

هوالحق



دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده‌ی مهندسی صنایع

گزارش پروژه‌ی شبیه‌سازی رستوران

استاد درس:

دکتر صدقی

نگارندگان:

۹۵۱۰۳۹۳۴

احسان رزاقی

۹۵۱۰۳۷۸۶

محمدعلی اله‌دادی

بهار ۹۹

۱.....	توصیف ایستای مدل.....
۱.....	متغیرهای حالت.....
۲.....	پیشامدها.....
۲.....	موجودیت‌ها.....
۳.....	صفات.....
۳.....	تاخیر.....
۳.....	فعالیت‌ها.....
۳.....	فرضیات و ساده‌سازی سیستم.....
۴.....	معیارهای پیشنهادی ارزیابی عملکرد سیستم.....
۴.....	چگونگی محاسبه‌ی معیارهای پیشنهادی عملکرد.....
۶.....	معیارهای مدیریتی ارزیابی عملکرد سیستم.....
۶.....	چگونگی محاسبه‌ی معیارهای مدیریتی عملکرد.....
۸.....	آماره‌های تجمعی.....
۹.....	توصیف پویای مدل.....
۹.....	فلوچارت‌ها.....
۱۳.....	ساختار بندی FEL.....
۱۳.....	تحلیل حساسیت.....
۱۴.....	تعداد کارکنان بخش پذیرش.....
۱۴.....	پیش‌بینی تغییرات.....
۱۵.....	تغییرات مشاهده‌شده.....
۱۶.....	مقایسه‌ی خروجی‌ها با حدس‌های اولیه.....
۱۹.....	تعداد میزهای پذیرایی.....
۱۹.....	پیش‌بینی تغییرات.....
۲۰.....	تغییرات مشاهده‌شده.....
۲۱.....	مقایسه‌ی خروجی‌ها با حدس‌های اولیه.....
۲۲.....	زمان استراحت.....
۲۲.....	پیش‌بینی تغییرات.....
۲۳.....	تغییرات مشاهده‌شده.....
۲۴.....	مقایسه‌ی خروجی‌ها با حدس‌های اولیه.....
۲۴.....	برآورد نقطه‌ای و فاصله‌ای.....
۲۶.....	دوره‌ی سرد و گرم سیستم.....
۲۸.....	ضمیمه‌ها.....

توصیف ایستای مدل

متغیرهای حالت

نام هر متغیر در زیر تعریف آن آمده است.

توضیح	Code-name	مقدار اولیه
تعداد کاربر در صف سفارش	recQ	۰
تعداد کاربر در صف دریافت	foodQ	۰
تعداد کاربر در صف سالن	salQ	۰
تعداد اپراتور فعال پذیرش	recOP	۰
تعداد اپراتور بیکار پذیرش	unRecOP	۵
آیا زمان استراحت پذیرش رسیده است؟	recRest	False
تعداد اپراتور فعال دریافت	foodOP	۰
تعداد اپراتور بیکار دریافت	unFoodOP	۰
آیا زمان استراحت دریافت رسیده است؟	foodRest	False
تعداد میزهای خالی سالن	salOP	۳۰
آرایه‌ای شامل کاربران صف پذیرش	recQueue[]	[]
آرایه‌ای شامل کاربران صف دریافت	foodQueue[]	[]
آرایه‌ای شامل کاربران صف سالن	salQueue[]	[]

به دلیل این که سه آرایه‌ی انتهایی، اطلاعات زیادی در خود جای داده‌اند و بخش مفید آن‌ها (تعداد افراد حاضر در هر صف) را متغیرهای حالت recQ، foodQ و salQ پوشش می‌دهند، از آوردن این آرایه‌ها در خروجی اکسل صرف نظر کرده‌ایم.

پیشامدها

Code-name	توضیح
recQueue()	ورود کاربر به سیستم
recQueueCar()	ورود ماشین به سیستم
recQueueBus()	ورود اتوبوس به سیستم
getRec()	اتمام پذیرش کاربر (شامل پذیرش + پرداخت هزینه)
foodQueue()	ورود کاربر به صف دریافت غذا
getFood()	دریافت غذای کاربر
salQueue()	ورود کاربر به صف سالن غذاخوری
endFood()	اتمام غذاخوردن کاربر
exitSys()	خروج کاربر از سیستم
startRecRest()	آغاز استراحت خدمت‌دهنده‌ی بخش پذیرش
endRecRest()	پایان استراحت خدمت‌دهنده‌ی بخش پذیرش
startFoodRest()	آغاز استراحت خدمت‌دهنده‌ی بخش دریافت
endFoodRest()	پایان استراحت خدمت‌دهنده‌ی بخش دریافت

موجودیت‌ها

تنها موجودیتی که در نظر گرفته‌ایم، کاربران سیستم هستند. مشتری i -ام که وارد سیستم می‌شود را با C_i نشان می‌دهیم.

موجودیت‌های دیگری هم مثل اپراتورها وجود دارند که می‌توان صفاتی مثل زمان استراحت، بهره‌وری و... را برای آن‌ها تعیین کرد؛ اما به اقتضای برنامه، از این موجودیت استفاده نمی‌کنیم.

صفات

تنها صفتی که برای موجودیت «کاربر» در نظر گرفته‌ایم، آرایه‌ای از زمان‌های مختلف او در سیستم است. (به ترتیب ورود به سیستم، ورود به صف پذیرش، آغاز پذیرش، اتمام پذیرش، ورود به صف دریافت، آغاز دریافت غذا، دریافت غذا، ورود به صف سالن، ورود به سالن، اتمام غذا و خروج از سیستم. (مجموعاً ۱۰ زمان)

تاخیر

میزان تاخیر را برابر زمانی که مشتری در هر یک از ۳ صف ما سپری می‌کند، در نظر گرفته‌ایم.

فعالیت‌ها

Code-name	توضیح
t_newUser	زمان بین ورودهای کاربران پیاده
t_newCar	زمان بین ورودهای کاربران ماشین‌سوار
t_getRec	زمان خدمت‌رسانی بخش پذیرش
t_getFood	زمان خدمت‌رسانی بخش تحویل دریافت غذا
t_endFood	زمان صرف غذا
t_recMove	زمان حرکت از بخش پذیرش به دریافت غذا
t_foodMove	زمان حرکت از بخش دریافت غذا به سالن
t_salMove	زمان حرکت از سالن به سمت در خروجی
t_rest	زمان استراحت کارکنان

فرضیات و ساده‌سازی سیستم

- الگوریتم ویژه‌ای برای ورود ماشین و اتوبوس در نظر گرفته نشده است. هر کدام از این دو تابع، تابع recQueue() یا همان «ورود کاربر پیاده» را به تعداد مسافرهایی‌شان فراخوانی می‌کنند. مثلاً برای اتوبوسی که ۳۴ نفر مسافر دارد، ۳۴ بار تابع recQueue() به صورت متوالی اجرا می‌شود.
- تفاوتی بین ۵ اپراتور بخش پذیرش و ۲ اپراتور بخش دریافت غذا قائل نشده‌ایم.
- هیچ تاخیر زمانی از پایان سفارش‌دهی تا آغاز پرداخت هزینه وجود ندارد و زمان این دو فرآیند به صورت یک جا محاسبه می‌شود.

معیارهای پیشنهادی ارزیابی عملکرد سیستم

۱. میانگین زمان تلف شده در صف پذیرش برای کاربران (به ازای هر نفر)
 ۲. میانگین زمان تلف شده در صف دریافت غذا برای کاربران (به ازای هر نفر)
 ۳. میانگین زمان تلف شده در صف میزهای غذاخوری برای کاربران (به ازای هر نفر)
- دیدگاهی که سه معیار بالا می دهند، کافی بودن یا نبودن تعداد اپراتورها یا زمان استراحت آنهاست. در صورتی که زمان تلف شده ی بخشی بالا باشد، باید یا تعداد اپراتورهای آن بخش را افزایش داد یا این که زمان استراحت آن بخش را کاهش داد.

۴. میانگین تعداد اپراتورهای فعال بخش پذیرش
۵. میانگین تعداد اپراتورهای فعال بخش دریافت غذا
۶. میانگین تعداد میزهای بدون استفاده ی بخش غذاخوری

دیدگاهی که سه معیار بالا می دهند هم کافی بودن یا نبودن تعداد اپراتورهاست. در صورتی که این میانگین، به تعداد کل اپراتورها نزدیک باشد، می توان گفت که تعداد اپراتورها در صورت ورود شوک های متوالی به سیستم (مثلا اتوبوس) شاید نتواند پاسخ گو باشد. و در صورتی که این میانگین به عدد صفر نزدیک باشد، می توانیم ادعا کنیم که تعداد اپراتورها بیشتر از حدی است که نیاز داریم و امکان تعدیل وجود دارد.

چگونگی محاسبه ی معیارهای پیشنهادی عملکرد

۱. میانگین زمان تلف شده در صف پذیرش برای کاربران (به ازای هر نفر)
- میزان کل زمان تلف شده ی کاربر i -ام به شکل زیر به دست می آید. (تفاضل زمان ورود به صف و زمان آغاز خدمت دهی پذیرش)

$$C_i, \text{ Enter Reception Service} - C_i, \text{ Enter Reception Queue}$$

این مقدار را برای تمامی کاربرانی که هر دوی این بخش را پشت سر گذاشته اند حساب می کنیم و مقدار حاصل را بر تعداد کل کاربرانی که هر دوی این بخش را پشت سر گذاشته اند. برای محاسبه ی این مقدار مجموع، نیاز است تا مقدار مشتریان هر بخش را داشته باشیم. به خاطر همین می توان با تعریف یک آرایه - که در ابتدای شبیه سازی تمام مقادیر آن صفر است - و افزودن یکی یکی به آن در صورت اتمام کار هر کاربر، این تعداد را در اختیار داشته باشیم.

۲. میانگین زمان تلف شده در صف دریافت غذا برای کاربران (به ازای هر نفر)

شیوه‌ی محاسبه‌ی این معیار دقیقاً مشابه معیار پیشین است:

$$C_{i, \text{Enter Food Service}} - C_{i, \text{Enter Food Queue}}$$

۳. میانگین زمان تلف شده در صف میزهای غذاخوری برای کاربران (به ازای هر نفر)

شیوه‌ی محاسبه‌ی این معیار دقیقاً مشابه معیار پیشین است:

$$C_{i, \text{Enter Saloon Service}} - C_{i, \text{Enter Saloon Queue}}$$

۴. میانگین تعداد اپراتورهای فعال بخش پذیرش

برای محاسبه‌ی این معیار، باید مساحت زیر نموداری را حساب کنیم که محور افقی آن، زمان و محور عمودی آن، تعداد اپراتورهای فعال است. برای محاسبه‌ی این مساحت می‌توانیم در هر بار پیش‌بری ساعت، اختلاف زمانی را ضرب در تعداد اپراتورهای فعال کنیم و تمامی این مقادیر را با هم جمع کنیم. و در انتها برای محاسبه‌ی میانگین، عدد حاصل را بر زمان کل تقسیم کنیم.

$$\left(\sum_{i=0}^{Total\ intervals-1} (Time_{i+1} - Time_i) * recOP_i \right) / Simulation\ Time$$

۵. میانگین تعداد اپراتورهای فعال بخش پذیرش

شیوه‌ی محاسبه‌ی این معیار دقیقاً مشابه معیار پیشین است:

$$\left(\sum_{i=0}^{Total\ intervals-1} (Time_{i+1} - Time_i) * foodOP_i \right) / Simulation\ Time$$

۶. میانگین تعداد اپراتورهای فعال بخش پذیرش

شیوه‌ی محاسبه‌ی این معیار دقیقاً مشابه معیار پیشین است:

$$\left(\sum_{i=0}^{Total\ intervals-1} (Time_{i+1} - Time_i) * salOP_i \right) / Simulation\ Time$$

معیارهای مدیریتی ارزیابی عملکرد سیستم

۱. میانگین زمان حضور در سیستم

این معیار، دیدی کلی از میزان تاخیرهای سیستم ما می‌دهد. چرا که باقی زمان‌ها و میانگین آن‌ها مشخص است و از توزیع‌های خاصی پیروی می‌کند. در صورتی که این میانگین از مقدار متعارف بیشتر باشد، مدیریت باید به فکر افزودن اپراتور برای کاهش آن باشد.

