



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت

## تمرین دوم درس اصول شبیه‌سازی

اعضا:

حامد اعراب - ۹۹۲۵۰۰۳

شهریار خلوتی - ۹۹۲۵۰۱۵

استاد: دکتر عباس احمدی

تدریس‌یار: مهدی محمدی

بهار ۱۴۰۳

## فهرست

۱	مسائل
۱	مسئله یکم
۱	مسئله دوم
۲	مسئله سوم
۲	چارچوب مورد استفاده
۲	مدل سازی و حل مسئله ها
۲	مسئله یکم
۲	مسئله دوم
۳	کنترلر
۳	رویدادها
۶	مسئله سوم
۷	نتایج
۷	مسئله یکم
۷	مسئله دوم
۸	نتیجه گیری
۹	جدول گزارش عملکرد اعضای گروه

## مسائل

### مسئله یکم

برای یک مساله با ابعاد بزرگ به دنبالهای از اعداد تصادفی حداقل با طول یک میلیارد نیاز داریم. با استفاده از مولد همبستگی ترکیبی (و با انتخاب پارامترهای مناسب) دنباله‌ی مورد نظر را تولید نمایید. ۱۰۰ عدد اول دنباله را در پاسخ نامه ارائه کنید و با استفاده از آزمون‌های یکنواختی و استقلال وضعیت iid را برای دنباله ۱۰۰ تایی بررسی کنید.

اعداد تصادفی تولید شده، در مسائل بعدی استفاده بشود. روش استفاده از این اعداد را توضیح دهید.

### مسئله دوم

دانشجویان ورودی جدید دانشکده مهندسی باید برای انجام ثبت نام خود کپی مدارک مورد نیاز را تحویل دهند. این دانشکده برای راحتی دانشجویان سه دستگاه کپی (سلف) سرویس در یکی از اتاق‌ها گذاشته است. در این اتاق هر یک از دستگاه‌های کپی دارای یک صف جداگانه است که ظرفیت هر یک، فقط چهار نفر (شامل فرد در حال کپی کردن) است. دستگاه کپی در هر زمان تنها قابلیت سرویس دهی به یک نفر را دارد و بقیه باید در صف انتظار قرار بگیرند. اگر افراد بیشتری (از گنجایش اتاق) به کپی نیاز داشته باشند، می‌توانند یا بعداً به سیستم مراجعه کنند یا در بیرون اتاق در یک صف انتظار قرار بگیرند. نرخ ورود افراد به طور یکنواخت بین صفر تا دو دقیقه بوده و هر فرد به طور یکنواخت بین دو تا سه دقیقه از دستگاه کپی استفاده می‌کنند.

نمودارهای کنترل شبیه‌سازی و پیشامدهای اصلی را ترسیم نمایید (برای ۳ ساعت شبیه‌سازی). خروجی شبیه‌سازی شامل «تعداد کل دانشجویان ورودی به سیستم<sup>۱</sup>»، «درصد اشتغال هر دستگاه کپی<sup>۲</sup>»، «تعداد افراد استفاده کننده از هر دستگاه کپی<sup>۳</sup>»، «متوسط زمان خدمت‌دهی توسط هر دستگاه کپی<sup>۴</sup>»، «متوسط زمان انتظار مشتریان در هر صف<sup>۵</sup>»، و «تعداد افرادی که در بیرون اتاق کپی به انتظار می‌مانند<sup>۶</sup>» باشد.

<sup>1</sup> Total Customers Arrived (TCA)

<sup>2</sup> Utilization Percentage of the  $i^{\text{th}}$  server ( $UP_i$ )

<sup>3</sup> Total Customers Served by the  $i^{\text{th}}$  server ( $TCS_i$ )

<sup>4</sup> Average Service Time of the  $i^{\text{th}}$  server ( $AST_i$ )

<sup>5</sup> Average Waiting Time Outside (AWTO) and Average Waiting Time Inside at the  $i^{\text{th}}$  server ( $AWTI_i$ )

<sup>6</sup> Total Customers who Waited Outside (TCWO)

## مسئله سوم

### چارچوب مورد استفاده

برای این تمرین، همان چارچوبی را به کار می‌گیریم که در تمرین یکم توسعه داده و استفاده کردیم. برای توضیحات به گزارش تمرین یکم مراجعه کنید. توجه کنید که برای حل این سوالات، با توجه به قابلیت گسترش‌پذیری چارچوب، توابعی برای تولید اعداد تصادفی در کنار توابع توزیع کاربرد به آن افزوده شدند.

