



# اصول شبیه‌سازی

پاییز ۱۴۰۳

استاد: دکتر نفیسه صدقی

دستیار آموزشی: عرفان امانی بنی

دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده مهندسی صنایع

مهلت ارسال: ۲۵ آبان ۱۴۰۳

فاز اول

پروژه

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- پروژه در تیم‌های یک یا دو نفره قابل انجام است. برای انجام پروژه نیز هر تیم می‌توانند مجموعاً ۷ روز تاخیر در تحويل فازها داشته باشد. برای تیم‌های تک نفره این میزان ۱۰ روز است.
- به ازای هر روز تاخیر مزاد بر تاخیر مجاز در ارسال پروژه، ۱۰ درصد از نمره پروژه کسر خواهد شد. این کسر نمره به صورت ساعت محاسبه می‌شود.
- لطفاً گزارش فاز اول پروژه‌ی خود را مطابق با استانداردهایی که در صفحه‌ی درس بارگذاری خواهد شد تحويل دهید.
- سوالات خود در مورد پروژه را از طریق ارسال ایمیل به erfani.amani@sharif.edu مطرح کنید.

## طرح مسئله

بیمارستانی را در نظر بگیرید که از هفت بخش تشکیل شده است. این بخش‌ها عبارتند از:

۱. بخش بستری پیش از عمل
۲. اورژانس
۳. آزمایشگاه – محل انجام آزمایش‌های اولیه
۴. اتاق‌های عمل – جراحی بیماران
۵. بخش عمومی – برای بیماران با جراحی‌های ساده و پس از بهبود بیماران ICU و CCU
۶. بخش مراقبت‌های ویژه – (ICU) مخصوص بیمارانی با شرایط خاص یا جراحی‌های پیچیده
۷. بخش مراقبت‌های ویژه قلبی – (CCU) مخصوص بیماران قلبی

منابع موجود در این سیستم بر اساس تعداد تخت‌های موجود سنجیده می‌شوند و سایر منابع مانند تجهیزات و کادر پزشکی متناسب با تعداد تخت‌ها فراهم است. این هفت بخش به ترتیب دارای ۲۵، ۱۰، ۳، ۴۰، ۵۰، ۱۰ و ۵ تخت هستند. پذیرش بیماران در این بیمارستان به صورت غیرمت مرکز در بخش بستری پیش از عمل و اورژانس انجام می‌شود و از جزئیات این فرایند در تحلیل سیستم صرف نظر شده است.

در این بیمارستان، دو دسته بیمار برای جراحی مراجعه می‌کنند. دسته اول بیمارانی موسوم به بیماران انتخابی<sup>۱</sup> که به پزشک معالج خود مراجعه کرده و پزشک بعد از تشخیص نیاز بیمار به جراحی، وقتی را برای جراحی بیمار در نظر می‌گیرد. دسته دوم بیماران غیرانتخابی<sup>۲</sup> هستند که به شکل فوری و ضروری باید جراحی شوند و نسبت به بیماران انتخابی اولویت دارند. بیماران انتخابی یک روز پیش از عمل جراحی در بخش پیش از جراحی بستری می‌شوند و زمانی

<sup>۱</sup> Elective

<sup>۲</sup> Non-elective

که اتاق عمل خالی و آماده باشد، به اتاق عمل منتقل می‌شوند. در مقابل، بیماران ضروری به محض ورود به بیمارستان، در صورت آماده بودن اتاق عمل، بلا فاصله و با اولویت بالاتر از سایر بیماران تحت عمل جراحی قرار می‌گیرند. برای سهولت بیان مسئله، در ادامه به بیماران انتخابی، "بیماران عادی" و به بیماران غیرانتخابی، "بیماران ضروری" گفته خواهد شد.