۲. میانگین تعداد افراد حاضر در صف تحویل غذا

در صورتی که مقدار این میانگین خیلی زیاد باشد، مدیریت باید اپراتورهای بخش تحویل غذا را افزایش دهد.

۳. حداکثر و میانگین تعداد افراد حاضر در صف سالن

مانند بخش بالا، در صورتی که میانگین و حداکثر افراد حاضر در صف مقدار زیادی شود، مدیریت باید به فکر افزایش تعداد میزهای این بخش باشد.

۴. بهره‌وری اپراتورهای بخش پذیرش و تحویل

این دو معیار مشخص می‌کنند که اپراتورها چه مقدار از کل زمان شبیه‌سازی را مشغول به کار هستند. در صورت نزدیکی این عدد به ۱، مدیریت بهتر است به فکر افزایش اپراتورها و در صورتی نزدیکی به ۰، به فکر کاهش اپراتورها باشد.

چگونگی محاسبه‌ی معیارهای مدیریتی عملکرد

۱. میانگین زمان حضور در سیستم

میزان کل زمان تلف‌شده‌ی کاربر i -ام به شکل زیر به دست می‌آید. (تفاضل زمان ورود به صف و زمان آغاز خدمت‌دهی پذیرش)

$$C_i, \text{Enter Reception Queue} - C_i, \text{Exit System}$$

مانند معیار پیشنهادی اول، این زمان را برای تمامی کاربران محاسبه و سپس میانگین می‌گیریم.

۲. میانگین تعداد افراد حاضر در صف تحویل غذا

مانند معیار پیشنهادی سوم، تعداد افراد حاضر در صف را در هر چرخه ضرب در طول زمان می‌کنیم و کل مقدار را تقسیم بر زمان شبیه‌سازی می‌کنیم.

$$\left(\sum_{i=0}^{Total\ intervals-1} (Time_{i+1} - Time_i) * foodQ_i \right) / Simulation\ Time$$

۳. حداکثر و میانگین تعداد افراد حاضر در صف سالن

برای محاسبه‌ی حداکثر، نیاز است تا مقداری را تحت عنوان Maximum=0 معرفی کنیم و در هر چرخه بررسی کنیم که اگر تعداد افراد در صف بیشتر از Maximum بود، آن مقدار را در Maximum قرار دهد. تعداد میانگین افراد در صف نیز مانند بخش بالا محاسبه می‌شود.

$$\left(\sum_{i=0}^{Total\ intervals-1} (Time_{i+1} - Time_i) * salQ_i \right) / Simulation\ Time$$

۴. بهره‌وری اپراتورهای بخش پذیرش و تحویل

برای محاسبه‌ی بهره‌وری، زمان‌های مشغول به کار بودن اپراتورها را در هر چرخه محاسبه می‌کنیم (مانند بخش‌های بالا) و در نهایت عدد به دست آمده را تقسیم بر «کل زمان شبیه‌سازی منهای زمان‌های استراحت» می‌کنیم؛ چرا که زمان‌های استراحت نباید در محاسبه‌ی بهره‌وری دخیل باشند.

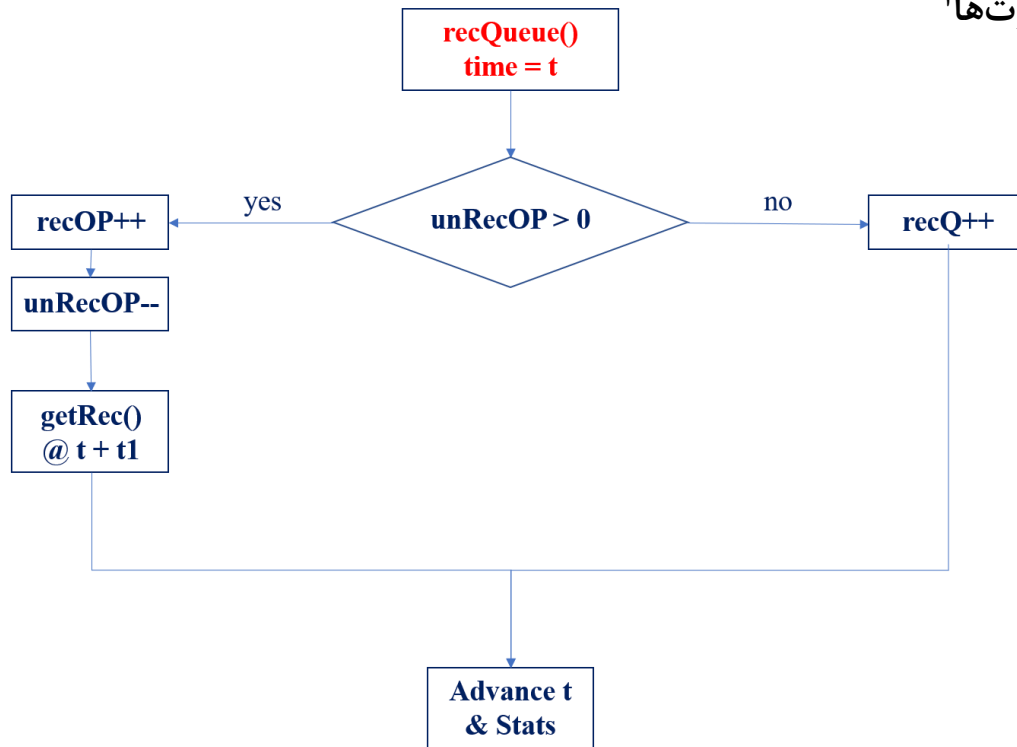
$$\left(\sum_{i=0}^{Total\ intervals-1} (Time_{i+1} - Time_i) * recOP_i \right) / (Simulation\ Time - 4 * t_{rest})$$

آماره‌های تجمعی

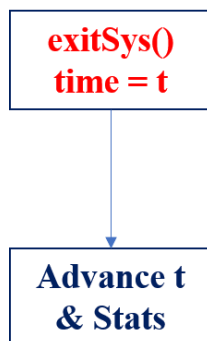
Code-name	توضیح
recQueue Length	طول صف پذیرش
recQueue Waiting Time	زمان انتظار صف پذیرش
recOP Busy Time	زمان مشغولیت اپراتور پذیرش
foodQueue Length	طول صف دریافت
foodQueue Waiting Time	زمان انتظار صف دریافت
foodOP Busy Time	زمان مشغولیت اپراتور دریافت
salQueue Length	طول صف سالن
salQueue Waiting Time	زمان انتظار صف سالن
salOP Busy Time	زمان پرکردن میزها
Time in System	زمان حضور در سیستم

