژه نسبت به مشتریان عادی در خدمت‌دهی اولویت دارند، وقتی خدمت یک مشتری در مرکز تماس تمام می‌شود ابتدا بررسی می‌شود که آیا مشتری ویژه در صف وجود دارد یا خیر. در صورتی که هیچ مشتری ویژه‌ای در صف وجود نداشت نیز وجود مشتری عادی در صف مرکز تماس فنی بررسی می‌شود. اگر در نتیجه این بررسی‌ها فردی وجود داشت، خدمت‌دهی به او شروع می‌شود.



نمودار عیشامد اتمام تماس با مرکز فنی

ساختار بندی لیست پیشامدهای آتی

برای هر یک از پیشامدهای سیستم می توان یک اعلان پیشامد در نظر گرفت که وابسته به آن پیشامد و همچنین نهاد و فعالیت های تعریف شده در سیستم است. در جدول زیر به انواع اعلان پیشامدهای موجود در سیستم اشاره شده است. با توجه به اینکه در سیستم مشتری و کارشناس به عنوان نهاد در نظر گرفته شده اند، در پیشامدها به نوع مشتری و نوع کارشناس اشاره می شود.

پیشامد	اعلان پیشامد
آغاز ماه	(month, t)
وقوع اختلال در سیستم	(Malfunction, t)
پایان اختلال در سیستم	(Endmalfunction, t)
تماس گرفتن مشتری آم	(Call, t, C _i)
ترک صف توسط مشتری آم	(Leave, t, customertype, C _i)
پایان تماس مشتری آم با مرکز تماس	(Endcall, t, agenttype, customertype, C _i)
ارجاع مشتری آم به مرکز پشتیبانی فنی	(Technicalcall, t, customertype, C _i)
پایان تماس مشتری آم با مرکز پشتیبانی فنی	(Technicalendcall, t, customertype, C _i)

جدول ۳/عنوان پیشامدها

در لحظه آغاز شبیه‌سازی ابتدا پیشامد رخ دادن اختلال در سیستم وجود دارد. سپس مشتریان به سیستم وارد می‌شوند. این مشتریان ممکن است صف را ترک کنند یا در صورت پایان تماس به مرکز فنی ارجاع داده شوند. در جدول زیر لیست پیشامدهای آتی سیستم در لحظات اولیه برای نمونه آورده شده‌است.

Clock	Future event list
۰	۱, C ^۱ (Call,
۱	۲, C ^۵), (Call, ۱, normal, normal, C ^۵ (Endcall,
۵	, ۵), (Technicalcall, ۳, C ^۷), (Call, ۲, special, special, C ^{۱۱} (Endcall, ۱, normal, C ^۸), (Technicalendcall, ۱ normal, C
۷	۴, C ^۸), (Call, ۳, normal, special, C ^{۱۳} (Encall,

جدول ۴/مثالی از لیست پیشامدهای آتی

بررسی توزیع زمان خدمت‌دهی

برای بررسی زمان خدمت‌دهی توسط کارشناسان ابتدا هیستوگرام دادگان داده‌شده رسم شده و با توجه به هیستوگرام یک توزیع کاندید برای آن انتخاب شده‌است. نتیجهٔ آزمون مربع کای برای دادگان در ادامه آورده شده‌است.

توزیع	توزیع کاندید	مقدار امارهٔ مربع کای
۱D	نمایی با پارامتر ۴۳۲ ثانیه	۱۱.۱۱
۲D	نمایی با پارامتر ۱۷۸ ثانیه	۷.۴۱
۳D	نمایی با پارامتر ۵۹۰ ثانیه	۱۱.۲۵

جدول ۵ پارامترهای برآورد شده

با توجه به اینکه هر ۳ آماره از مقدار بحرانی آزمون مربع کای در سطح ۹۵ درصد که برابر ۱۲.۵۹ است کمتر هستند، می‌توان نتیجه گرفت که هر سه متغیر از توزیع نمایی با پارامترهای اشاره شده پیروی می‌کنند.

مدل‌سازی با استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی

برای دریافت خروجی‌های مدلی که تا اینجا حالت ایستا و پویای آن تشریح شده نیاز است تا این مدل با استفاده از یک ابزار پیاده‌سازی شود. این ابزار می‌تواند نرم‌افزارهای شبیه‌سازی یا یک زبان برنامه‌نویسی باشد. برای پیاده‌سازی مدل از زبان پایتون استفاده شده‌است.

برای دریافت خروجی از مدل، ابتدا شبیه‌سازی را اجرا کرده و در یک جدول تمامی نتایج تولیدشده را ذخیره می‌کنیم. این موارد شامل وضعیت متغیرهای حالت در هر لحظه، پیشامدی که در آن لحظه رخ می‌دهد و لیست پیشامدهای اتی است. سپس با استفاده از این جدول شاخص‌های مطرح شده را محاسبه و ذخیره می‌کنیم.

توضیح در مورد تفاوت روش‌شناسی استفاده شده با روش مطرح‌شده در کلاس

آنچه در بحث آماره‌های تجمعی مطرح است، این است که این آماره‌ها طوری مطرح نشوند که منجر به اشغال حافظهٔ سیستم شوند. بنابراین در روش پیشنهادشده مطرح می‌شود که آماره‌های تجمعی که در قسمت توصیف ایستا توضیح داده‌شد در هر لحظه محاسبه شوند. از طرفی در این روش بعد از هر گام، داده‌ساختار جدول به‌روز

شده و در داخل حافظه قرار می‌گیرد. در نتیجه در هر لحظه دو متغیر در حال پردازش و ذخیره‌سازی هستند. متغیر اول دیکشنری داده است که در آن صف‌ها و آماره‌های تجمعی قرار دارند و متغیر دیگر جدول است که شامل لیست پیشامدهای آتی، متغیرهای حالت و آماره‌های تجمعی است.