هر بیماری که وارد بیمارستان می‌شود به احتمال ۷۵٪ عادی است. ورود بیماران به این بیمارستان بر اساس توزیع پواسون با نرخ‌های یک و چهار نفر در ساعت به ترتیب برای بیماران عادی و بیماران ضروری انجام می‌شود؛ همچنین به علت وقوع حوادث جمعی، حدود ۵٪ درصد از بیماران ضروری به صورت گروهی وارد می‌شوند که ورود آن‌ها منوط به وجود ظرفیت خالی اورژانس است و تعداد هر گروه توزیع یکنواختی گستره‌ای بین ۲ تا ۵ نفر دارد. با توجه به امکانات ذخیره بیمارستان، حداکثر به میزان ۱۰ بیمار می‌تواند در صفحه ورود به بخش اورژانس و در آمبولانس‌ها نگهداری شود تا تختی در بخش اورژانس خالی شود. قبل از عمل جراحی، آزمایش‌هایی از جمله آزمایش خون و قند باید در بخش آزمایشگاه از بیماران گرفته شود که در آزمایشگاه، بیماران ضروری نسبت به بیماران عادی در آزمایشگاه نیز اولویت دارند. بیماران پس از بستری در بخش پیش از عمل یا اورژانس باید حدود ۶۰ و ۱۰ دقیقه به ترتیب جهت کارهای اداری منتظر باشند و سپس به آزمایشگاه منتقل شوند. بیماران بستری در بخش پیش از جراحی، پس از انجام آزمایش‌ها به تخت خود بازگشته و به مدت ۲ روز بستری شده و سپس برای عمل جراحی به اتاق عمل منتقل می‌شوند. بیماران ضروری مدتی بعد از آزمایش که توزیع مثلثی با کمینه، میانگین و بیشینه به ترتیب ۵، ۷۵ و ۱۰۰ دقیقه دارد به اتاق عمل منتقل می‌شوند. زمان آماده‌سازی اتاق عمل بعد از هر پایان عمل قبلی ۱۰ دقیقه و مدت زمان انجام آزمایش‌ها برای هر دو گروه بیماران از توزیع یکنواخت بین ۳۲ تا ۲۸ دقیقه است. عمل‌های جراحی بر اساس پیچیدگی و مدت زمان عمل به سه دسته تقسیم می‌شوند:

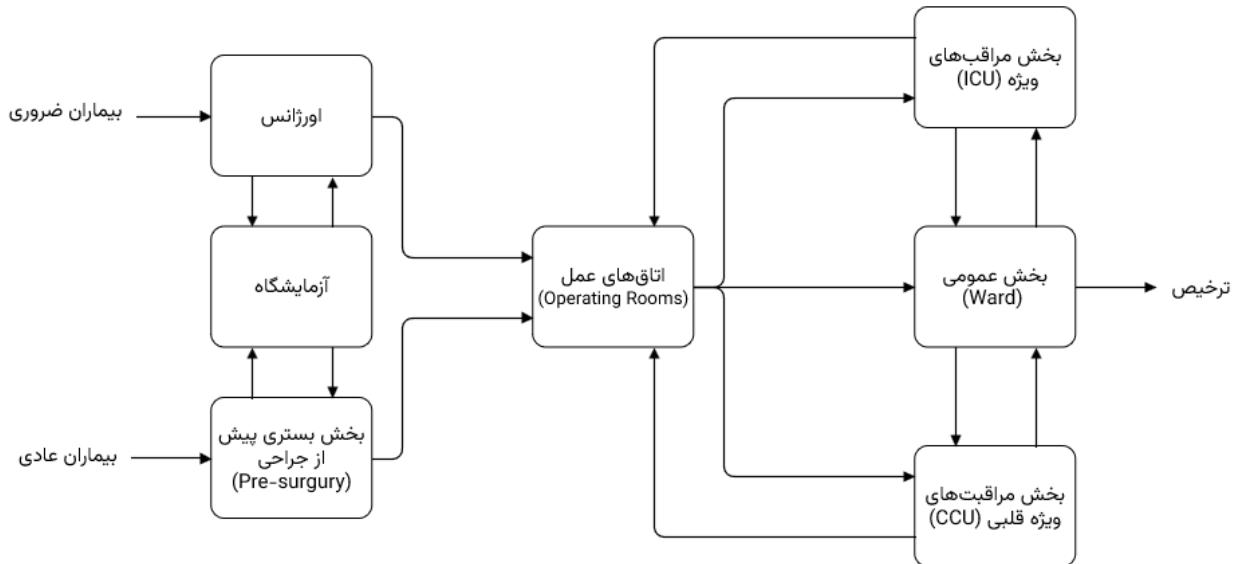
۱. جراحی‌های ساده (مثل عمل آپاندیسیت)

۲. جراحی‌های متوسط (مانند کوله‌سیستکتومی)

۳. جراحی‌های پیچیده (مانند جراحی قلب باز).