توصیف پویای مدل

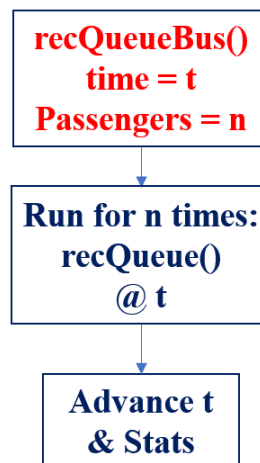
فلوچارت‌ها^۱



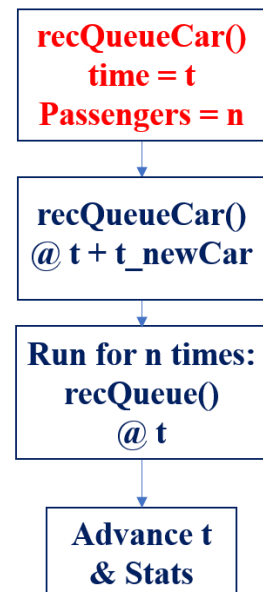
نمودار ۱- ورود کاربر پیاده به سیستم



نمودار ۴- خروج کاربر از سیستم

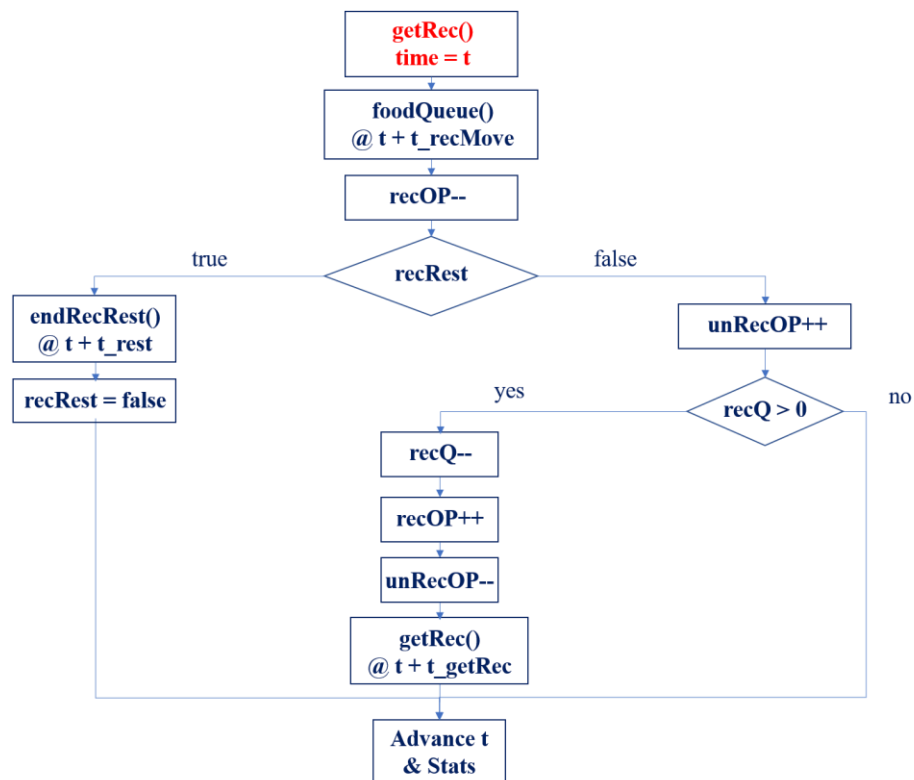


نمودار ۳- ورود اتوبوس به سیستم

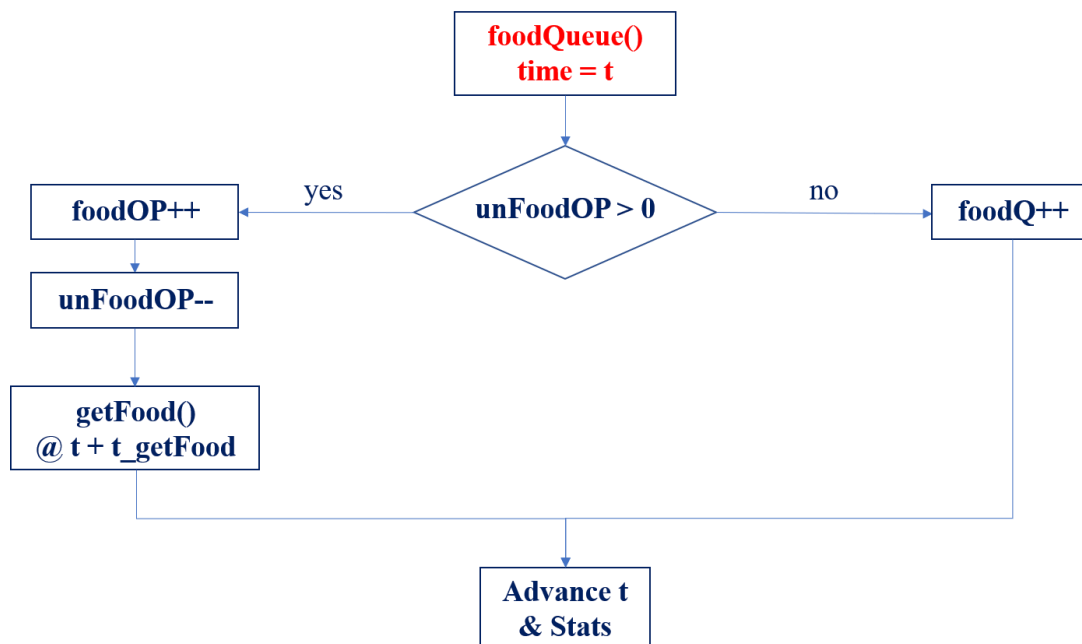


نمودار ۲- ورود ماشین سواری به سیستم

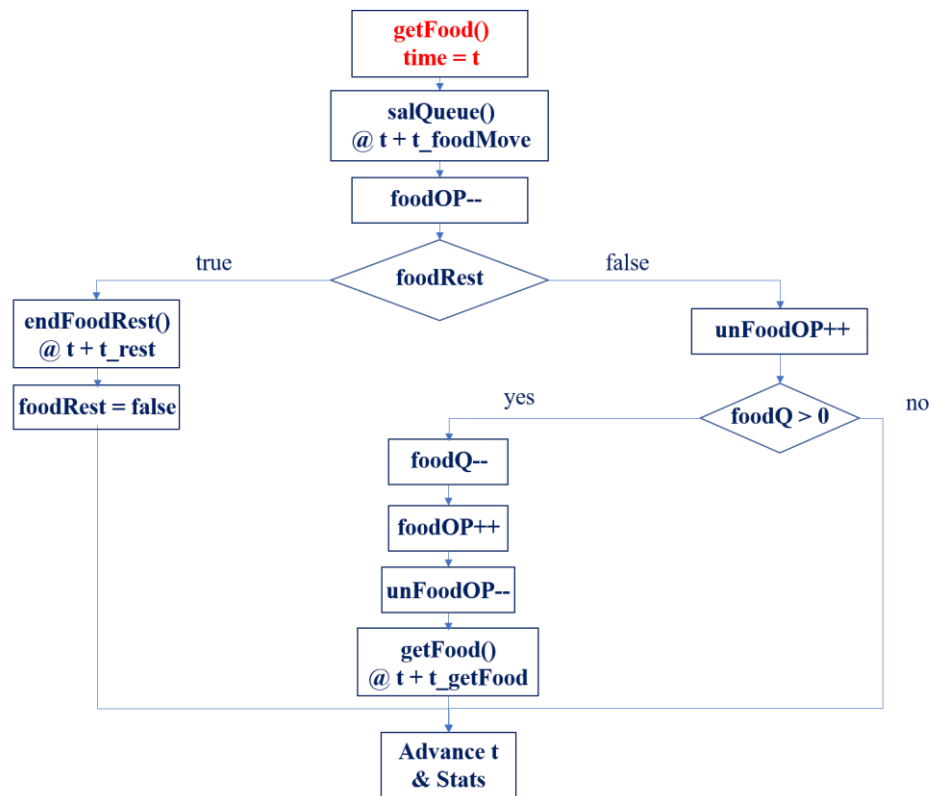
flowchart^۱



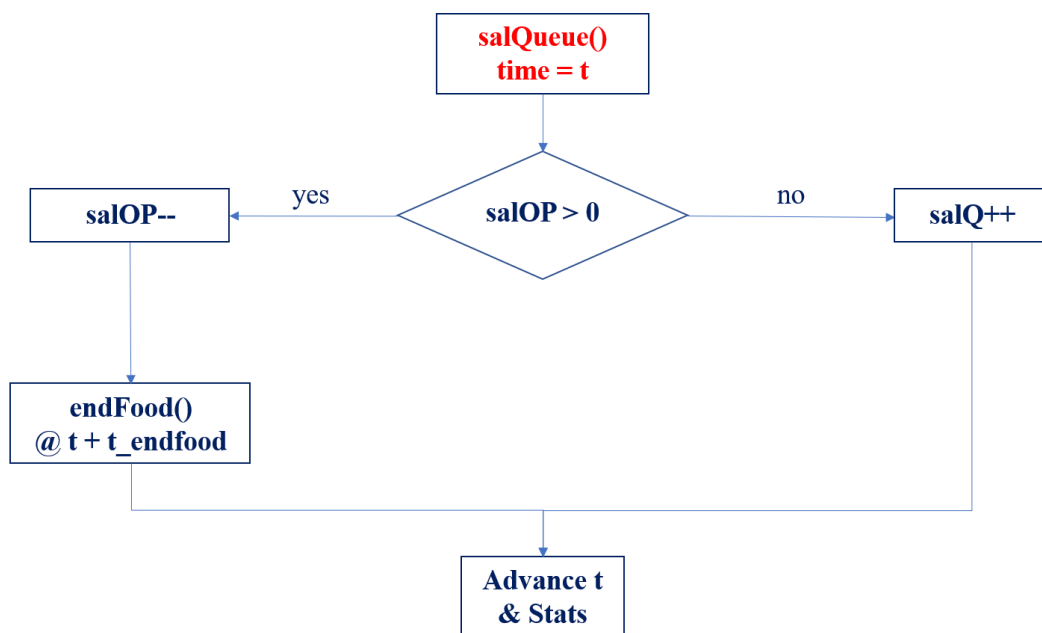
نمودار ۵- اتمام فرآیند پذیرش



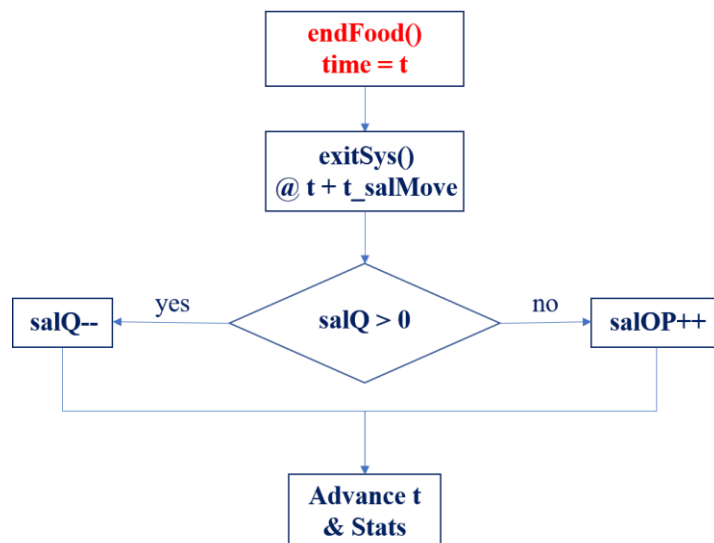
نمودار ۶- ورود به صف دریافت غذا



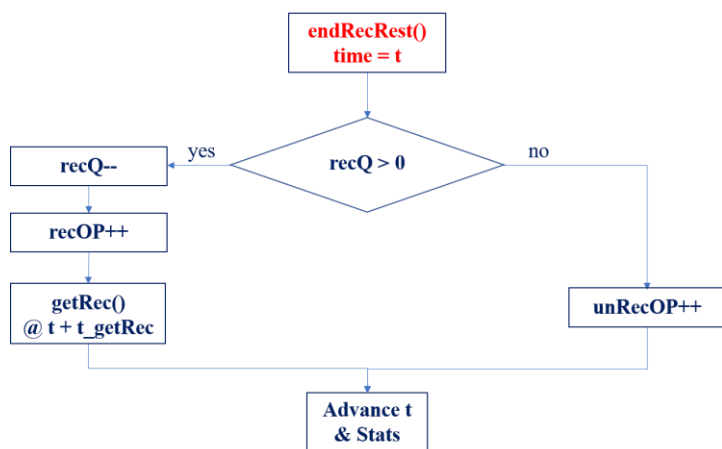
نمودار ۷- اتمام فرآیند دریافت غذا



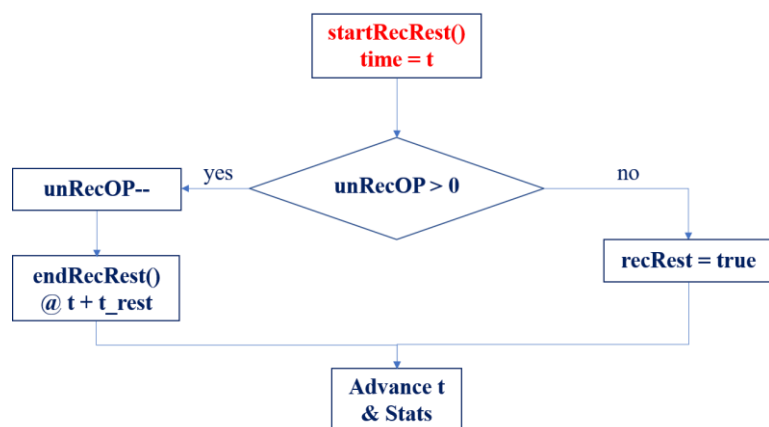
نمودار ۸- ورود به صف سالن



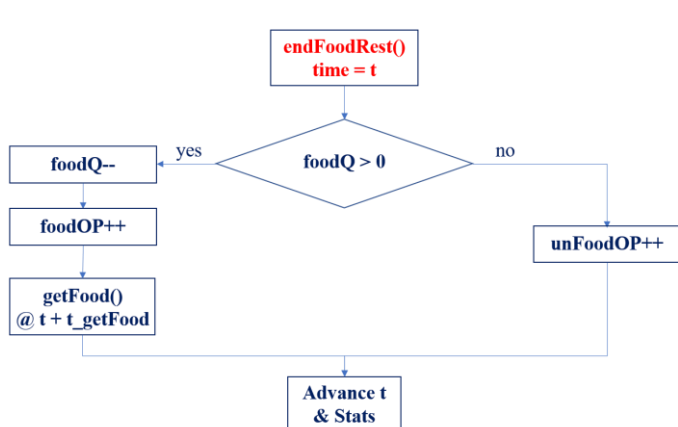
نمودار ۹ - اتمام فرآیند صرف غذا



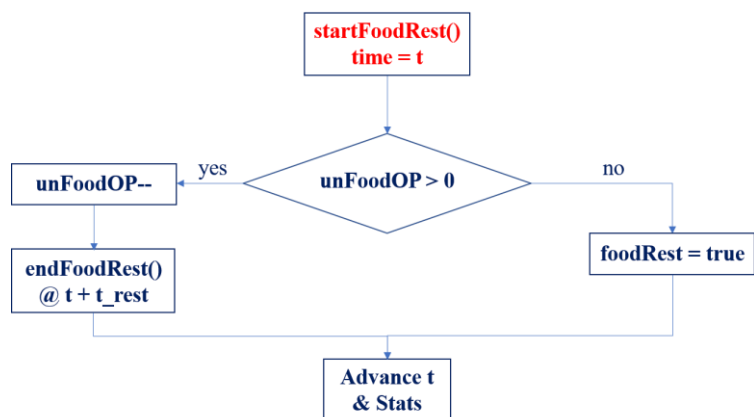
نمودار ۱۱ - پایان استراحت پذیرش



نمودار ۱۰ - آغاز استراحت پذیرش



نمودار ۱۳ - پایان استراحت دریافت غذا



نمودار ۱۲ - آغاز استراحت دریافت غذا

ساختار بندی FEL

یک نمونه از ساختار FEL در زمان $t=0$ را در زیر آورده ایم:

Event	Time	Customer
recQueue()	3	C1
recQueueBus()	5	-
recQueueCar()	120	-
startRecRest()	50	-
startRecRest()	110	-
startRecRest()	230	-
startRecRest()	290	-
startFoodRest()	50	-
startFoodRest()	110	-
startFoodRest()	230	-
startFoodRest()	290	-

تحلیل حساسیت

برای این که تحلیل حساسیتی دقیق داشته باشیم، برای هر یک از زمان های مورد نیاز، یک ماژول^۲ جدید تولید عدد تصادفی تولید کرده ایم. یعنی محاسبه ی زمان ورود کاربران پیاده بر عهده ی random_newUser است، محاسبه ی زمان ورود ماشین ها بر عهده ی random_newCar و...