### مدل‌سازی و حل مسئله‌ها

#### مسئله یکم

برای تولید اعداد تصادفی، از روش هم‌نهشتی ترکیبی یا Combined Linear Congruential Method استفاده شده است. برای این مسئله،  $k=2$  در نظر گرفته شده و طبق فرمول، ابتدا دو مقدار  $y_1$  و  $y_2$  به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند، و سپس ادامه‌ی مراحل و محاسبات انجام و یک آرایه از اعداد تصادفی ساخته می‌شود. برای بهینه‌سازی کد و افزایش سرعت تولید اعداد تصادفی، از کتابخانه‌ی numba استفاده شده و کد به صورت jit (just in time) رایان می‌شود. همچنین، با توجه به تست‌ها، تولید تمام مقادیر تصادفی در ابتدای شبیه‌سازی و استفاده از آن‌ها، پرفورمنس بهتری از تولید عدد تصادفی به ازای هر iteration دارد.

#### مسئله دوم

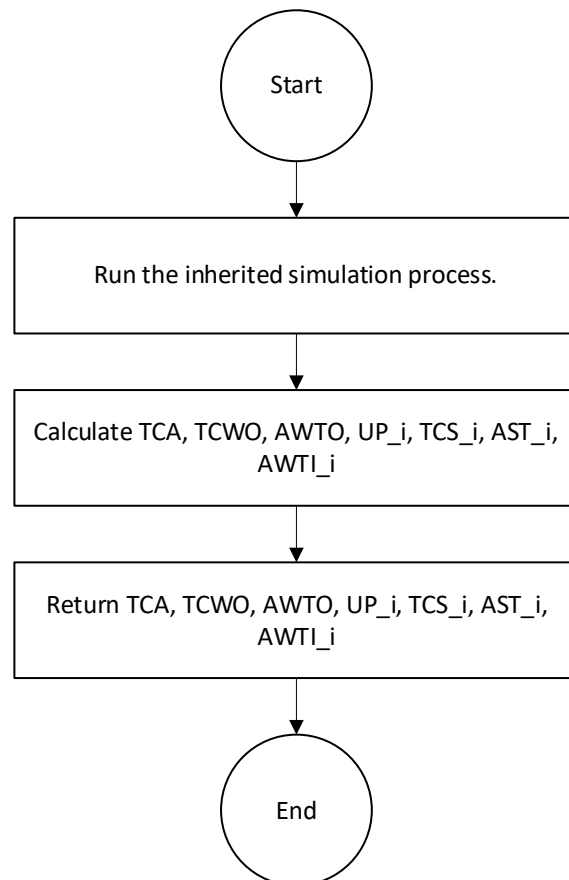
برای ساده‌سازی، این مسئله را در دو حالت بررسی می‌کنیم: با امکان تشکیل صف بیرون اتاق و بدون این امکان. توضیحات مربوط به خروجی‌هایی که نمایش داده می‌شوند را در پاورقی صفحه پیشین می‌توانید ببینید.

این سیستم دو موجودیت مختص به خود را دارد: خدمت‌دهنده و مشتری (دانشجو). خدمت‌دهنده دارای دو متغیر است: وضعیت «مشغول» یا «در دسترس» و صف (لیستی از مشتریان). مشتری نیز دارای پنج متغیر است: زمان ورود به سیستم، خدمت‌دهنده اختصاص داده شده به وی، زمان ورود به زیرسیستم خدمت‌دهنده، مدت زمان دریافت خدمت، و زمان خروج از سیستم. توجه کنید که در صورت پر بودن ظرفیت همه‌ی خدمت‌دهنده‌ها، و عدم امکان تشکیل صف بیرون اتاق، مشتری بلافاصله از سیستم خارج شده و به جز زمان ورود و زمان خروج، سایر متغیرها مقداری دریافت نمی‌کنند.

مشتریانی که از سیستم خارج می‌شوند در لیستی ذخیره شده و با استفاده از متغیرهای آن‌ها می‌توان خروجی‌های مورد نیاز شبیه‌سازی را محاسبه کرد.