در روش جایگزین انجام‌شده، ابتدا بدون ایجاد متغیر داده، متغیر جدول در تمامی مراحل شبیه‌سازی تولید می‌شود. سپس در تابع‌هایی که مربوط به استخراج شاخص‌ها هستند، از این جدول استفاده شده و شاخص‌های مورد نیاز محاسبه می‌شوند. در زمان اجرای شبیه‌سازی در این روش، صرفاً متغیر جدول بروزرسانی می‌شود که منجر به کاهش استفاده از حافظه و پردازشگر می‌شود. سپس بعد از اتمام شبیه‌سازی شاخص‌های محاسبه می‌شوند. با توجه به این موضوع، روش انجام‌شده نه تنها از نظر میزان مصرف حافظه و پردازشگر تفاوتی با روش پیشنهادی ندارد، بلکه در برخی موارد بهینه‌تر است.

از طرفی جدا بودن قسمت محاسبه شاخص‌ها از توابع پیشامد منجر به ساده‌تر شدن برنامه نوشته‌شده از نظر نگارشی می‌شود.

خروجی‌های مدل

برای گرفتن خروجی از مدل از روش دوباره‌سازی‌های مستقل استفاده شده‌است. در این روش ابتدا شبیه‌سازی در هسته‌های مختلف انجام شده و سپس آماره‌ها در هر روش محاسبه می‌شوند. در نتیجه این کار برای هر شاخص به تعداد هسته‌های داده وجود دارد که از این داده‌ها می‌توان برای برآورد نقطه‌ای و فاصله‌ای استفاده کرد. برای برآورد فاصله‌ای از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$CI: X \pm t_{\alpha, n-1} s / \sqrt{n}$$

در این رابطه آلفا میزان خطای نوع اول مورد انتظار را نشان می‌دهد و n نیز برابر با تعداد هسته‌هایی است که به ازای آنها خروجی تولید شده.

با استفاده از این روش می‌توان به جدول زیر رسید که در آن تمامی شاخص‌های خواسته‌شده به همراه برآورد نقطه‌ای و فاصله‌ای وجود دارد.

Metric	mean	std	Lower_Bound	Upper_Bound
Normal_Lost_Churn	۲.۰۲E-۰۶	۱.۳۷E-۰۷	۱.۹۹E-۰۶	۲.۰۵E-۰۶
Normal_Lost_Recall	۲.۰۲E-۰۶	۱.۳۷E-۰۷	۱.۹۹E-۰۶	۲.۰۵E-۰۶
Normal_Total_Lost	۰.۰۳۸	۰.۰۰۳	۰.۰۳۸	۰.۰۳۹
QN_Average_Line	۰.۳۸۸	۰.۰۶۴	۰.۳۷۴	۰.۴۰۳
QN_Max_Line	۳۸.۹۰۰	۱۱.۲۲۰	۳۶.۳۶۲	۴۱.۴۳۸
QN_Time_max	۶۴.۲۲۸	۱۸.۹۶۰	۵۹.۹۳۹	۶۸.۵۱۷
QN_Time_mean	۱.۹۴۳	۰.۲۵۰	۱.۸۸۶	۲.۰۰۰
QS_Average_Line	۰.۱۳۵	۰.۰۰۹	۰.۱۳۳	۰.۱۳۷
QS_Max_Line	۷.۸۰۰	۰.۹۱۹	۷.۵۹۲	۸.۰۰۸
QS_Time_max	۱۸.۹۹۱	۲.۷۹۲	۱۸.۳۶۰	۱۹.۶۲۳
QS_Time_mean	۱.۲۶۳	۰.۰۶۳	۱.۲۴۹	۱.۲۷۸
QTN_Average_Line	۰.۵۹۱	۰.۰۸۱	۰.۵۷۳	۰.۶۱۰
QTN_Max_Line	۲۲.۰۰۰	۴.۲۴۳	۲۱.۰۴۰	۲۲.۹۶۰
QTN_Time_max	۱۴۰.۷۵۰	۲۶.۲۹۵	۱۳۴.۸۰۱	۱۴۶.۶۹۸
QTN_Time_mean	۸.۶۳۱	۱.۰۲۳	۸.۳۹۹	۸.۸۶۲
QTS_Average_Line	۰.۰۶۹	۰.۰۰۴	۰.۰۶۸	۰.۰۷۰
QTS_Max_Line	۴.۷۰۰	۰.۶۷۵	۴.۵۴۷	۴.۸۵۳
QTS_Time_max	۳۹.۵۸۸	۹.۰۳۰	۳۷.۵۴۵	۴۱.۶۳۱
QTS_Time_mean	۲.۷۱۴	۰.۱۲۷	۲.۶۸۵	۲.۷۴۲
RCN_Average_Line	۹.۵۳۴	۱.۸۸۲	۹.۱۰۹	۹.۹۶۰
RCN_Max_Line	۳۵۰.۷۰۰	۲۸.۶۴۰	۳۴۴.۲۲۱	۳۵۷.۱۷۹
RCN_Time_max	۵۳۳.۲۲۹	۳۳.۰۲۳	۵۲۵.۷۵۹	۵۴۰.۷۰۰
RCN_Time_mean	۱۷۷.۱۰۳	۴۷.۸۸۲	۱۶۶.۲۷۲	۱۸۷.۹۳۵
RCS_Average_Line	۰.۳۰۶	۰.۰۸۴	۰.۲۸۸	۰.۳۲۵
RCS_Max_Line	۳۲.۱۰۰	۸.۹۳۷	۳۰.۰۷۸	۳۴.۱۲۲
RCS_Time_max	۲۴.۴۹۷	۸.۵۳۳	۲۲.۵۶۶	۲۶.۴۲۷
RCS_Time_mean	۷.۷۲۶	۳.۴۷۱	۶.۹۴۱	۸.۵۱۱
SN_Productivity	۰.۶۶۸	۰.۰۰۳	۰.۶۶۷	۰.۶۶۹
SS_Productivity	۰.۴۸۴	۰.۰۰۴	۰.۴۸۳	۰.۴۸۵
Special_Customers_NoLine	۰.۴۶۴	۰.۰۱۱	۰.۴۶۲	۰.۴۶۷
Special_Customers_TotalTime	۶.۱۵۰	۰.۰۶۹	۶.۱۳۴	۶.۱۶۶
Special_Lost_Churn	۷.۲۹E-۰۷	۹.۷۲E-۰۸	۷.۰۷E-۰۷	۷.۵۱E-۰۷
Special_Lost_Recall	۷.۲۹E-۰۷	۹.۷۲E-۰۸	۷.۰۷E-۰۷	۷.۵۱E-۰۷
Special_Total_Lost	۰.۰۰۶	۰.۰۰۱	۰.۰۰۶	۰.۰۰۶
TS_Productivity	۰.۴۶۹	۰.۰۰۹	۰.۴۶۷	۰.۴۷۱