در این صورت است که تمامی شبیه سازی ها، بدون تحلیل حساسیت، خروجی های یکسانی خواهند داشت و زمانی که تغییری در متغیرها ایجاد می کنیم، تغییرات مشاهده شده تنها از دست کاری ما حاصل می شوند.

^۲ Module

تعداد کارکنان بخش پذیرش

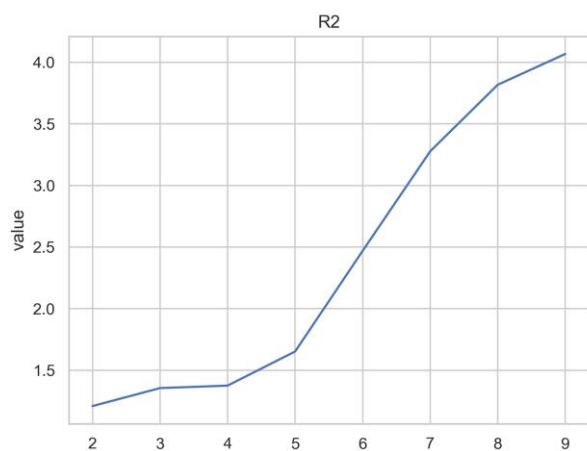
برای تحلیل حساسیت در این مرحله، تعداد اپراتورهای بخش را از مقادیر ۲ تا ۹ تغییر می‌دهیم.

پیش‌بینی تغییرات

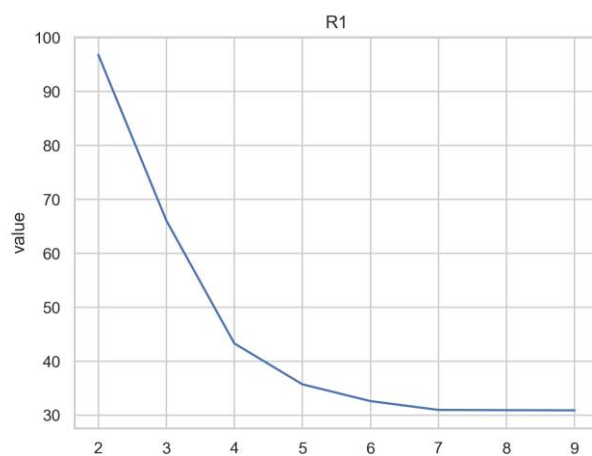
انتظاراتی که برای هر یک از معیارهای خواسته‌ی مدیریت داریم، با افزایش اپراتورها به شرح زیر است:

- میانگین زمان در سیستم افراد کاهش می‌یابد و در نهایت ثابت می‌شود. دلیل کاهش آن، کم‌شدن زمان تلف‌شده در بخش پذیرش و دلیل ثابت‌شدن آن، مازادشدن تعداد اپراتورهای پذیرش است.
- میانگین زمان انتظار در صف دریافت غذا افزایش می‌یابد. چرا که مشتری‌ها کم‌تر و کم‌تر در بخش پذیرش جمع می‌شوند.
- حداکثر افراد حاضر در صف سالن هم به دلیل مشابه افزایش می‌یابد.
- میانگین طول صف سالن هم به دلیل مشابه افزایش می‌یابد.
- بهره‌وری بخش پذیرش کاهش می‌یابد. چرا که در ابتدا ظرفیت کافی وجود ندارد و در انتها ظرفیت اضافی وجود دارد.
- بهره‌وری بخش دریافت غذا افزایش می‌یابد. چرا که پشته‌ی تشکیل‌شده در بخش پذیرش، کم‌کم به بخش دریافت غذا انتقال پیدا می‌کند.
- میانگین زمان تلف‌شده در صف پذیرش به دلیل افزایش اپراتورها، کاهش می‌یابد.

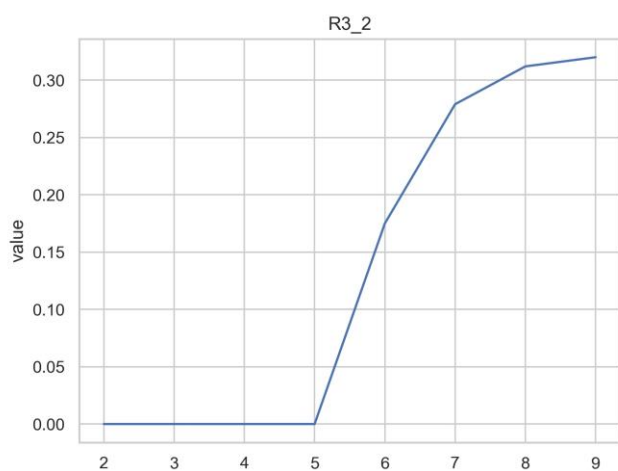
تغییرات مشاهده شده



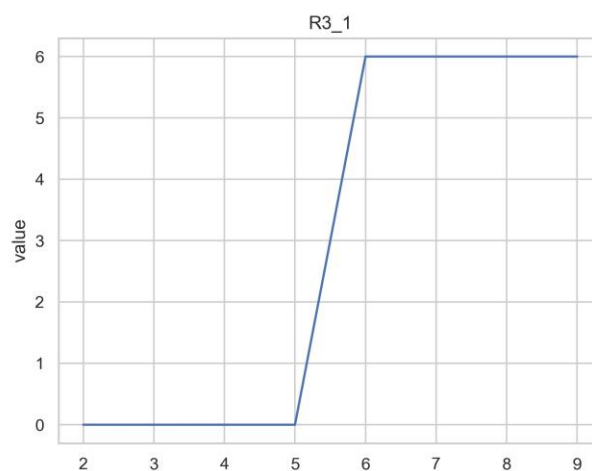
نمودار ۱۵ - میانگین زمان تلف شده در صف دریافت



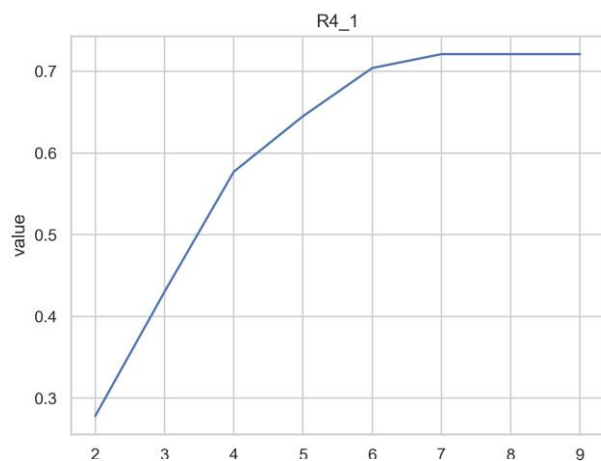
نمودار ۱۴ - میانگین زمان حضور در سیستم



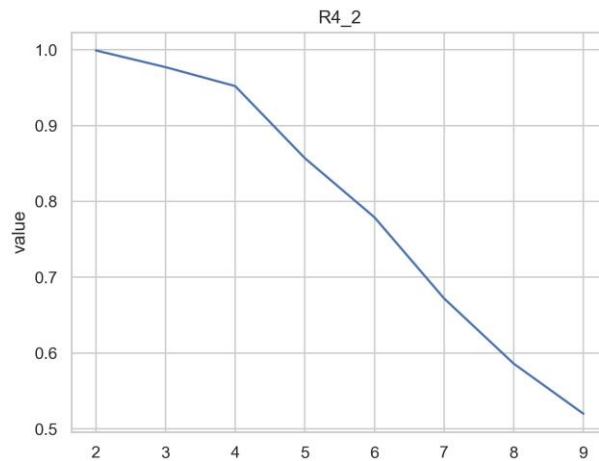
نمودار ۱۷ - میانگین افراد حاضر در صف سالن



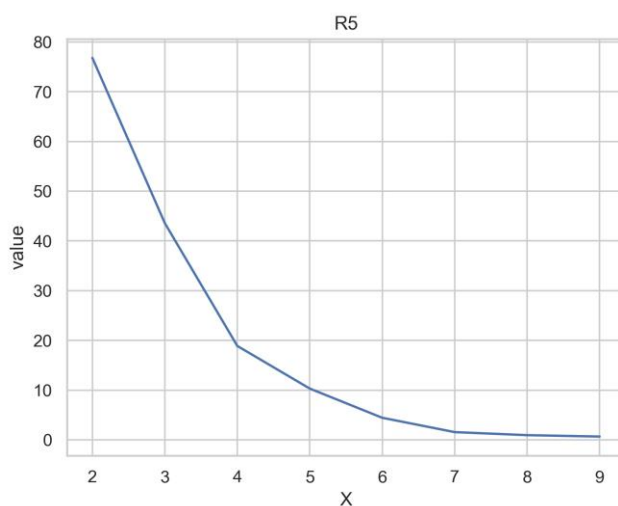
نمودار ۱۶ - حداکثر افراد حاضر در صف سالن



نمودار ۱۹ - بهره‌وری کارکنان دریافت غذا



نمودار ۱۸ - بهره‌وری کارکنان پذیرش

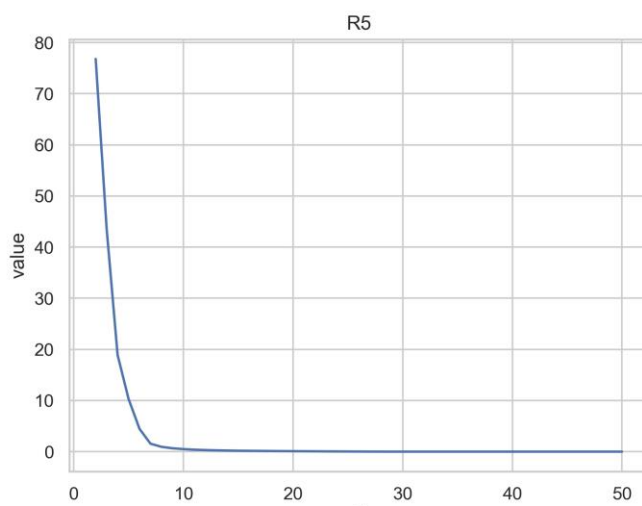


نمودار ۲۰ = میانگین زمان تلف شده در صف پذیرش

مقایسه‌ی خروجی‌ها با حدس‌های اولیه

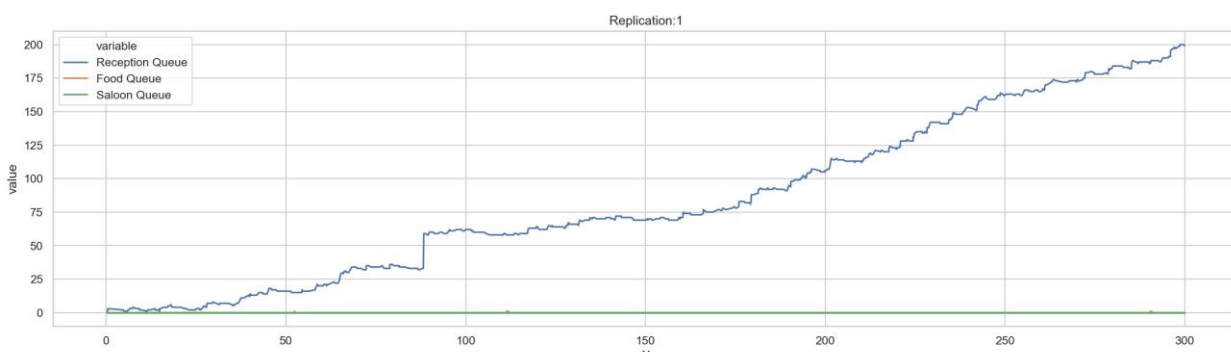
مشاهده می‌شود که رفتار تمامی نمودارها، مشابه حدس‌های اولیه صورت گرفته است. البته مشاهده‌ی رفتار یک‌نواخت نمودارهایی مثل نمودار ۱۴، به دلیل محدودیت در بازه‌ی تعیین شده، هنوز به مرحله‌ی قابل مشاهده‌ای نرسیده است و در صورت افزایش طول این بازه، می‌توان شاهد رفتار یک‌نواخت آن بود.