### کنترلر

نمودار جریان کنترلر شبیه‌سازی را می‌توانید در شکل زیر مشاهده کنید:



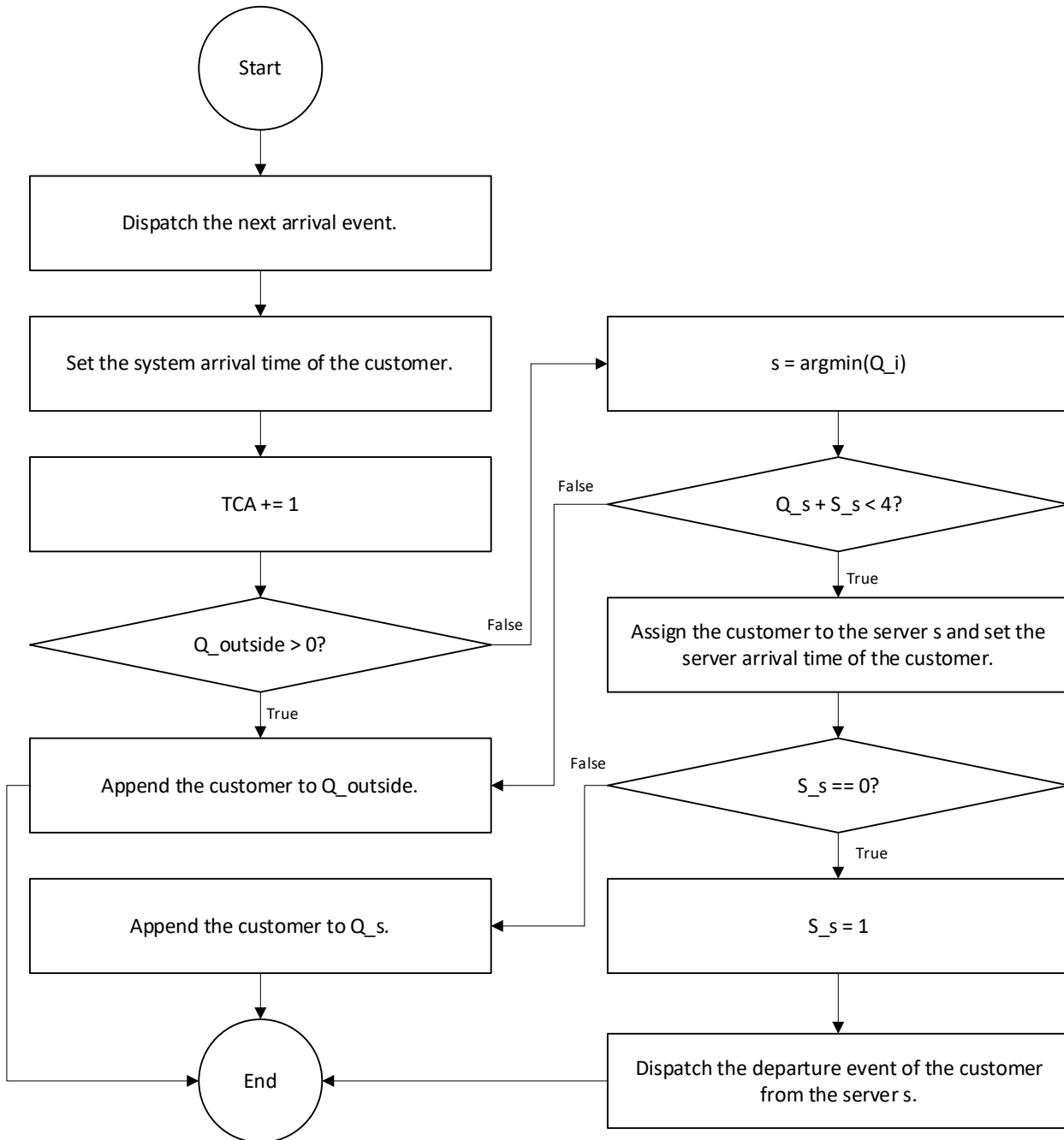
### رویدادها

برای شبیه‌سازی این سیستم، به دو رویداد نیاز داریم: ورود و خروج مشتری.