جدول ۶ خروجی های مدل

در ادامه شاخص‌های مطرح‌شده در جدول بالا به طور خلاصه بررسی می‌شوند.

شاخص‌های دیگری که علاوه بر شاخص‌های خواسته شده بررسی شده‌اند مربوط به تماس‌گیرندگان از دست‌رفته هستند. در این شاخص‌های این موضوع بررسی شده که در هر یک از دسته‌های مشتری، چند درصد از تماس‌های از کل تماس‌ها مربوط به منصرف شدن مشتری از حضور در صف یا عدم تماس با مشتری به دلیل عدم پاسخگویی او بوده‌است. مشاهده می‌شود که میزان کل مشتریان از دست رفته حدود دو درصد از کل تماس‌گیرندگان است.

در ادامه جدول صف‌های موجود در سیستم شامل صف تماس عادی (QN)، صف تماس ویژه (QS)، صف تماس عادی فنی (QTN)، صف تماس ویژه فنی (QTS)، صف عادی تماس مجدد (RCN) و صف ویژه تماس مجدد (RCS) بررسی شده‌اند. برای این بررسی از بیشینه طول صف، میانگین طول صف، میانگین زمان انتظار و بیشینه زمان انتظار استفاده شده‌است. مشاهده می‌شود که میزان صف برای کاربران ویژه کمتر از میزان صف برای کاربران عادی است.

در ادامه در دو شاخص میزان بهره‌وری انواع کارشناس‌ها بررسی شده است. مشاهده می‌شود که میزان بهره‌وری به ترتیب مربوط به کارشناس عادی (SN)، کارشناس ویژه (SS) و سپس کارشناس فنی (TS) است. همچنین دو شاخص میزان ماندن کاربران ویژه در صف و میزان کاربران ویژه که در صف نمی‌مانند نیز بررسی شده‌است.

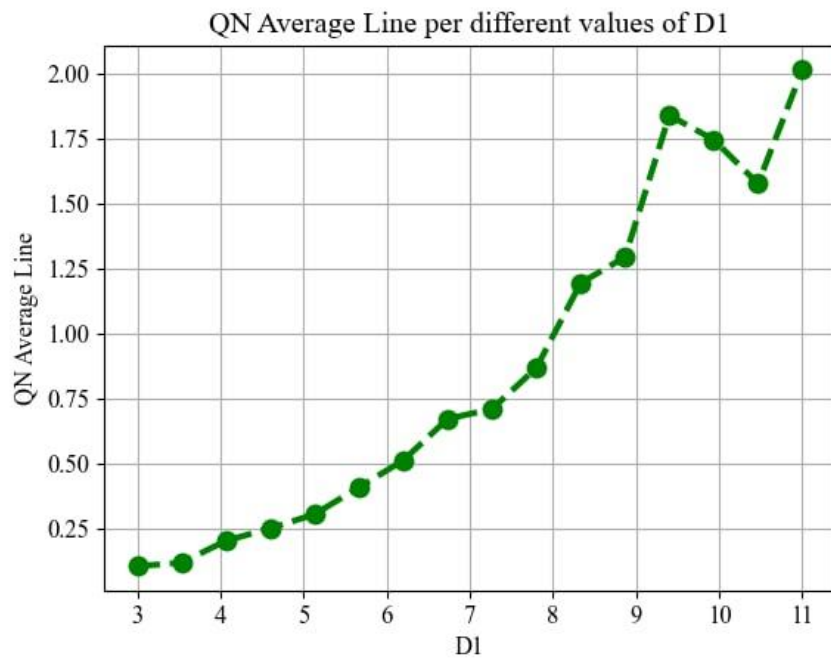
تحلیل حساسیت

در تحلیل حساسیت با تغییر یکی از پارامترهای مدل، اثر این تغییر بر روی شاخص‌ها مطالعه می‌شود. در ادامه خلاصه تحلیل حساسیت‌های انجام شده آمده‌اند.