به عنوان مثال، در شکل زیر تعداد اپراتورها در بازه‌ی ۲ تا ۵۰ تغییر پیدا کرده است. معنی این یک‌نواختی در مقادیر بالا، بی‌اثر شدن افزایش تعداد اپراتورها در فرآیند شبیه‌سازی است.

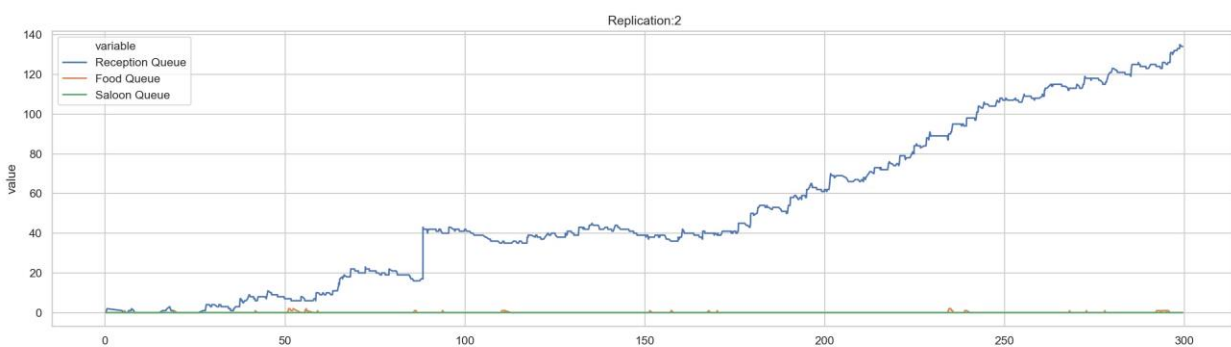


نمودار ۲۱ = میانگین زمان تلف شده در صف پذیرش

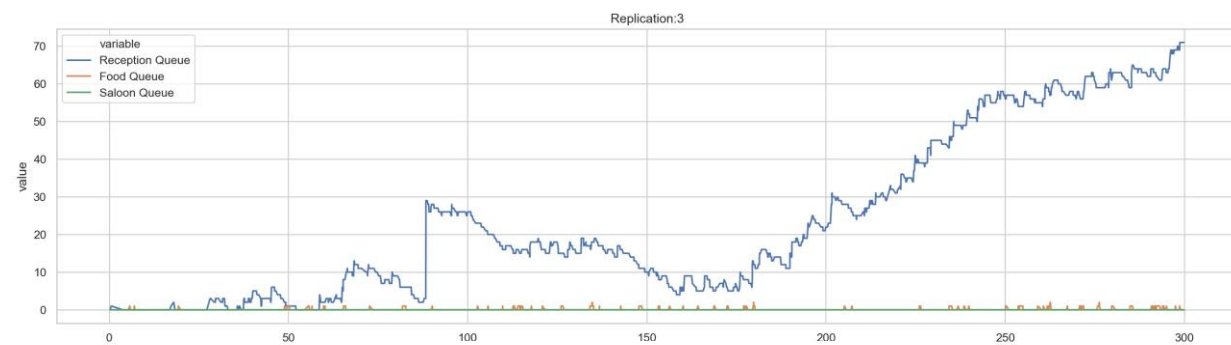
برای درک بهتر تغییرات، نمودار تغییرات تعداد اعضای حاضر در هر سه صف را (به ازای تعداد اپراتورهای مختلف پذیرش) هم در زیر آورده‌ایم. (آبی=پذیرش، نارنجی=دریافت، سبز=سالن)



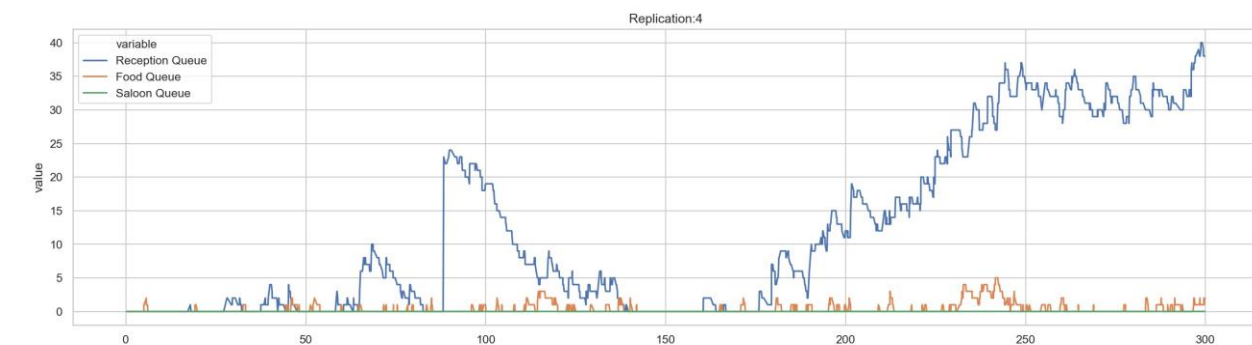
نمودار ۲۲ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 2$



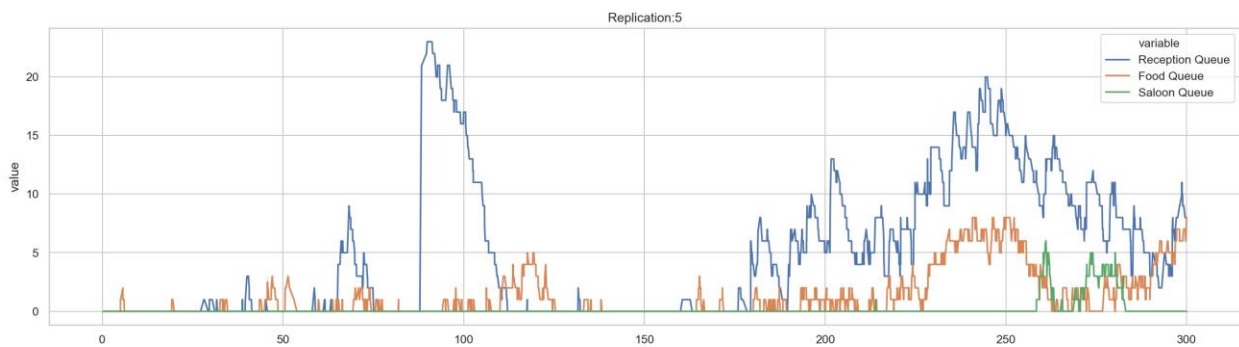
نمودار ۲۳ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 3$



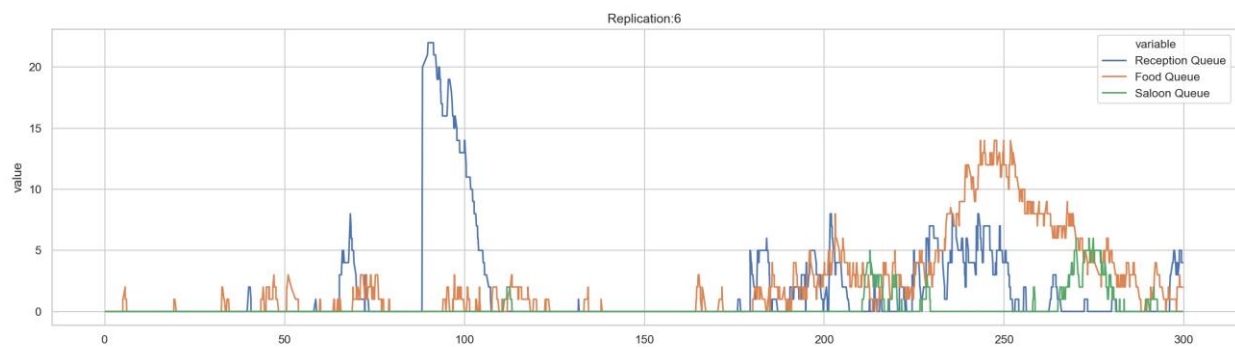
نمودار ۲۴ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 4$



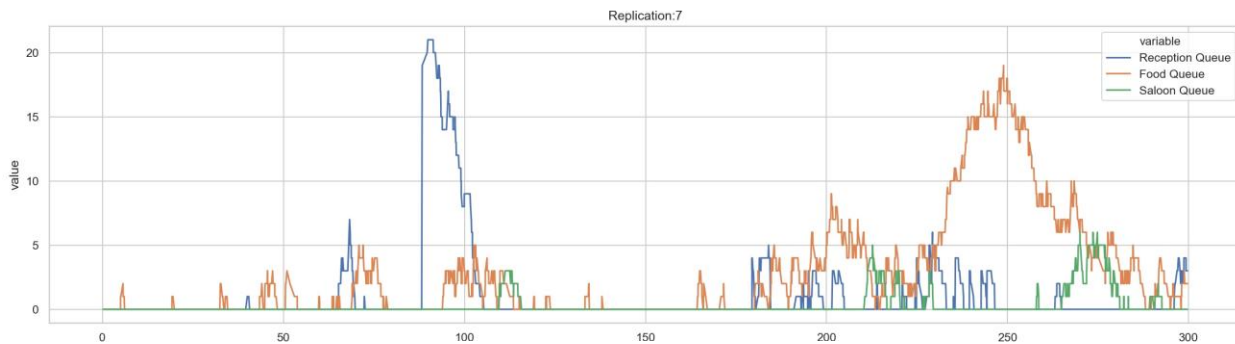
نمودار ۲۵ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 5$



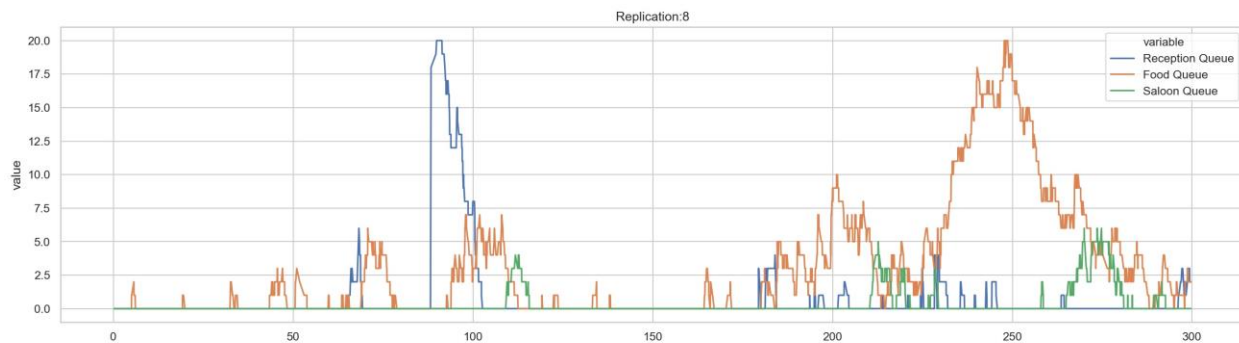
نمودار ۲۶ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 6$



نمودار ۲۷ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 7$



نمودار ۲۸ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 8$



نمودار ۲۹ - تحلیل حساسیت با $unRecOP = 9$

تعداد میزهای پذیرایی

برای تحلیل حساسیت در این مرحله، تعداد میزهای بخش صرف غذا را از مقادیر ۱۵ تا ۴۵ با گام‌های ۵-تایی تغییر می‌دهیم. (مجموعاً ۷ مرتبه)

