

به نام خدا



شبیه‌سازی کامپیوتری

دکتر بردیا صفایی

پروژه پایانی

ترم پاییز ۱۴۰۲

## توضیحات اولیه

در این پروژه، شما باید یک سیستم سرویس‌دهی را شبیه‌سازی کنید. این سیستم، شامل تعدادی کارمند برای سرویس‌دهی و مشتری‌هایی است که از سرویس‌های ارائه شده استفاده می‌کنند.

برای پیاده‌سازی زبان مورد استفاده آزاد است ولی پیشنهاد ما زبان Python با استفاده از Jupyter Notebook است. همچنین توجه کنید که برای پیاده‌سازی از کتابخانه‌های مرتبط با صف استفاده نکنید. کتابخانه‌هایی مثل Numpy در پایتون و مانند آن در زبان‌های دیگر آزاد هستند.

## توصیف سیستم

شما قرار است سیستم سرویس‌دهی یک شرکت را پیاده کنید. این شرکت تعدادی کارمند دارد که هر کدام توانایی انجام تعدادی وظیفه‌ی مشخص را دارند. به عبارتی دیگر، هر کارمند در هر لحظه فقط مشغول انجام یک نوع وظیفه است ولی می‌تواند در زمان‌های مختلف مشغول وظایف متفاوتی باشد. از طرفی چند کارمند می‌توانند یک نوع وظیفه را انجام دهند و متقاضیان آن خدمت می‌توانند بین کارمندان تقسیم شوند.

## خدمات

خدمات ارائه شده توسط این شرکت به شرح زیر است:

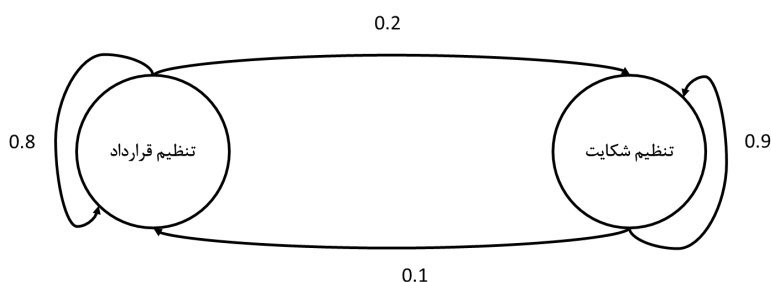
نوع خدمت	میانگین زمان سرویس‌دهی
تنظیم قرارداد	۳۰ دقیقه
تنظیم شکایت	۲۵ دقیقه
تایید مدارک	۱۰ دقیقه
ثبت درخواست کارشناسی	۵ دقیقه
ثبت درخواست بازبینی	۱۰ دقیقه

توجه فرمایید که زمان سرویس‌دهی تمام سرویس‌ها از توزیع نمایی با میانگین ذکر شده پیروی می‌کنند.

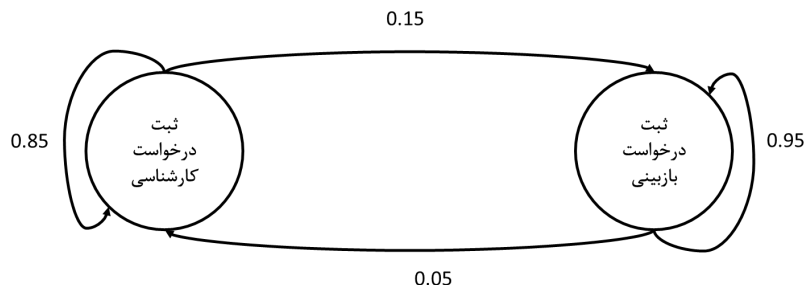
## تغییر وظیفه توسط کارمند

همانطور که گفته شد، هر کارمند می‌تواند بین وظایف مختلف جابه‌جا شود. در این شرکت، سه دسته کارمند مختلف A و B و C وجود دارد. کارمندان هر دسته، از یک الگوی خاص برای جابجایی بین وظایف پیروی می‌کنند.