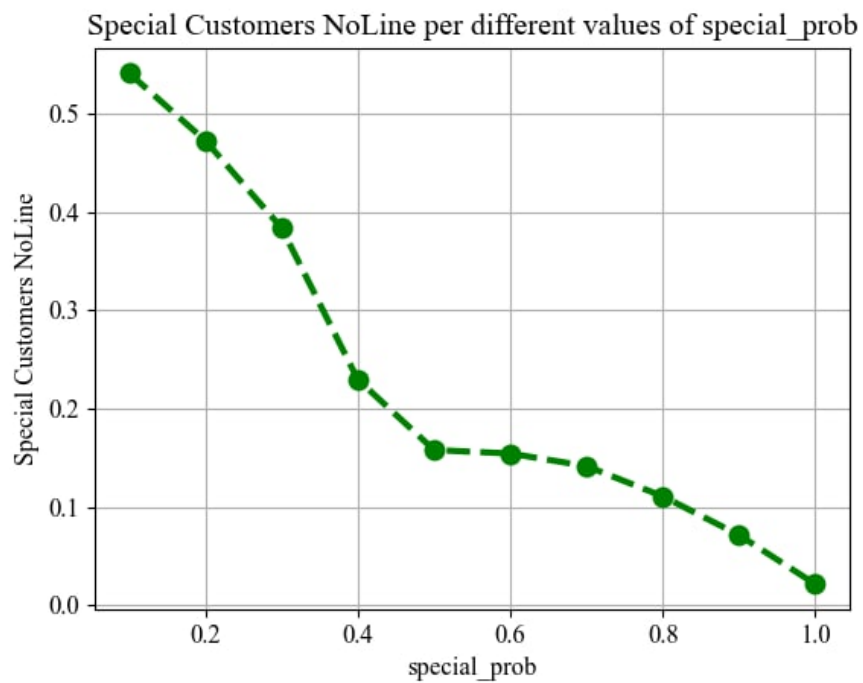
شاخص خروجی	پارامتر تغییر یافته
میانگین زمان حضور مشتریان ویژه در سیستم	نرخ ورود مشتریان در شیفت سوم
میانگین زمان حضور مشتریان ویژه در سیستم	نرخ ورود مشتریان در شیفت دوم
میانگین زمان حضور مشتریان ویژه در سیستم	احتمال ورود یک مشتری ویژه
میانگین طول صف عادی تماس	میانگین زمان خدمت‌دهی کارشناس متخصص
درصد مشتریان ویژه بدون ایستادن در صف	نرخ ورود مشتریان در شیفت دوم

جدول ۷ خلاصه تحلیل حساسیت‌های انجام شده

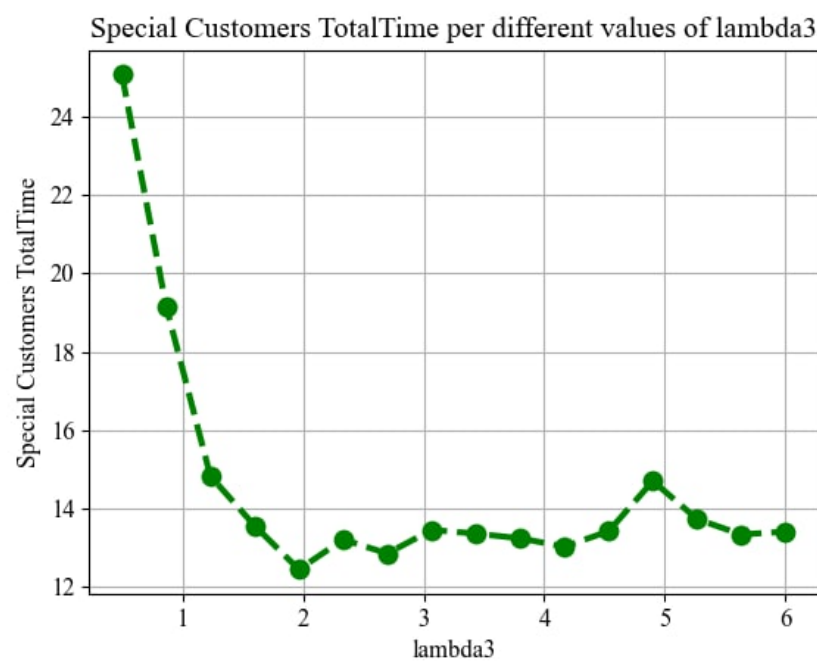
نتایج حاصل از موارد بالا با هسته ۱ در ادامه آمده‌است.



