



## سؤال ۱. مفاهیم شبیه‌سازی

### • الف) تاکسی اینترنتی

– Entities: مسافر، راننده، ماشین

– Attributes:

\* مسافر: نام، نام خانوادگی، شماره تماس، اعتبار، تعداد سفر، وضعیت و ...

\* ماشین: اسم، کارخانه سازنده، مدل، شماره پلاک، نوع و ...

\* راننده: نام، نام خانوادگی، موجودی، شماره تماس، وضعیت، امتیاز و ...

– Activities: سوار کردن مسافر، انتقال مسافر از مبدا به مقصد، پرداخت هزینه سفر و ...

– Events: پایان سفر، درخواست سفر جدید، لغو سفر، اعلام خرابی ماشین مانند پنچری و ...

– State Variables: تعداد مسافرهای منتظر، مسافت طی شده رانندگان در روز، پول به دست‌آمده در هر روز و ...

### کارواش

– Entities: کارگر، ماشین

– Attributes:

\* ماشین: مدل، شماره پلاک و ...

\* کارگر: نام، نام خانوادگی، شماره تماس، تعداد ماشین‌های شسته‌شده و ...

– Activities: شستن ماشین، خشک کردن ماشین و ...

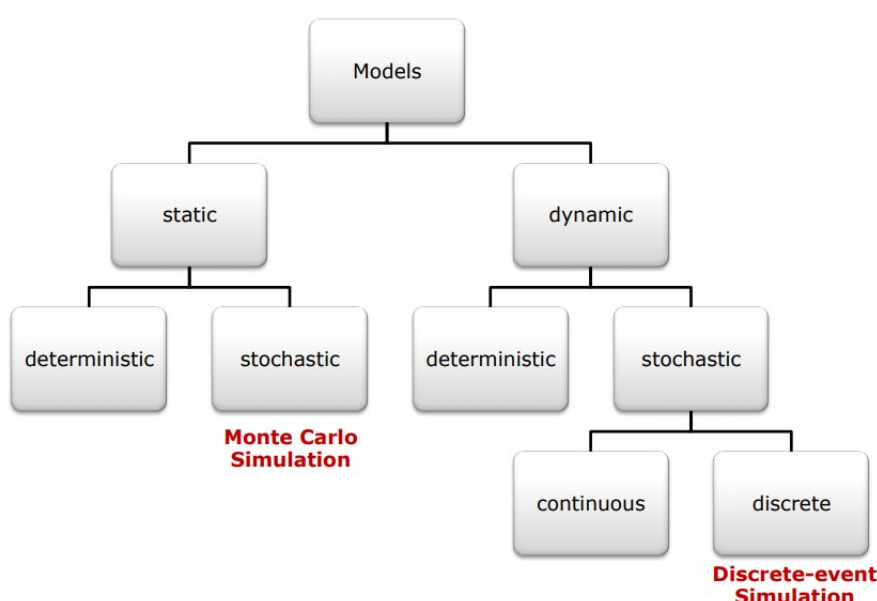
– Events: رسیدن ماشین جدید، پایان یافتن شست‌وشو، پایان یافتن خشک کردن، خروج خودرو، پر شدن ظرفیت و ...

– State Variables: تعداد ظرفیت باقی‌مانده کارواش، تعداد خودروهای شسته شده، تعداد خودروهای در صف انتظار و ...

- ب) مدل نمایش یک سیستم به منظور مطالعه و شناخت آن است؛ به عبارت دیگر به کمک مدل ارتباط بین اجزاء مشخص می‌شود و یا از آن برای پیش‌بینی چگونگی کار کردن سیستم در آینده تحت شرایط جدید استفاده کرد. مدل یک ساده‌سازی از سیستم واقعی است. به همین علت، جزئیات درشت‌دانه‌ی سیستم در مدل‌ها مشخص می‌شوند. مدل‌ها یکتا نیستند زیرا از زاویه‌ها و نقطه نظرهای مختلفی<sup>۱</sup> می‌توان به سیستم نگاه کرد؛ اهمیت و اولویت برخی موارد از نقطه نظرهای مختلف، متفاوت است و باعث ایجاد چند مدل از یک سیستم می‌شود.

<sup>۱</sup> investigation change

- (پ) مدل‌ها می‌توانند به دو دسته‌ی ریاضی و فیزیکی تقسیم‌بندی شوند. در مدل‌های ریاضی از نمادها و معادلات برای نمایش سیستم استفاده می‌کنیم. مدل شبیه‌سازی یک نوع مشخصی از مدل ریاضی سیستم است. در مدل فیزیکی، یکی مدل کوچک‌تر یا بزرگ‌تر شده از نمونه‌ی واقعی وجود دارد (مثلا برای اتم مقیاس را بزرگ و برای منظومه‌ی شمسی مقیاس را کوچک می‌کنیم). در این دسته‌بندی از مدل‌ها (ریاضی یا فیزیکی)، کارواش در دسته مدل ریاضی قرار می‌گیرد؛ به‌طور مثال ورود و خروج ماشین‌ها به کارواش از توزیع پواسون است و کارواش را می‌توان با استفاده از شواهد آماری، مدل‌سازی کرد و مدل‌سازی فیزیکی آن اهمیت چندانی ممکن است برای بررسی عملکرد آن نداشته باشد. هم‌چنین برای شبیه‌سازی دسته‌بندی برای مدل‌ها براساس پویایی<sup>۲</sup> و یا ایستایی<sup>۳</sup> آن‌ها وجود دارد. هر کدام از آن‌ها می‌توانند تصادفی<sup>۴</sup> و یا قطعی<sup>۵</sup> باشند. هم‌چنین آن‌ها می‌توانند گسسته<sup>۶</sup> و یا پیوسته<sup>۷</sup> نیز باشند.