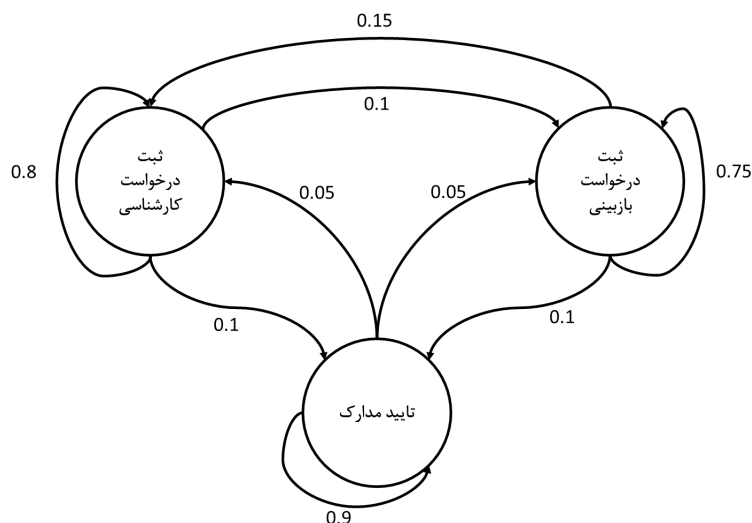
### دسته‌ی A



### دسته‌ی B



### دسته‌ی C



با توجه به فرضیات ارائه شده، ممکن است که یک کارمند در حال انجام کار یک مشتری باشد ولی در لحظه‌ی بعدی، کار خود را عوض کند. در این حالت، مشتری منتظر می‌ماند تا یک کارمند جدید به مجموعه‌ی کارمندان ارائه‌دهنده‌ی خدمت مورد نظر او اضافه شود یا یکی از کارمندهای فعلی این مجموعه که مشغول کار مشتری دیگری است، کارش به اتمام برسد.

دقت کنید که برای هر یک از خدمت‌های ارائه شده، یک صف واحد وجود دارد و هر مشتری که در وضعیت انتظار برای آن خدمت قرار می‌گیرد، به انتهای این صف اضافه می‌شود. در صورت وجود داشتن کارمند بی‌کار برای یک خدمت، با توجه به سیاست صف مربوطه، یک مشتری به آن کارمند تخصیص داده می‌شود.

توجه کنید که کارمندان دسته‌ی A پس از هر ۵ دقیقه حالت خود در نمودار داده شده را عوض می‌کنند. همین مورد برای کارمندان دسته‌ی B برابر با ۷ دقیقه و برای کارمندان دسته‌ی C برابر با ۱۰ دقیقه است. همچنین تعداد کارمندان در هر کدام از دسته‌ها (A و B و C) یکسان هستند و این تعداد را باید ورودی بگیرید. برای مثال اگر ورودی کد شما برای این پارامتر برابر با عدد ۲ بود، این یعنی از هر کدام از دسته‌های گفته شده، دو عدد کارمند وجود دارد.

### مشتریان

مشتریان با توجه به خدمتی که نیاز دارند به صف مرتبط با درخواستشان می‌روند. یک مشتری در دو حالت وارد صف می‌شود: ۱) یا مشتری قدیمی است و کارمندی مشغول انجام خدمت مورد نظر او بوده است و حالا تغییر وضعیت داده، بنابراین مشتری به ته صف خدمتش می‌رود. ۲) یک مشتری کاملاً جدید که قبلاً در سیستم نبوده است وارد سیستم می‌شود.

توزیع زمان بین ورود مشتری جدید به سیستم، برای خدمات مختلف، طبق جدول زیر تعیین می‌شود:

نوع خدمت مشتری	توزیع	واحد خروجی توزیع	سیاست صف
تنظیم قرارداد	نرمال با میانگین ۴۰ و واریانس ۳۶	دقیقه	SPT
تنظیم شکایت	نمایی با پارامتر ۰.۵	ساعت	FIFO
تأیید مدارک	گاما با $\Theta$ برابر با ۱ و $\beta$ برابر با ۲	ساعت	FIFO
ثبت درخواست کارشناسی	نمایی با پارامتر ۰.۰۶	دقیقه	SPT
ثبت درخواست بازبینی	نرمال با میانگین ۱۵ و واریانس ۳۶	دقیقه	SIRO

## ورودی‌ها

دو تا عدد به عنوان ورودی به برنامه‌ی شما داده می‌شود. عدد اول تعداد کارمندان هر دسته است (همان‌طور که گفته شد تعداد کارمندان تمام دسته‌ها یکسان هستند). عدد دوم کل زمانی است که شبیه‌سازی باید اجرا شود.