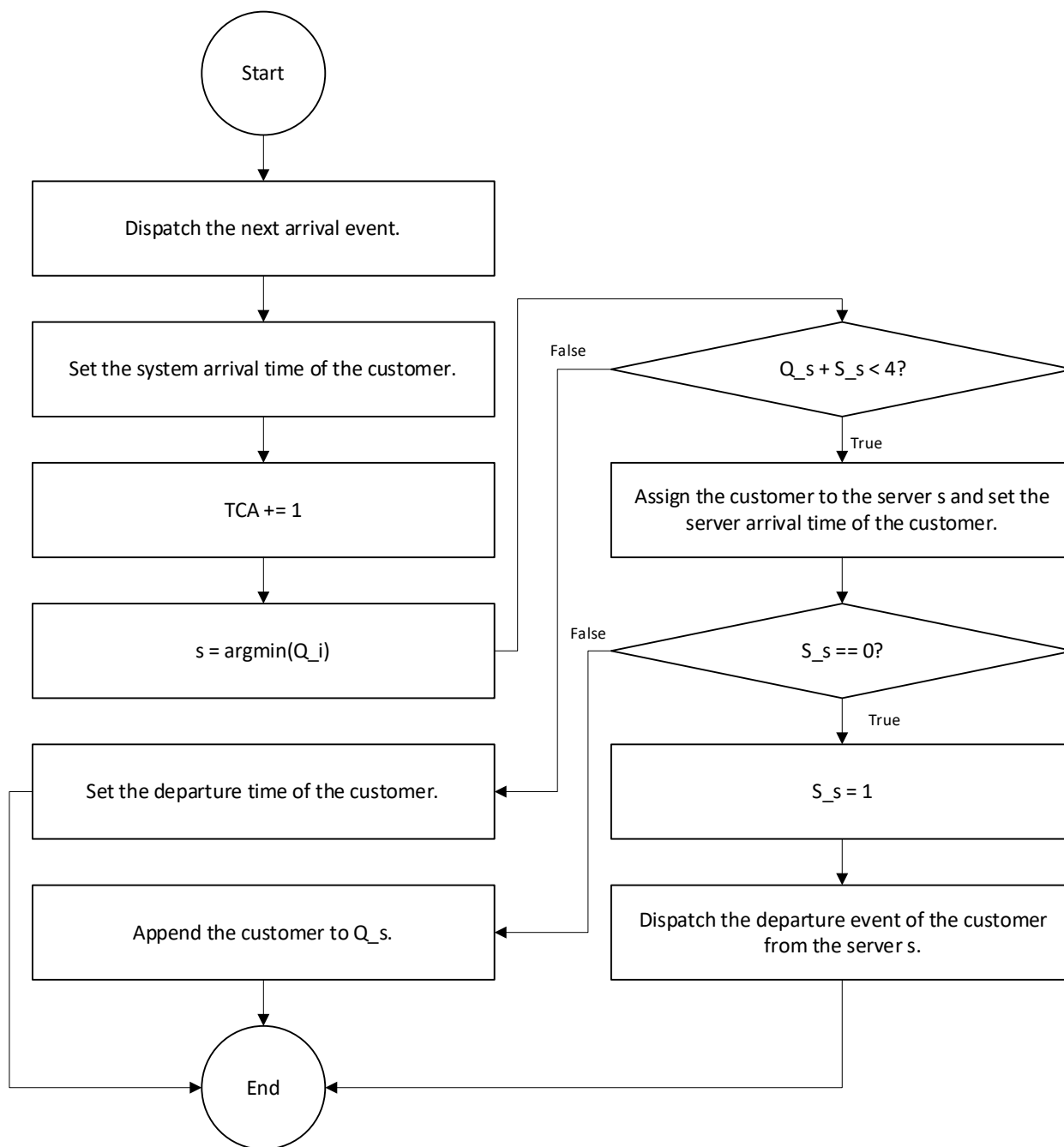
### ورود

نحوه اجرای این رویداد به امکان یا عدم امکان تشکیل صف بیرون اتاق بستگی دارد. نمودار جریان این رویداد را در هر حالت می‌توانید مشاهده کنید:

- حالت نخست: با امکان تشکیل صف بیرون اتاق



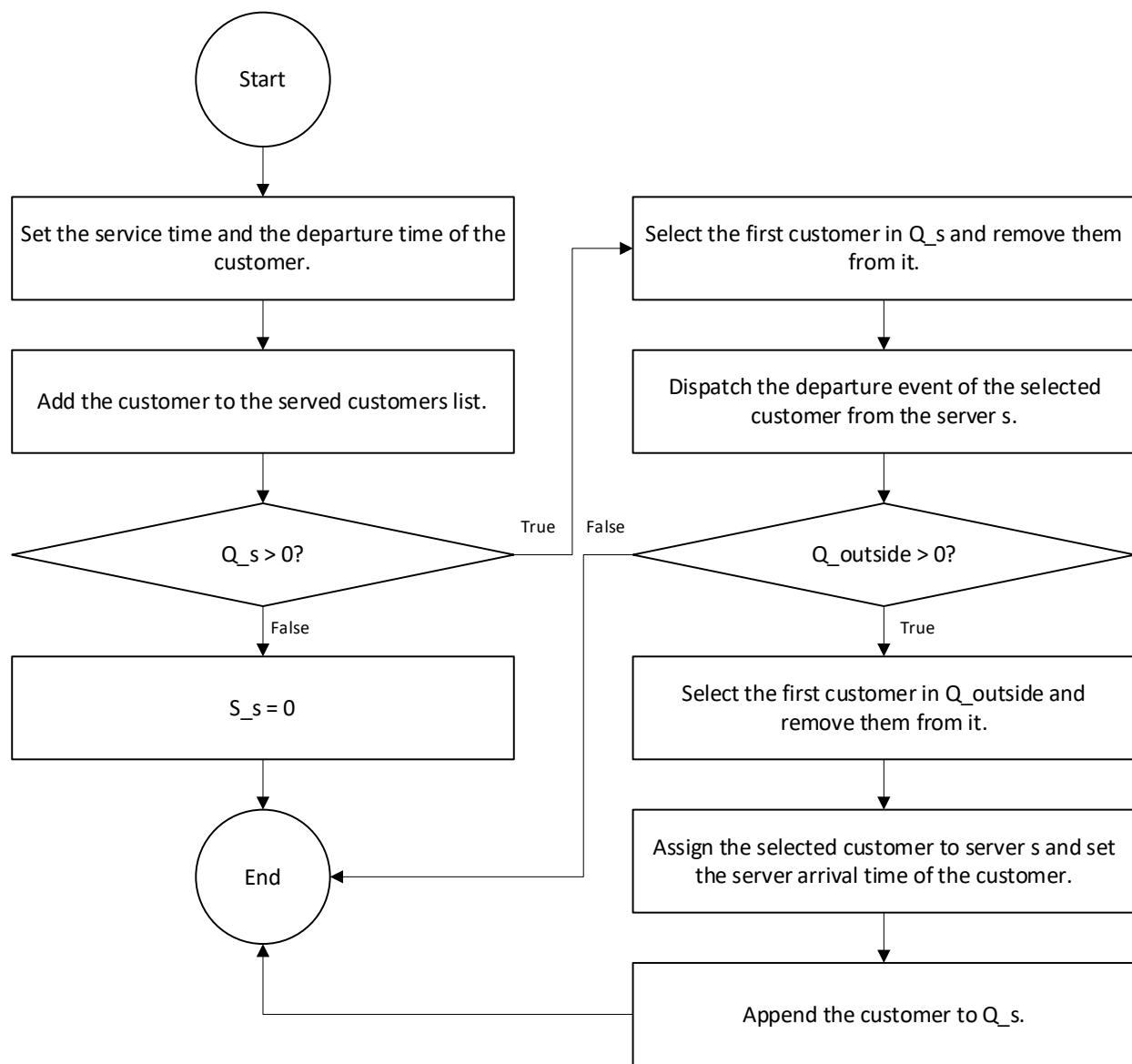
- حالت دوم: بدون امکان تشکیل صف بیرون اتاق



خروج

رویداد خروج بر خلاف رویداد ورود، مستقل از امکان تشکیل صف بیرون اتاق است. نمودار جریان آن را می‌توانید در شکل زیر

ببینید:



### مسئله سوم

در هر مرحله، مقادیر مرتبط به بار زدن، شروع حرکت، تحویل قطعات، بازگشت و انجام کار اداری با توجه به توزیع‌های داده شده محاسبه، و مجموع زمان هر روز، و کل ۲۵ روز محاسبه شده است. برای تولید مقادیر تصادفی با توزیع نرمال، از روش Direct Transform استفاده شده است.