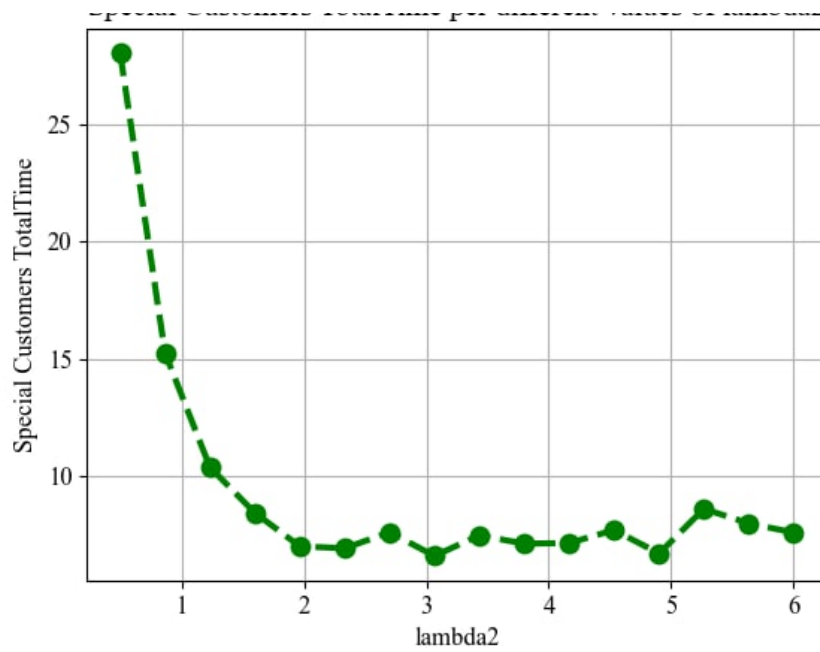
مودار 7 میانگین طول صف مشتریان عادی در صورت تغییر زمان خدمت‌دهی کارشناسان ویژه



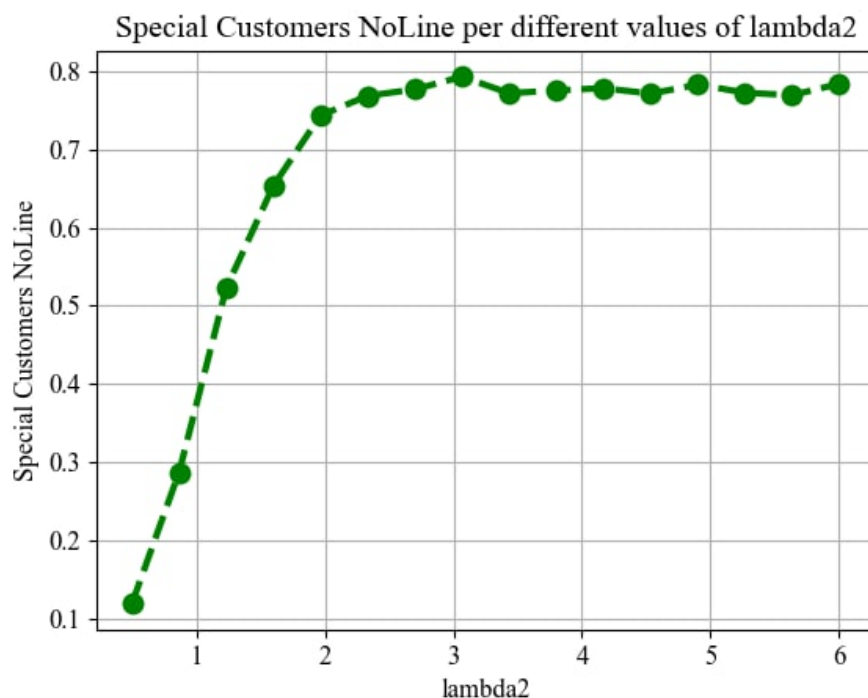
مودار 8 درصد مشتریان بدون انتظار در صف در صورت تغییر نسبت مشتریان ویژه



نمودار ۱۰ میزان انتظار مشتریان ویژه در صورت تغییر نرخ ورود در شیفیت سه



نمودار ۹ میزان انتظار مشتریان ویژه در صورت تغییر نرخ ورود در شیفیت دو



نمودار ۱۱ درصد مشتریان ویژه بدون انتظار در صف در صورت تغییر نرخ ورود در شیفت دو

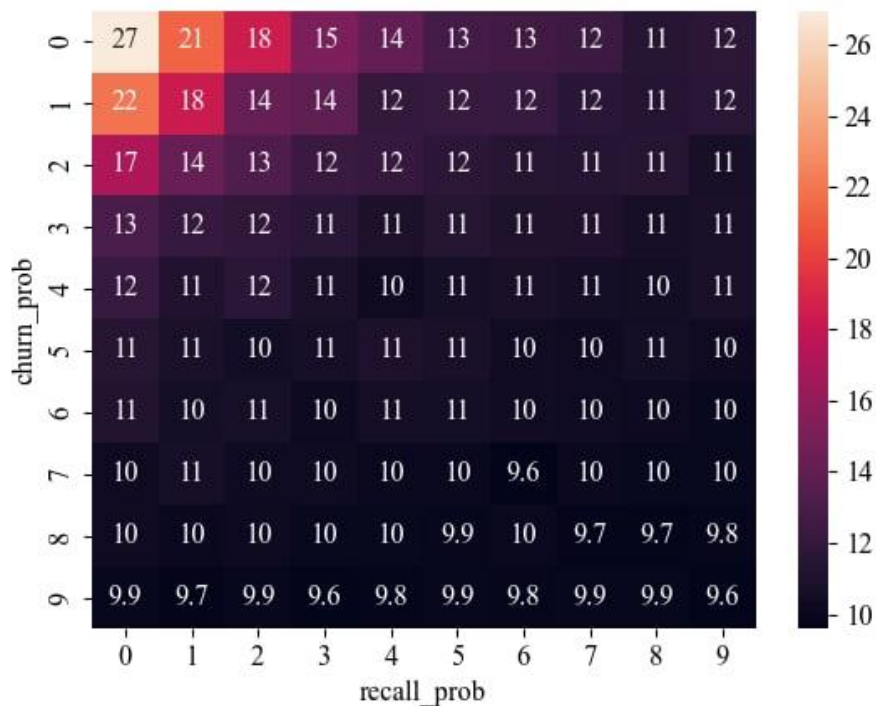
مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار زمان ورود بین دو مشتری در شیفت‌های مختلف، مدت زمانی که مشتریان ویژه در سیستم می‌گذارانند کاهش می‌یابد. همچنین افزایش این موضوع منجر می‌شود تعداد درصد کاربران ویژه که بدون انتظار در صف خدمت‌دهی می‌شوند افزایش یابد. با توجه به نمودارها، از جایی به بعد افزایش این مقدار فاصله تاثیر چندانی در شاخص ندارد. به نوعی از آن نقطه به بعد، افزایش فاصله صرفاً منجر به کاهش بهره‌وری سیستم شده و دیگر متغیرهای حالتی مثل مقدار صف را درگیر نمی‌کند.