## معیارهای خروجی

معیارهای زیر را برای تمامی صف‌ها (۵ صف خدمات مختلف) ارائه دهید. (در جاهایی که تحلیل از شما خواسته شده، تحلیل کوتاه و مفید حتی در حد comment در کد نیز کفایت می‌کند):

- زمان بین ورود مشتریان را ذخیره کنید. برای مثال  $A_n$  نشان‌دهنده‌ی زمان بین ورود مشتری  $n$  و  $n - 1$  است. حال نمودار (line chart) مربوط به  $A_1$  تا  $A_n$  را رسم کنید. نمودار را تحلیل کنید.
- زمان سرویس داده شده به هر مشتری را ذخیره کنید. برای مثال  $S_n$  نشان‌دهنده‌ی مدت زمان سرویس داده شده به مشتری  $n$ ام است. حال نمودار (line chart) مربوط به  $S_1$  تا  $S_n$  را رسم کنید.
- مدت زمانی که هر مشتری در سیستم (از ابتدای ورود به صف تا وقتی که سرویس بگیرد و از سیستم خارج شود). صرف کرده را ذخیره کنید. برای مثال  $W_n$  نشان‌دهنده‌ی مدت زمانی است که مشتری  $n$ ام در سیستم بوده است. حال نمودار (line chart) مربوط به  $W_1$  تا  $W_n$  را رسم کنید. نمودار را تحلیل کنید.
- مدت زمانی که هر مشتری در صف صرف کرده را ذخیره کنید. برای مثال  $W_n^Q$  نشان‌دهنده‌ی مدت زمانی است که مشتری  $n$ ام در صف بوده است. حال نمودار (line chart) مربوط به  $W_1^Q$  تا  $W_n^Q$  را رسم کنید. نمودار را تحلیل کنید.
- تعداد مشتریانی که در سیستم در هر لحظه هستند را ذخیره کنید. برای مثال  $L(t)$  نشان‌دهنده‌ی تعداد مشتریانی است که در لحظه‌ی  $t$  در سیستم بوده‌اند. حال نمودار (line chart) مربوط به  $L(t)$  را رسم کنید. نمودار را تحلیل کنید (توجه داشته باشید که این نمودار و نمودار بعدی به لحاظ زمانی گسسته هستند و نیازی نیست که پارامتر زمان را برای آن به صورت پیوسته در نظر بگیرید).
- تعداد مشتریانی که در صف در هر لحظه هستند را ذخیره کنید. برای مثال  $L^Q(t)$  نشان‌دهنده‌ی تعداد مشتریانی است که در لحظه‌ی  $t$  در صف بوده‌اند. حال نمودار (line chart) مربوط به  $L^Q(t)$  را رسم کنید. نمودار را تحلیل کنید.

- میانگین‌های موارد  $L(t)$ ،  $L^Q(t)$ ،  $W_n$  و  $W_n^Q$  را به صورت عدد خروجی دهید.

تمام موارد بالا در اسلایدهای درس به طور کامل‌تر، به جهت رجوع، توضیح داده شده‌اند.

علاوه بر موارد بالا، برای هر کارمند یک pie chart رسم کنید. هر بخش از نمودار نشان می‌دهد که هر کارمند در چند درصد زمان، در هر خدمت مشخص، مشغول بوده است.

### توضیحات نهایی

شما در پیاده‌سازی پروژه می‌توانید واحد زمانی خود را یکی از واحدهای ثانیه یا دقیقه یا ضرایب کوچکی (از ۱ تا ۱۰) از آن‌ها در نظر بگیرید، طوری که دقت کافی را برای شبیه‌سازی توزیع‌های زمانی مطرح شده در شرح پروژه را داشته باشید.

توجه کنید که لازم نیست کد شما کل شبیه‌سازی را در زمان واقعی انجام دهد. به این معنی که فرضاً اگر زمان سرویس‌دهی به یک مشتری نیم ساعت شد، طبیعتاً، نیاز نیست که برنامه‌ی شما نیم ساعت در حال اجرا باشد:).