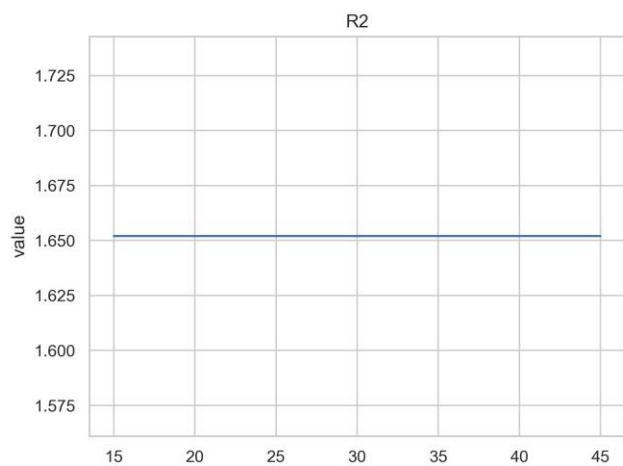
پیش‌بینی تغییرات

انتظاراتی که برای هر یک از معیارهای خواسته‌ی مدیریت داریم، با افزایش زمان استراحت به شرح زیر است:

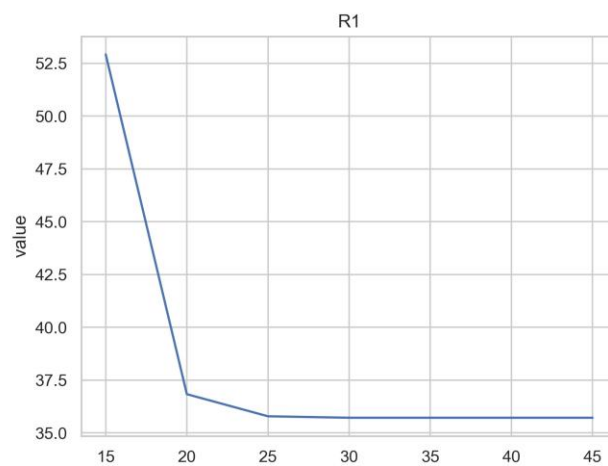
- میانگین زمان در سیستم افراد افزایش می‌یابد؛ چرا که زمان دردسترس بودن اپراتورها را کم کرده‌ایم.
- میانگین زمان انتظار در صف دریافت غذا به دلیل استقلال از سالن، ثابت می‌ماند.
- حداکثر افراد حاضر در صف سالن کاهش می‌یابد؛ چرا که سالن دیرتر پر می‌شود و ظرفیت بالاتری هم دارد.

- میانگین طول صف سالن هم به دلیل مشابه کاهش می‌یابد.
- بهره‌وری بخش پذیرش به دلیل استقلال از بخش سالن ثابت می‌ماند.
- بهره‌وری بخش دریافت غذا به دلیل مشابه ثابت می‌ماند.
- میانگین زمان تلف‌شده در صف پذیرش به دلیل مشابه ثابت می‌ماند.

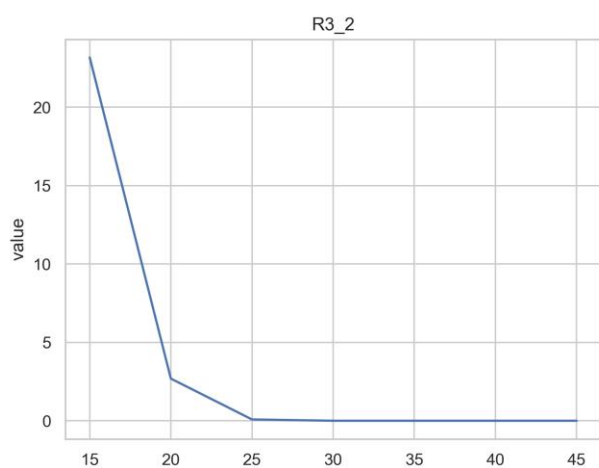
تغییرات مشاهده شده



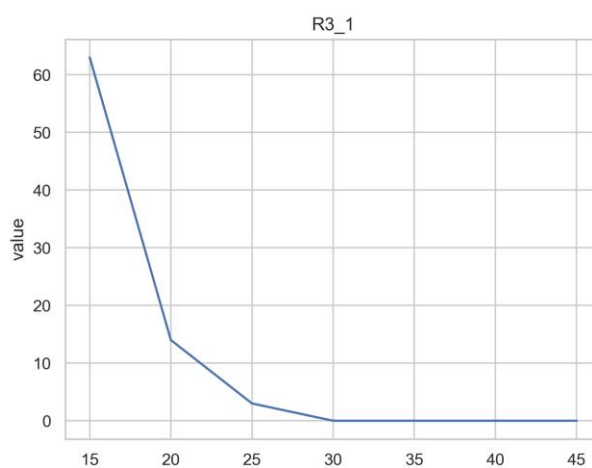
نمودار ۳۱ - میانگین زمان تلف شده در صف دریافت



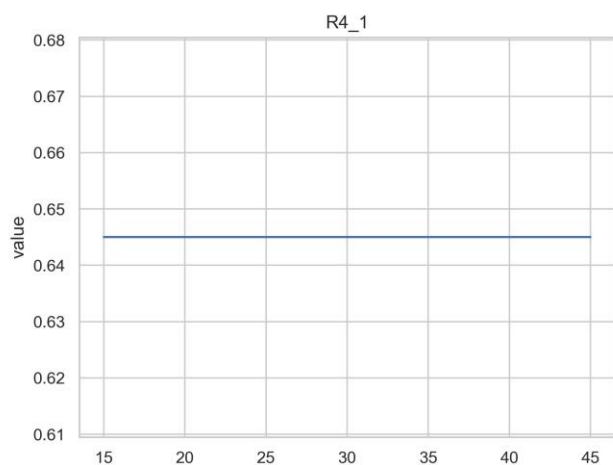
نمودار ۳۰ - میانگین زمان حضور در سیستم



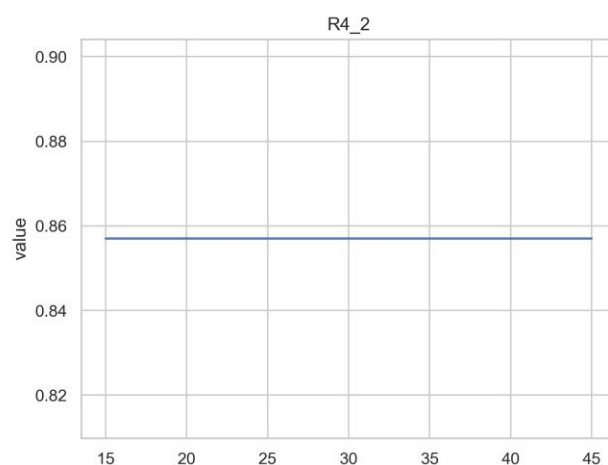
نمودار ۳۳ - میانگین افراد حاضر در صف سالن



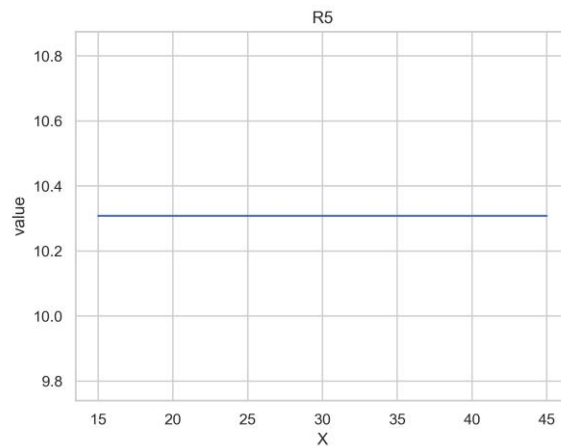
نمودار ۳۲ - حداکثر افراد حاضر در صف سالن



نمودار ۳۵ - بهره‌وری کارکنان دریافت غذا



نمودار ۳۴ - بهره‌وری کارکنان پذیرش

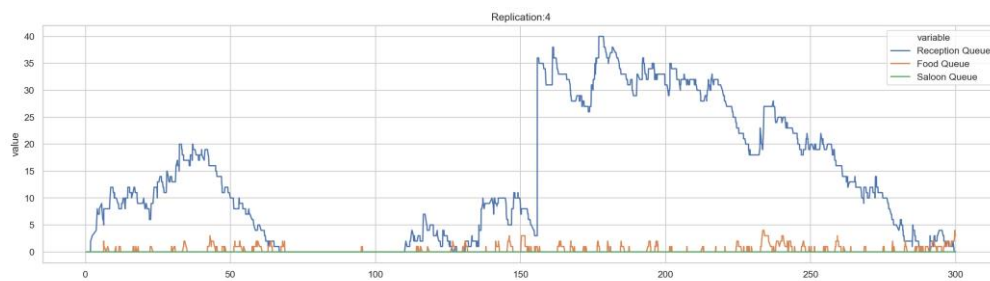


نمودار ۳۶ - زمان تلف شده در صف پذیرش

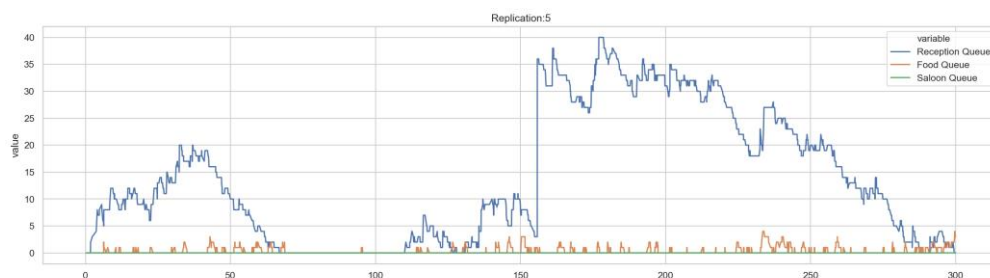
مقایسه‌ی خروجی‌ها با حدس‌های اولیه

مشاهده می‌شود که پیش‌بینی‌های صورت گرفته برای تمامی معیارها به درستی در نمودار آمده‌اند.

علاوه بر این، نتیجه‌ی شبیه‌سازی برای میزهای ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ یکسان است. از آن جایی که از هسته‌ی یکسان در تمامی این اجراها استفاده شده است، می‌توان نتیجه گرفت که تخصیص بالاتر از ۳۰ میز به رستوران، هیچ تاثیری نخواهد داشت و تنها برای ما هزینه‌زا خواهد بود.