در نمودار تغییرات ۱D نیز دیده می‌شود که با افزایش این مقدار یعنی مدت زمان خدمت‌دهی کارشناسان ویژه، مقدار متوسط طول صف کاربران عادی در مرکز تماس افزایش می‌یابد. با اینکه شانس خدمت‌دهی این کاربران از کارشناسان ویژه پایین است اما دیده می‌شود که تغییر این متغیر تاثیر زیادی روی شاخص دارد.

افزایش احتمال ورود کاربران ویژه نیز تاثیر زیادی روی درصدی از کاربران ویژه دارد که بدون انتظار سیستم را ترک می‌کنند.

تحلیل حساسیت را می‌توان به طور دو متغیره نیز انجام داد. در تحلیل حساسیت دو متغیره، اثر تغییر همزمان دو متغیر بر روی شاخص دیده می‌شود.

در ادامه دو مورد از تحلیل حساسیت‌های دو متغیره انجام شده آمده است.



نمودار ۱۲ میزان زمان انتظار کاربران ویژه در صورت تغییر همزمان احتمال انصراف از صف و تماس مجدد

این دو نمودار نشان می‌دهد که تغییر همزمان احتمال تماس مجدد و منصرف شدن از تماس بر روی میانگین زمان حضور کاربران ویژه در صف چگونه است. مشاهده می‌شود که تغییر احتمال تماس مجدد در مقادیر بالای احتمال ترک سیستم تاثیر زیادی روی شاخص ندارد اما افزایش احتمال ترک سیستم، منجر به کاهش ماندن کاربران ویژه در سیستم می‌شود زیرا این افراد سیستم را ترک می‌کنند. در مقادیر پایین احتمال ترک، تاثیر افزایش احتمال تماس انتخاب گزینه تماس مجدد می‌تواند مدت ماندن در سیستم را کاهش دهد زیرا افراد به ندرت سیستم را ترک کرده و حتی در صورتی که صف مقدار زیادی داشته باشد نیز در سیستم می‌مانند. در این شرایط انتخاب تماس مجدد می‌تواند فشار تقاضا در صف را کم کند.

تحلیل سرد و گرم سیستم یک

تغییرات گفته شده در سیستم را اعمال می کنیم و دوباره از مدل خروجی می گیریم. با توجه به اینکه گفته شده خروجی در بلندمدت تحلیل شود، ابتدا لازم است که بخشی از ابتدای بازه شبیه سازی حذف شد تا نتایج تحت تاثیر قسمت اولیه شبیه سازی نباشند. بنابراین شبیه سازی برای یک بازه ۵ ساله انجام می شود و ۶ ماه ابتدایی آن حذف می شود.

برای تحلیل خروجی از روش پیمانه سازی های مستقل استفاده می شود. برای استفاده از این روش ابتدا لازم است تعداد پیمانه ها را مشخص می کنیم. برای انتخاب تعداد پیمانه ها، ابتدا با تعداد پیمانه ۴۰۰ شبیه سازی را انجام داده و میزان خودهمبستگی با فاصله یک را محاسبه می کنیم.

Metirc	coef
QN_Time_mean	۰.۰۴۳
QS_Time_mean	۰.۰۵۳
QTN_Time_mean	۰.۰۶۹
Special_Customers_NoLine	-۰.۰۲۹
Special_Customers_TotalTime	۰.۰۲۴
TS_Productivity	۰.۰۹۵

جدول ۸ ضریب خودهمبستگی با فاصله یک برای برخی از شاخص ها

در جدول مشاهده می شود که این ضریب برای تمامی شاخص های انتخابی، کمتر از ۰.۲ است. بنابراین تعداد پیمانه ها را برابر با ۳۰ قرار می دهیم و خروجی را با این تعداد پیمانه محاسبه می کنیم.