## نتایج

## مسئله یکم

صد عدد تصادفی تولید شده:

[0.56063912 0.78178844 0.85980201 0.14031065 0.47910764 0.18101787  
0.9128697 0.57077309 0.92506822 0.25080776 0.20592685 0.8697508  
0.29647089 0.51674519 0.09011976 0.69683768 0.28363259 0.70022235  
0.09757896 0.16305358 0.45806535 0.68296219 0.79065933 0.12956687  
0.98709899 0.01568144 0.10559125 0.70211277 0.01831477 0.99069293  
0.9296515 0.7854055 0.55955385 0.15767727 0.51914878 0.39857669  
0.06630876 0.80385332 0.86243963 0.01271931 0.95780907 0.15846554  
0.38492577 0.66858097 0.79403299 0.40858859 0.94024291 0.46445737  
0.04688066 0.90617129 0.11683077 0.26963024 0.0730486 0.27118083  
0.84030439 0.38189697 0.48497382 0.39756364 0.05741864 0.59236379  
0.41336667 0.18408965 0.18116575 0.92623735 0.27023931 0.13476713  
0.53985275 0.2471223 0.1259875 0.23540069 0.52211469 0.44796447  
0.22876323 0.51372436 0.14985236 0.05227165 0.46945738 0.3396017  
0.40522564 0.00797951 0.17469589 0.28751296 0.00764469 0.43145789  
0.17270577 0.04286863 0.44232397 0.53233534 0.23412355 0.03866859  
0.04250716 0.36266764 0.11201757 0.34817178 0.90131499 0.54011603  
0.08742229 0.45259252 0.38599738 0.32286126]

## مسئله دوم

تعداد کل دانشجویان ورودی به سیستم به عنوان یکی از متغیرهای کنترلر تعریف شد. سایر خروجی‌های مورد نیاز از لیست دانشجویانی که خدمت دریافت کرده‌اند استخراج شد. توجه کنید که این لیست شامل دانشجویانی که به علت عدم امکان تشکیل صف بیرون اتاق بلافاصله از سیستم خارج شده‌اند نیز می‌باشد. جزئیات بیشتر راجع به نحوه پیاده‌سازی را در کدهای نوشته‌شده می‌توانید مشاهده کنید.

مسئله را هزار بار در هر حالت شبیه‌سازی کردیم و از خروجی‌ها میانگین گرفتیم. نتایج به شرح زیرند:

- حالت نخست: با امکان تشکیل صف بیرون اتاق:

TCA	180.494000
TCWO	0.111000

## نتیجه گیری

AWT0	0.000415
UP1	0.995250
TCS1	71.497000
AST1	2.500402
AWTI1	2.133979
UP2	0.934954
TCS2	67.187000
AST2	2.499520
AWTI2	1.469316
UP3	0.524374
TCS3	37.687000
AST3	2.499155
AWTI3	0.969162

• حالت دوم: بدون امکان تشکیل صف بیرون اتاق:

TCA	180.785000
TCWO	0.000000
AWT0	0.000000
UP1	0.994989
TCS1	71.529000
AST1	2.498625
AWTI1	2.119386
UP2	0.934079
TCS2	67.050000
AST2	2.502262
AWTI2	1.454496
UP3	0.529627
TCS3	37.981000
AST3	2.504572
AWTI3	0.958980

## نتیجه گیری

از مسئله دوم نتیجه می گیریم که حتی در صورت امکان تشکیل صف بیرون اتاق، در اکثر مواقع نیاز نیست دانشجویی بیرون اتاق منتظر بماند. زیرا آهنگ خدمت دهی کمی بیشتر از آهنگ ورود دانشجویان به سیستم است. این را می توان از درصد زمان اشتغال دستگاه دوم و سوم (۹۳٪ و ۵۳٪) فهمید. برای اعتبارسنجی نتایج نیز می توانیم ببینیم که مطابق انتظار، تعداد دانشجویان ورودی برابر ۱۸۰ دقیقه و متوسط زمان دریافت خدمت برابر ۲.۵ دقیقه است. همچنین با توجه به این که با دستگاه ها به صورت ترتیبی برخورد شده و در صورت بیکار بودن همه دستگاه ها، اولویت با شماره ی کمتر است، مقادیر درصدهای اشتغال نیز به ترتیب شماره ی دستگاه ها است (۹۹٪، ۹۳٪، و ۵۳٪).

## جدول گزارش عملکرد اعضای گروه

نام	شماره دانشجویی	وظایف		
		مسئله ۱	مسئله ۲	مسئله ۳
حامد اعراب	۹۹۲۵۰۰۳		■	
شهریار خلوتی	۹۹۲۵۰۱۵	■		■