نمودار ۳۷ - وضعیت صف‌ها با $salOP = 30$



نمودار ۳۸ - وضعیت صف‌ها با $salOP = 35$

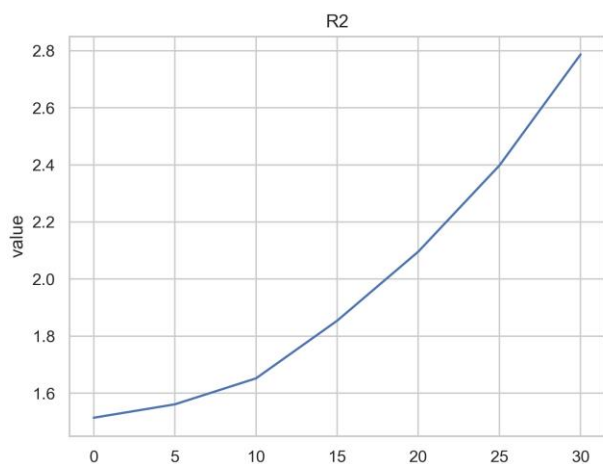
زمان استراحت

برای تحلیل حساسیت در این مرحله، زمان استراحت را از مقادیر ۱۰ تا ۲۵ با گام‌های ۳-تایی تغییر می‌دهیم.
(مجموعاً ۶ مرتبه)

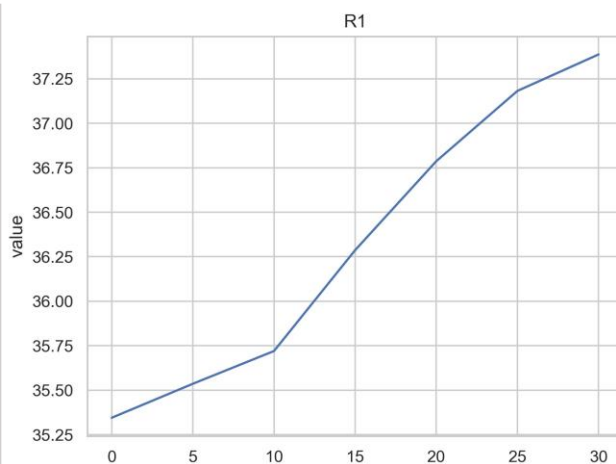
پیش‌بینی تغییرات

- میانگین زمان در سیستم افراد افزایش می‌یابد؛ چرا که زمان در دسترس بودن اپراتورها را کم کرده‌ایم.
- میانگین زمان انتظار در صف دریافت غذا به دلیل غیاب بیشتر اپراتورها افزایش می‌یابد
- حداکثر افراد حاضر در صف سالن کاهش می‌یابد؛ چرا که ارسال افراد به این بخش با سرعت کم‌تری صورت می‌گیرد.
- میانگین طول صف سالن هم به دلیل مشابه کاهش می‌یابد.
- بهره‌وری بخش پذیرش افزایش می‌یابد. چرا که غیاب اپراتورها صف بزرگ‌تری ایجاد می‌کند و این صف بزرگ، باقی اپراتورها را مشغول نگه خواهد داشت.
- بهره‌وری بخش دریافت غذا به دلیل مشابه افزایش می‌یابد.
- میانگین زمان تلف‌شده در صف پذیرش به دلیل مشابه افزایش می‌یابد.

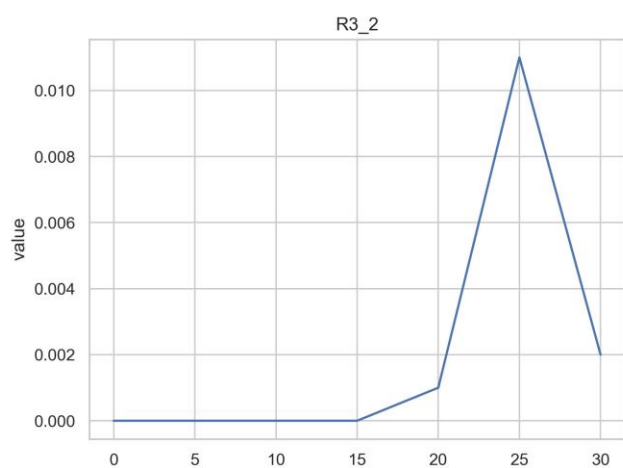
تغییرات مشاهده شده



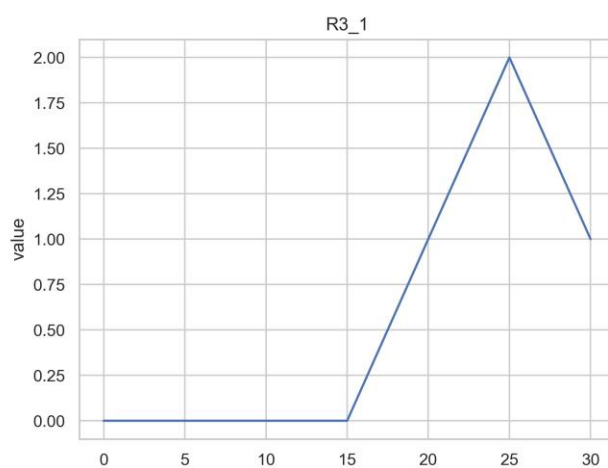
نمودار ۴۰ - میانگین زمان تلف شده در صف دریافت



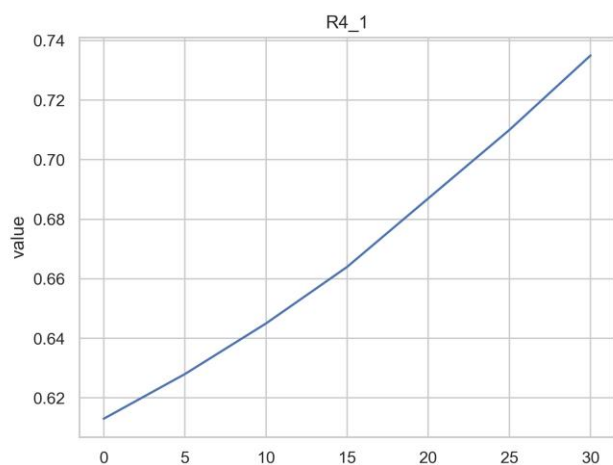
نمودار ۳۹ - میانگین زمان حضور در سیستم



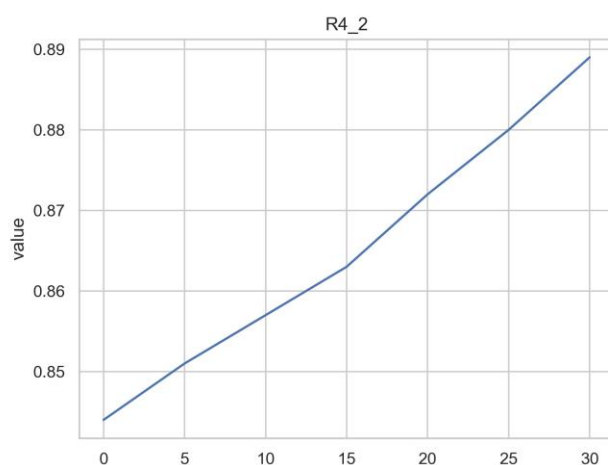
نمودار ۴۲ - میانگین افراد حاضر در صف سالن



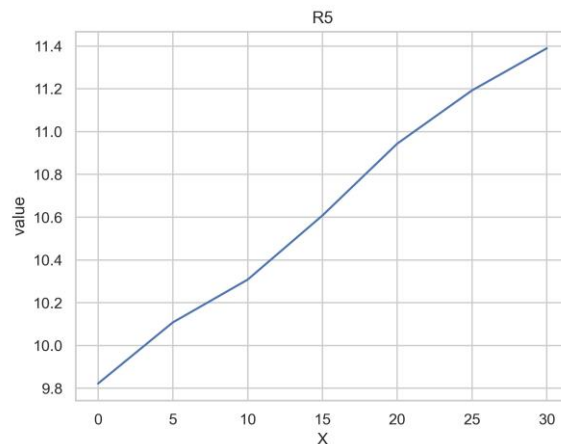
نمودار ۴۱ - حداکثر افراد حاضر در صف سالن



نمودار ۴۴ - بهره‌وری کارکنان دریافت غذا



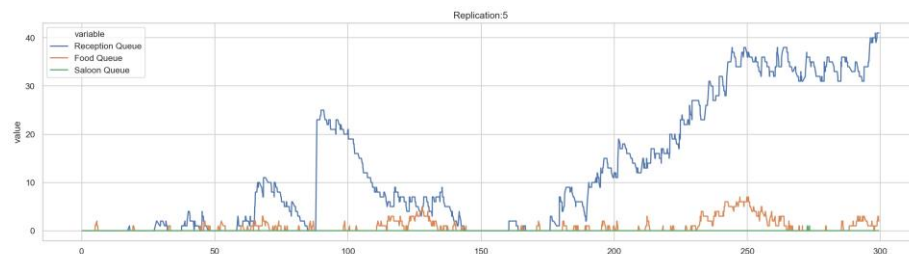
نمودار ۴۳ - بهره‌وری کارکنان پذیرش



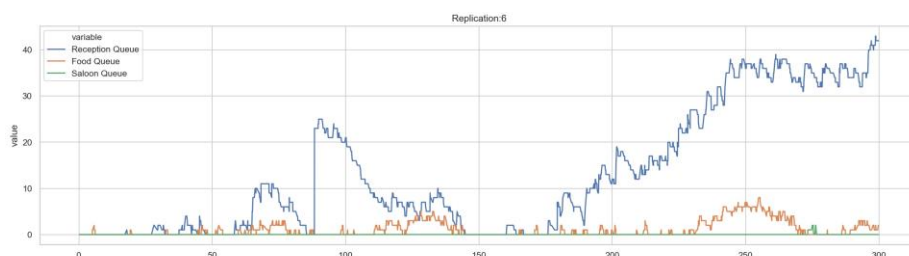
نمودار ۴۵ - زمان تلف شده در صف پذیرش

مقایسه‌ی خروجی‌ها با حدس‌های اولیه

مشاهده می‌شود که پیش‌بینی‌های صورت گرفته برای معیارهای ۱، ۲، ۴ و ۵ به درستی در نمودار آمده‌اند. برای یافتن دلیل رفتار عجیب نمودارهای خواسته‌ی ۳، به نمودار افراد در صف مراجعه می‌کنیم. با مقایسه‌ی نمودارهای ۴۶ و ۴۷ که زمان‌های استراحت‌های آن‌ها به ترتیب برابر ۲۰ و ۲۵ دقیقه است، می‌بینیم که حوالی دقیقه‌ی ۲۰۰، صف طولانی در بخش تحویل غذا (با رنگ نارنجی) تشکیل شده است. پس از بازگشت اپراتور در حوالی دقیقه‌ی ۲۵۰، تمامی این صف طولانی خدمت می‌گیرند و وارد صف سالن می‌شوند. اما به دلیل این که صف تشکیل شده با استراحت ۲۵ دقیقه‌ای به مراتب طولانی‌تر است، کل سالن را پر می‌کند و عده‌ای را در صف باقی می‌گذارد.



نمودار ۴۶ - زمان تلف شده در صف پذیرش



نمودار ۴۷ - زمان تلف شده در صف پذیرش

برآورد نقطه‌ای و فاصله‌ای

معیارهای میانگین زمان در سیستم (R1)، میانگین مدت انتظار برای دریافت (R2) و میانگین مدت تلف‌شده در صف پذیرش (R5) را برای برآوردگری انتخاب می‌کنیم. داده‌های خروجی شبیه‌سازی به شرح زیر هستند:

Replication	R1	R2	R5
1	44.66	1.707	15.108
2	31.638	1.517	3.894
3	34.764	1.597	6.294
4	32.555	1.706	4.625
5	37.249	1.605	9.204
MEAN:	36.1732	1.6264	7.825
S ²	21.76567	0.005225	16.59609
S	4.66537	0.072282	4.07383