Metric	mean	std	Lower_Bound	Upper_Bound
QN_Average_Line	۰.۰۶۰	۰.۰۴۲	۰.۰۵۷۱۷۱	۰.۰۶۲۸۸۴
QN_Time_mean	۳.۴۷۹	۰.۱۷۹	۳.۴۶۷۲۳۴	۳.۴۹۱۶۳
QS_Average_Line	۰.۰۳۲	۰.۰۲۲	۰.۰۳۰۰۲	۰.۰۳۳۰۱۲
QS_Time_mean	۲.۳۱۲	۰.۰۷۰	۲.۳۰۶۹۱۸	۲.۳۱۶۴۴۲
QTN_Average_Line	۰.۰۶۲	۰.۰۴۲	۰.۰۵۹۴۵۲	۰.۰۶۵۲۰۷
QTN_Time_mean	۱۱.۴۲۸	۰.۹۱۳	۱۱.۳۶۵۵	۱۱.۴۹
QTS_Average_Line	۰.۰۱۳	۰.۰۰۹	۰.۰۱۲۵۲۱	۰.۰۱۳۷۶۲
QTS_Time_mean	۳.۶۸۴	۰.۱۹۸	۳.۶۷۰۸۹۵	۳.۶۹۷۸۳۲
SN_Productivity	۰.۸۴۴	۰.۰۰۴	۰.۸۴۳۴۵۸	۰.۸۴۴۰۱۸
SS_Productivity	۰.۸۰۹	۰.۰۰۵	۰.۸۰۸۶۶۶	۰.۸۰۹۳۶۹
Special_Customers_NoLine	۰.۲۵۵	۰.۰۰۷	۰.۲۵۴۸۳۲	۰.۲۵۵۷۸۴
Special_Customers_TotalTime	۷.۳۵۹	۰.۱۰۶	۷.۳۵۱۷۶۴	۷.۳۶۶۲۰۵
TS_Productivity	۰.۶۷۴	۰.۰۰۹	۰.۶۷۳۱۳۶	۰.۶۷۴۴۲۳

جدول ۹ نتایج تحلیل سرد و گرم روی سیستم فعلی با هسته ۱۰

در جدول بالا میانگین، انحراف معیار و حد بالا و پایین فاصله اطمینان ۹۵ درصد آورده شده است. مشاهده می شود که مقدار انتظار کاربران عادی (QN_Time_mean)، حدوداً برابر با ۳.۵ دقیقه است.

بررسی سیاست با روش نمونه گیری مستقل

ابتدا پیشنهادات شرکت روی پارامترها اعمال شده و سپس خروجی با توجه به پارامترهای جدید گرفته می شود.

خروجی برای ده بار تکرار مستقل با هسته های یک الی ده تکرار شده است. در هر تکرار شبیه سازی به اندازه ۲ سال انجام شده و ۶ ماه ابتدایی حذف شده است. تعداد تکرارهای نیز برابر با ۱۰ است.

نتایج مقایسه این دو سیاست در جدول زیر آورده شده است. مقادیری که با حرف x نشان داده شده اند مربوط به سیستم فعلی و مقادیر نشان داده شده با حرف y نتایج سیاست پیشنهادی را نشان می دهند.

Metric	mean_x	std_x	mean_y	std_y	t_statistic	degree of freedom	p_value
QN_Average_Line	۰.۸۲	۰.۰۱	۰.۹۷	۰.۰۲	-۲۶.۱۲	۱۴	۱.۴۱E-۱۳
QN_Time_mean	۳.۴۸	۰.۰۴	۴.۱۰	۰.۰۷	-۲۵.۶۰	۱۴	۱.۸۵E-۱۳
QS_Average_Line	۰.۴۳	۰.۰۰	۰.۳۳	۰.۰۰	۷۳.۰۹	۱۸	۱.۰۰
QS_Time_mean	۲.۳۱	۰.۰۲	۱.۹۱	۰.۰۱	۶۴.۹۱	۱۷	۱.۰۰
QTN_Average_Line	۰.۸۶	۰.۰۳	۰.۸۶	۰.۰۲	۰.۱۰	۱۵	۰.۵۴
QTN_Time_mean	۱۱.۴۵	۰.۳۷	۱۱.۴۷	۰.۲۴	-۰.۱۳	۱۶	۰.۴۵
QTS_Average_Line	۰.۱۸	۰.۰۰	۰.۱۸	۰.۰۰	۰.۲۷	۱۴	۰.۶۱
QTS_Time_mean	۳.۶۸	۰.۰۸	۳.۶۷	۰.۰۴	۰.۳۹	۱۴	۰.۶۵
SN_Productivity	۰.۸۴	۰.۰۰	۰.۵۷	۰.۰۰	۶۱۸.۶۶	۱۷	۱.۰۰
SS_Productivity	۰.۸۱	۰.۰۰	۰.۸۲	۰.۰۰	-۹.۱۵	۱۸	۰.۰۰
Special_Customers_NoLine	۰.۲۵	۰.۰۰	۰.۲۵	۰.۰۰	۱۰.۱۰	۱۷	۱.۰۰
Special_Customers_TotalTime	۷.۳۶	۰.۰۲	۶.۶۵	۰.۰۲	۸۶.۸۶	۱۷	۱.۰۰
TS_Productivity	۰.۶۸	۰.۰۰	۰.۶۷	۰.۰۰	۰.۳۱	۱۴	۰.۶۲

جدول ۱۰ مقایسه سیاست ها

مشاهده می شود که در صورت اعمال سیاست جدید، طبق نتایج شبیه سازی، مدت زمان انتظار در صف مربوط به مشتریان عادی افزایش می یابد پس در این شاخص بهبودی اتفاق نمی افتد. میزان انتظار کاربران ویژه در صف مقداری کاهش یافته که این مقدار به دلیل افزایش بهره وری این کارشناسان است. میزان کاهش اما چندان زیاد نبوده زیرا کارشناسان ویژه به دلیل کم شدن تعداد کارشناسان عادی، بخش بیشتری از وقت خود را صرف خدمت دهی به مشتریان عادی می کنند.