داده‌های تاریخی بیمارستان نشان می‌دهد که نیمی از بیماران جراحی ساده، ۴۵٪ درصد جراحی متوسط و باقی آن‌ها جراحی پیچیده دارند. چالش اصلی در این سیستم، عدم قطعیت زیاد در زمان‌های جراحی است. با توجه به بررسی آماری داده‌های تاریخی بیمارستان، زمان‌های عمل بیماران هر دسته از توزیع X با پارامترهای منحصر برای هر نوع جراحی است. پس از انجام جراحی، بیماران به یکی از بخش‌های بیمارستان منتقل می‌شوند. بیمارانی که تحت جراحی ساده قرار گرفته‌اند، مستقیماً به بخش عمومی منتقل می‌شوند. در مورد جراحی‌های پیچیده، بیمارانی که جراحی پیچیده غیر قلبی داشته‌اند که ۷۵٪ درصد این دسته از بیماران این گونه‌اند، به بخش مراقبت‌های ویژه (ICU) و آن‌هایی که جراحی قلبی داشته‌اند، به بخش مراقبت‌های ویژه قلبی (CCU) منتقل می‌شوند. این بیماران ممکن است به ترتیب به احتمال یک درصد دچار وضعیت حاد شده و مجددًا نیاز به جراحی داشته باشند که در این صورت به عنوان بیماران ضروری در نظر گرفته می‌شوند. سایر بیماران این دو بخش (CCU و ICU) بعد از طی مدت زمانی که از توزیع نمایی با پارامتر ۲۵ ساعت برخوردار است، مدت مراقبت را طی کرده و به بخش منتقل می‌شوند. ممکن است برخی بیماران بستری در بخش نیز دچار و خامت حال شده و به بخش مراقبت‌های ویژه منتقل شوند، اما به دلیل کم بودن این موارد، از آن صرف نظر شده است. بیمارانی که جراحی پیچیده‌ای داشته‌اند، ممکن است به احتمال ۱۰٪ درصد در حین جراحی فوت کنند که به سرداخنه که خارج از سیستم فعلی در نظر گرفته شده منتقل می‌شود.

بیمارانی که جراحی متوسط داشته‌اند، می‌توانند بسته به شرایط به یکی از سه بخش: بخش عمومی، ICU یا منقل شوند. احتمال انتقال این بیماران به هر یک از این بخش‌ها به ترتیب ۰.۷، ۰.۱ و ۰.۲ است. مدت زمان بسته شدن تمامی بیمارانی که به بخش عمومی منقل می‌شوند، از توزیع نمایی با پارامتر ۵۰ برخوردار است. پس از اتمام دوره بسته شدن، بیمار از بیمارستان مرخص می‌شود. با توجه به مشکلات برق کشور، ممکن است یک روز در ماه به صورت کاملاً تصادفی برق بیمارستان قطع شود که سبب می‌شود بیمارستان از ژنراتورهای خود استفاده کند. ژنراتورها امکان تامین برق تمام اتاق‌های عمل را دارند ولی تنها می‌توانند ۸۰ درصد تخت‌های بخش ICU و CCU را تامین کنند. در تصویر ۱، شمایی از بخش‌های بیمارستان و جریان حرکت بیماران بین این بخش‌ها نشان داده شده است.



تصویر ۱: شماتیک کلی بخش‌های بیمارستان و جریان حرکت بیمار در آن

## خواسته‌ها

- مسئله‌ی توصیف شده را در قالب یک مسئله‌ی شبیه‌سازی مدل‌سازی کنید و توصیف ایستایی از آن ارائه دهید. به عبارت دیگر نهادها، متغیرهای حالت، پیشامدها، فعالیت‌ها و تاخیرهای آن را مشخص کنید.
- اگر موردی را در مساله فرض کرده‌اید یا ساده‌سازی خاصی انجام داده‌اید ذکر کنید.
- حداقل ۴ معیار برای ارزیابی عملکرد سیستم ارائه دهید و دلیل اهمیت هر یک را بنویسید.
- یک توصیف پویا از سیستم ارائه دهید. به بیان دیگر فلوچارت مربوط به تمام پیشامدهای ذکر شده در توصیف ایستای خود رارسم کنید.
- ساختاربندی لیست پیشامدهای آتی (اعلان پیشامدها) را در پروژه‌ی خود مشخص کنید و تعیین کنید در ابتدای شبیه‌سازی چه پیشامدهایی برنامه‌ریزی می‌شود (لیست پیشامدهای آتی را در لحظه‌ی آغاز شبیه‌سازی بنویسید).

<sup>r</sup> Event Notice