  
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)  
دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت

تمرین دوم درس اصول شبیه‌سازی

اعضا:  
حامد اعراب – 9925003  
شهریار خلوتی – 9925015

استاد: دکتر عباس احمدی  
تدریس‌یار: مهدی محمدی

بهار 1403

**فهرست**

[مسائل 1](#_Toc167400997)

[مسئله یکم 1](#_Toc167400998)

[مسئله دوم 1](#_Toc167400999)

[مسئله سوم 2](#_Toc167401000)

[چارچوب مورد استفاده 2](#_Toc167401001)

[مدل‌سازی و حل مسئله‌ها 2](#_Toc167401002)

[مسئله یکم 2](#_Toc167401003)

[مسئله دوم 2](#_Toc167401004)

[کنترلر 3](#_Toc167401005)

[رویدادها 3](#_Toc167401006)

[مسئله سوم 6](#_Toc167401007)

[نتایج 7](#_Toc167401008)

[مسئله یکم 7](#_Toc167401009)

[مسئله دوم 7](#_Toc167401010)

[نتیجه‌گیری 8](#_Toc167401011)

[جدول گزارش عملکرد اعضای گروه 9](#_Toc167401012)

# مسائل

## مسئله یکم

برای یک مساله با ابعاد بزرگ به دنبالهای از اعداد تصادفی حداقل با طول یک میلیاردنیاز داریم. با استفاده از مولد همنهشتی ترکیبی (و با انتخاب پارامترهای مناسب) دنباله‌ی مورد نظر راتولید نمایید. 100 عدد اول دنباله را در پاسخ نامه ارائه کنید وبا استفاده از آزمون‌های یکنواختی و استقالل وضعیت iid را برای دنباله 100تایی بررسی کنید.

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

## مسئله دوم

دانشجویان ورودی جدید دانشکده مهندسی باید برای انجام ثبت‌نام 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 سرویس‌دهی 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 بعدا 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 3 ساعت شبیه‌سازی). خروجی شبیه‌سازی شامل «تعداد کل دانشجویان ورودی به سیستم[[1]](#footnote-1)»، «درصد اشتغال هر دستگاه کپی[[2]](#footnote-2)»، «تعداد افراد استفاده کننده از هر دستگاه کپی[[3]](#footnote-3)»، «متوسط زمان خدمتدهی توسط هر دستگاه کپی[[4]](#footnote-4)»، «متوسط زمان انتظار مشتریان در هر صف[[5]](#footnote-5)»، و «تعداد افرادی که در بیرون اتاق کپی به انتظار می‌مانند[[6]](#footnote-6)» باشد.

## 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 گرقته شده و طبق فرمول، ابتدا دو مقدار y1 و y2 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) ران می‌شود. همچنین، با توجه به تست‌ها، تولید تمام مقادیر تصادفی در ابتدای شبیه سازی 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 «دردسترس») و صف (لیستی از مشتریان). مشتری نیز دارای پنج متغیر است: زمان ورود به سیستم، خدمت‌دهنده اختصاص‌داده‌شده به وی، زمان ورود به زیرسیستم خدمت‌دهنده، مدت زمان دریافت خدمت، و زمان خروج از سیستم. توجه کنید که در صورت پربودن 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 25 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 شریح زیرند:

* حالت نخست: با امکان تشکیل صف بیرون اتاق:

TCA 180.494000

TCWO 0.111000

AWTO 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

AWTO 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

# نتیجه‌گیری

از مسئله دوم نتیجه می‌گیریم که حتی در صورت امکان تشکیل صف بیرون اتاق، در اکثر مواقع نیاز نیست دانشجویی بیرون اتاق منتظر بماند. زیرا آهنگ خدمت‌دهی کمی بیشتر از آهنگ ورود دانشجویان به سیستم است. این را می‌توان از درصد زمان اشتغال دستگاه دوم و سوم (93% و 53%) فهمید. برای اعتبارسنجی نتایج نیز می‌توانیم ببینیم که مطابق انتظار، تعداد دانشجویان ورودی برابر 180 دقیقه و متوسط زمان دریافت خدمت برابر 2.5 دقیقه است. همچنین با توجه به این که با دستگاه‌ها به صورت ترتیبی برخورد شده و درصورت بیکار بودن همه دستگاه‌ها، اولویت با شماره‌ی کمتر است، مقادیر درصدهای اشتغال نیز به ترتیب شماره‌ی دستگاه‌ها است (99%، 93%، و 53%).

# جدول گزارش عملکرد اعضای گروه

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام** | **شماره دانشجویی** | **وظایف** | | |
| مسئله 1 | مسئله 2 | مسئله 3 |
| حامد اعراب | 9925003 |  |  |  |
| شهریار خلوتی | 9925015 |  |  |  |

1. Total Customers Arrived (TCA) [↑](#footnote-ref-1)
2. Utilization Percentage of the *i*th server (UPi) [↑](#footnote-ref-2)
3. Total Customers Served by the *i*th server (TCSi) [↑](#footnote-ref-3)
4. Average Service Time of the *i*th server (ASTi) [↑](#footnote-ref-4)
5. Average Waiting Time Outside (AWTO) and Average Waiting Time Inside at the *i*th server (AWTIi) [↑](#footnote-ref-5)
6. Total Customers who Waited Outside (TCWO) [↑](#footnote-ref-6)