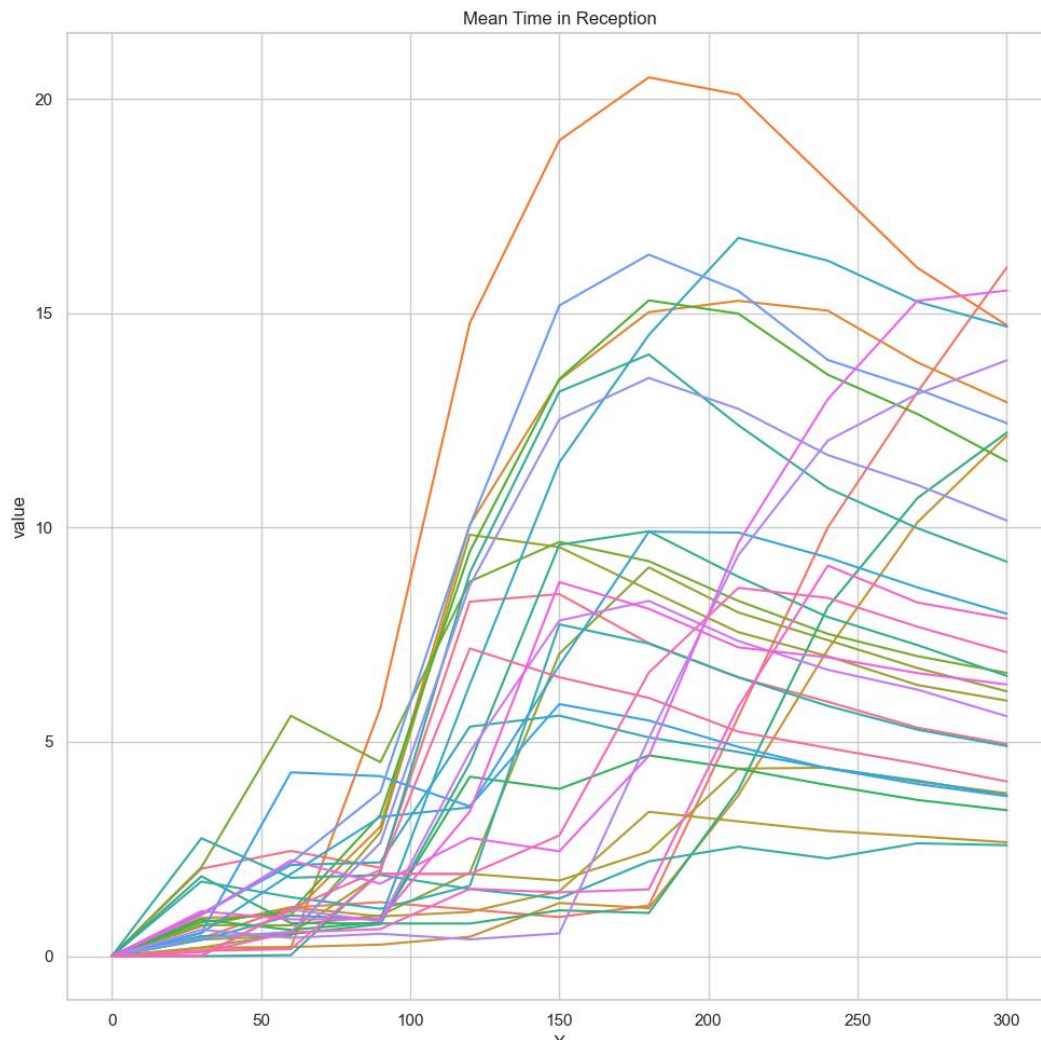
برآورد نقطه‌ای هر معیار برابر میانگین آن‌ها خواهد بود. (که در جدول بالا آمده است)

برآورد فاصله‌ای را هم با داشتن مقادیر S و میانگین به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

Request	n	$t_{0.025,4}$	\bar{X}	S	Start	End
R1	5	2.78	36.1732	4.66537	30.373	41.973
R2			1.6264	0.07227	1.537	1.716
R3			7.825	4.07383	2.760	12.890

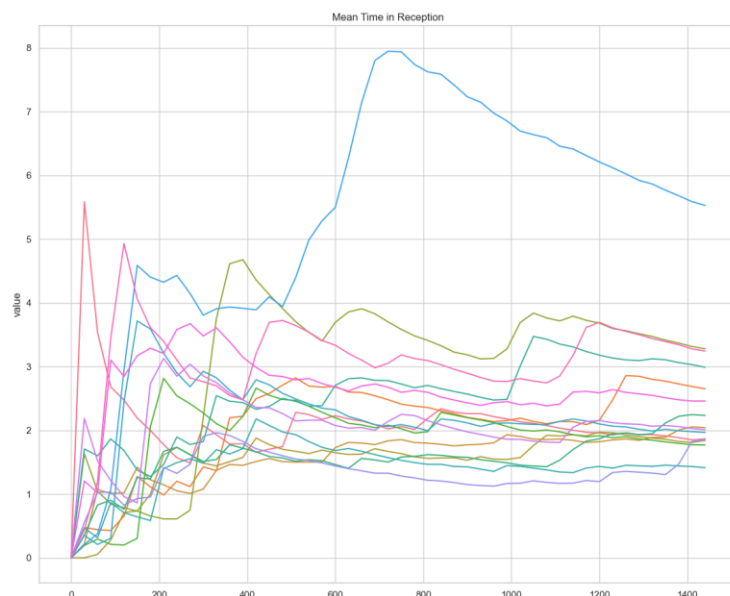
دوره‌ی سرد و گرم سیستم

در حالت عادی شبیه‌سازی (شبیه‌سازی ۵ ساعته به همراه ورود اتوبوس) امکان تعیین دوره‌ی سرد و گرم وجود ندارد. همان‌طور که نمودار زیر می‌بینیم، زمان شبیه‌سازی ما بسیار کوتاه‌تر از آن است که اثر حاصل از اتوبوس بتواند به حالت پایداری برسد. (از میانگین زمان تلف‌شده در صف برای محور عمودی تعیین نقطه‌ی سرد و گرم استفاده کرده‌ایم) هم‌چنین برای درک بهتر ادعاهای بالاتر، به جای ۵ خروجی، خروجی ۱۵ بار اجرای شبیه‌سازی را جمع‌آوری کرده‌ایم.



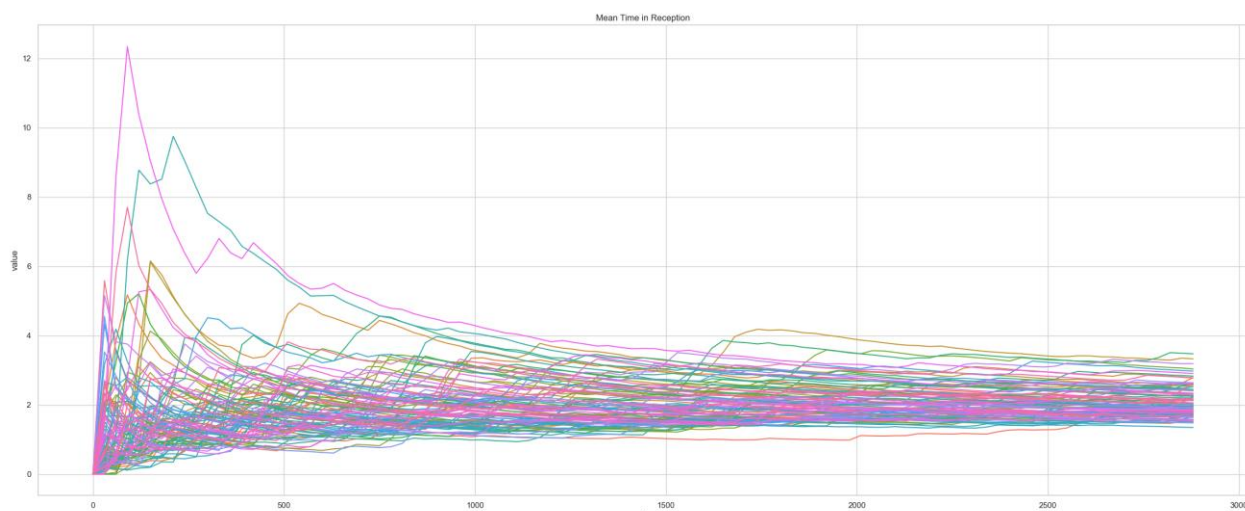
نمودار ۴۸- زمان‌های تلف‌شده در صف پذیرش

با افزایش زمان شبیه‌سازی به ۱۴۴۰ دقیقه، حذف اتوبوس و استراحت‌ها، به نمودار زیر می‌رسیم:



نمودار ۴۸ - زمان‌های تلف‌شده در صف پذیرش در طول شبانه‌روز

از روی نمودار صفحه‌ی قبل و با صرف نظر از شبیه‌سازی آبی‌رنگ، می‌توان گفت که دوره‌ی سرد سیستم در نقطه‌ای بین دقیقه‌ی ۶۰۰ و ۷۰۰ به پایان می‌رسد و دوره‌ی گرم پس از آن آغاز می‌شود.



نمودار ۴۸ - زمان‌های تلف‌شده در صف پذیرش در طول شبانه‌روز

البته که با دست‌کاری هسته، تعداد و زمان شبیه‌سازی (برای رسیدن به جواب‌های دقیق‌تر) با صرف نظر از تعداد انگشت‌شماری که رفتار ناهماهنگ دارند (تعداد کل شبیه‌سازی‌های بالا ۱۰۰ تا است) معرفی بازه‌ی ۶۰۰ تا ۷۰۰ معقول به نظر می‌رسد.

ضمیمه‌ها

تمامی فایل‌های ضمیمه شده -به جز خودِ کُد- به صورت خودکار توسط کُد پایتون تولید می‌شوند. در زیر توضیحی مختصر در مورد هر فایل آمده است:

- پوشه‌ی [excel_outputs](#): شامل فایل‌های Excel
 - [Customer Times](#): شامل میانگین زمان‌های مختلف مشتری‌های در اجراهای شبیه‌سازی. (از زمان ورود به صف پذیرش تا زمان خروج)
 - [Management Requests](#): شامل خواسته‌های پنج‌گانه، به همراه محاسبه‌ی میانگین و واریانس.
 - [Simulation Steps](#): تمامی گام‌های شبیه‌سازی، به همراه متغیرهای حالت، آماره‌های تجمعی و FEL. (همان اکسل خروجی مورد نظر)
 - [Warmup Data](#): شامل داده‌های نمودار سرد و گرم.
- پوشه‌ی [visual_outputs](#): شامل نمودارهای رسم‌شده
 - [Queue Length Charts](#): شامل نمودار تعداد افراد حاضر در هر صف در محور زمان.
 - [Sensitivity Charts](#): شامل نمودارهای تحلیل حساسیت.
 - [Warmup Charts](#): شامل نمودار سرد و گرم.
- [کد پایتون برنامه](#)
- [اکسل خروجی مورد نظر](#)

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Step	Current Event	Clock	in Rec Queue	Busy Rec Operators	Idle Rec Operators	Time for Rec to Rest?	in Food Queue	Busy Food Operators	Idle Food Operators	Time for Food to Rest?	in Saloon Queue
2	1	recQueue	0.094	0	1	4	FALSE	0	0	2	FALSE	0
3	2	recQueue	1.628	0	2	3	FALSE	0	0	2	FALSE	0
4	3	recQueue	1.671	0	3	2	FALSE	0	0	2	FALSE	0
5	4	recQueueCar	2.857	1	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0
6	5	getRec	4.082	0	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0
7	6	recQueueCar	4.368	2	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0
8	7	foodQueue	4.758	2	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
9	8	getRec	5.46	1	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
10	9	recQueue	5.573	2	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
11	10	foodQueue	5.816	2	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
12	11	recQueue	5.99	3	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
13	12	recQueueCar	6.146	5	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
14	13	getRec	6.389	4	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
15	14	getFood	6.504	4	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
16	15	getFood	6.521	4	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0
17	16	salQueue	6.526	4	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0
18	17	getRec	6.907	3	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0
19	18	salQueue	7.002	3	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0
20	19	foodQueue	7.212	3	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
21	20	foodQueue	7.255	3	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
22	21	recQueueCar	7.441	6	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
23	22	getRec	7.829	5	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
24	23	getFood	7.836	5	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
25	24	getRec	7.909	4	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
26	25	foodQueue	7.918	4	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
27	26	getFood	7.926	4	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
28	27	salQueue	8.022	4	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
29	28	foodQueue	8.129	4	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
30	29	recQueueCar	8.14	8	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
31	30	salQueue	8.211	8	5	0	FALSE	0	2	0	FALSE	0
32	31	getFood	8.73	8	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
33	32	recQueue	9.043	9	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
34	33	salQueue	9.208	9	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
35	34	getRec	9.708	8	5	0	FALSE	0	1	1	FALSE	0
36	35	getFood	9.963	8	5	0	FALSE	0	0	2	FALSE	0

نمونه‌ی اکسل خروجی