با بررسی شاخص ها می توان نتیجه گرفت سیاست پیشنهادی چندان مفید نیست. البته نتیجه نهایی به موارد دیگری نیز بستگی دارد. این موارد شامل موارد زیر هستند:

الف: میزان اهمیت مشتریان ویژه نسبت به مشتریان عادی در جهت پاسخ به این سوال که آیا این مقدار کاهش صورت گرفته دارای ارزش هست یا خیر.

ب: هزینه استخدام یک کارشناس عادی در مقایسه با هزینه آموزش.

می‌توان این فرض را کرد که در کوتاه‌مدت و میان‌مدت حقوق کارشناس عادی نسبت به هزینه آموزش ناچیز است و در نتیجه هزینه اقتصادی آموزش، به این دلیل که تاثیر جدی در بهبود سیستم ندارد، توجیه‌پذیر نیست.

بررسی سیاست با روش اعداد تصادفی مشترک

می‌توان از روش اعداد تصادفی مشترک نیز برای ارزیابی سیاست استفاده کرد. برای این کار ابتدا تمامی اعداد تصادفی که در برنامه ممکن است استفاده شوند تولید می‌شوند. این موارد شامل زمان‌های خدمت‌دهی، زمان‌های بین ورود، نوع مشتریان، تمایل آنها به خروج از صف، تمایل آنها به تماس مجدد و موارد مشابه هستند.

سپس برای شبیه‌سازی از این اعداد استفاده شده و دیگر در داخل برنامه اعداد تصادفی برای این موارد تولید نمی‌شود. استفاده از این روش بار محاسباتی زیادی دارد زیرا تمامی اعداد تصادفی باید از قبل ذخیره شوند و به این دلیل اجرای آن بسیار زمان‌بر است. با توجه به محدودیت وقت، در این روش شبیه‌سازی برای بازه ۳۰ روزه انجام شد و سپس ۵ روز ابتدایی از داده‌ها حذف شدند و سپس نتایج برای ۵ تکرار به دست آمد که نتایج آن در جدول زیر قابل مشاهده است. مشابه حالت قبل حرف x مربوط به سیستم فعلی و حرف y نتایج مربوط به سیاست پیشنهادی است.

Metric	mean_x	std_x	mean_y	std_y	t_statistic	degf	p_value
QN_Average_Line	0.83	0.04	0.96	0.024946363	-5.93325	6	0.000511
QN_Time_mean	3.50	0.18	4.08	0.105707053	-6.13912	6	0.000427
QS_Average_Line	0.42	0.01	0.33	0.010262248	13.20805	8	0.999999
QS_Time_mean	2.27	0.05	1.90	0.054153591	11.08131	8	0.999998
QTN_Average_Line	1.09	0.03	0.79	0.030240182	16.01901	8	1
QTN_Time_mean	14.27679	0.366153	10.30373	0.37750373	16.89278	8	1
QTS_Average_Line	0.205283	0.013823	0.172839	0.011831292	3.987092	8	0.997989
QTS_Time_mean	4.138728	0.195186	3.581036	0.216145754	4.281926	8	0.99866
SN_Productivity	0.850455	0.002977	0.576619	0.001823697	175.3762	7	1
SS_Productivity	0.815377	0.002382	0.822705	0.002306953	-4.94096	8	0.000567
Special_Customers_NoLine	0.245592	0.003952	0.240704	0.006832347	1.384846	6	0.892303
Special_Customers_TotalTime	7.458155	0.103192	6.619348	0.090581554	13.65995	8	1
TS_Productivity	0.695678	0.001188	0.67512	0.001298845	26.11406	8	1

جدول 11 نتایج روش اعداد تصادفی مشترک

مشاهده می‌شود در این حالت نیز میزان زمان انتظار کاربران عادی افزایش یافته‌است که مطلوب نیست.

سیاست‌های پیشنهادی

سیاست پیشنهادی ۱

بهبود کارایی سیستم در جهت کاهش نرخ مراجعه افراد به مرکز تماس می‌تواند در تمامی قسمت‌های سیستم مرکز تماس بهبود ایجاد کند. بخشی از اثرات این موضوع در قسمت تحلیل حساسیت نیز نشان داده شده‌است به طوری که با کاهش نرخ مراجعه به سیستم، میزان انتظار و ماندن در سیستم کاهش می‌یابد.

سیاست پیشنهادی ۲

ایجاد دسته‌بندی در نیازهای مشتریان می‌تواند زمان خدمت‌دهی را کاهش دهد زیرا کارشناس وقت کمتری برای تشخیص نیاز مشتری می‌گذارد. این کار می‌تواند به این صورت اتفاق بیفتد که دو یا سه دسته عمده مشکلات در نظر گرفته شود و هر کارشناس به یکی از این دسته‌ها مربوط شود.

سیاست پیشنهادی ۳

امکان حفظ نوبت در صف وجود داشته‌باشد. این مورد به این معنی است که فردی که در ساعتی تماس می‌گیرد، تخمینی از میزان انتظار به او داده شود و فرد بتواند تلفن را قطع کند و با توجه به تخمین داده شده دوباره تماس بگیرد و لازم نباشد بعد از تماس دوباره در انتهای صف بایستد. این موضوع می‌تواند منجر به کاهش احتمال خروج از صف شده و میزان رضایت از خدمات را افزایش دهد.