در کارواش اگر فرض کنیم که کارها با قطعیت انجام می‌پذیرند، بنابراین مدل شبیه‌سازی آن یک مدل پویای قطعی گسسته (dynamic deterministic discrete model) است.

• (ت)

– برتری‌ها:

- \* به دلیل وجود index دسترسی به خانه‌های آرایه راحت است و زمان کمی را می‌گیرد.
- \* عناصر آرایه به‌صورت پشت‌سرهم در حافظه ذخیره می‌شوند.

– نقص‌ها:

- \* ساختار داده‌ی پویا ندارد. زیرا در بسیاری از زبان‌های برنامه‌نویسی مانند C از اول باید سائز آن مشخص باشد.

dynamic<sup>۲</sup>  
static<sup>۳</sup>  
stochastic<sup>۴</sup>  
deterministic<sup>۵</sup>  
discrete<sup>۶</sup>  
continuous<sup>۷</sup>

- ✱ اضافه یا حذف کردن یک عنصر جدید در آن سخت است.
- ✱ ممکن است هدر رفت حافظه در آن وجود داشته باشد. همان‌طور که گفته شد در برخی از زبان‌های برنامه‌نویسی معروف مانند C اندازه آرایه باید مشخص باشد، بنابراین در برخی از موارد ممکن است از حجم زیادی از آن‌ها استفاده نشود.

## سؤال ۲. شبیه‌سازی محاسباتی

• تعریف: شبیه‌سازی محاسباتی یک مدل فرآیندگرا (پردازنده‌محور<sup>۸</sup>) پویا است که روی کامپیوتر ارائه و نمایش داده می‌شود. این شبیه‌سازی محاسباتی می‌تواند از مدل‌های اقتصادی مرسوم و سنتی که با معادلات بیان می‌شوند تا مدل‌های فردی درون اجتماع گستردگی داشته باشند. در واقع، می‌توان انواع و گستره‌ی زیادی از مدل‌ها را با استفاده از این روش، شبیه‌سازی کرد؛ بنابراین وقتی فردی از یک مدل استانداردتر (مانند دستگاه معادلات خطی) به سمت مدل‌های منعطف‌تر (مانند برنامه‌نویسی مدلی که طراحی کرده‌ایم) حرکت می‌کند، ضروری است تا تمام فرضیات (صریح و ضمنی) را شناخته و بیان کند. از آنجایی که همه‌ی فرضیات درون مدل ساخته شده، گنجانده می‌شود، حتماً باید فهمیده شوند تا مشارکت در تحلیل مدل رفتاری مدل امکان‌پذیر شود.

• برتری:

– شبیه‌سازی محاسباتی بر روی پدیده‌های سازمانی متمرکز بوده و با استدلال‌های درست و معنی‌دار تئوریک هستند. مجموعه‌ای از constructها تعریف می‌شوند که به‌طور پویا انجام وظیفه می‌کنند، به‌طور مستقل و هم‌چنین منحصر به فرد اثبات می‌شوند و امکان حل و پرداخت به چندین سطح از انتزاع را به ما می‌دهد.

– امکان تعریف مدل با چندین سطح از پیچیدگی و تعریف ریاضی و هم‌چنین شامل پیچیدگی‌های پویایی است که آن را برای استفاده در بخش‌های کسب‌وکار، بازار یا بخشی که با گذت زمان اتفاق می‌افتد، مناسب می‌کند.

– شبیه‌سازی محاسباتی هم فرآیند و هم محصول رفتار را توصیف می‌کند. یعنی آن‌ها به استدلال‌های تقلیل‌گرایانه<sup>۹</sup> و هم‌چنین ردیابی و تحلیل رفتار که در ارتباط با ساختارهای تئوری مدل است، مجاز می‌دانند.

– شبیه‌سازی‌های محاسباتی هم توصیف formalization و هم unifomity را برای پدیده‌های سازمانی اجباری می‌کند؛ به این معنی که به تعریف دقیق‌تری از اشیاء و فرآیندهای مدل نیاز دارند.

– و ...

• نقص

– با وجود این‌که تایید صحت<sup>۱۰</sup> در تمامی مدل‌های نرم‌افزاری سخت است اما در شبیه‌سازی محاسباتی جز از طریق exogenous اکثراً وجود ندارد.

– با افزایش پیچیدگی مدل شفافیت<sup>۱۱</sup> از بین می‌رود.

– مشکل دیگر شبیه‌سازی محاسباتی، عدم انعطاف‌پذیری محیط محاسباتی است.

– و ...

<sup>۸</sup> process-oriented  
<sup>۹</sup> reductionist argument  
<sup>۱۰</sup> verification  
<sup>۱۱</sup> transparency

### سؤال ۳. نانوايي

- الف) از آنجايي که احتمال تعداد مراجعه مشتري‌ها به نانوايي مستقل از تعداد نان‌هايي است که هر کدام از آن‌ها مي‌خواهد، بنابر اين طبق قوانين احتمال داريم:  $p(x, y) = p(x)p(y)$

$$\# \text{ of breads} = E[x]E[y] = \sum_x xp(x) \sum_y yp(y)$$

$$\# \text{ of breads} = (6 \times 0.25 + 8 \times 0.35 + 10 \times 0.3 + 12 \times 0.1)(1 \times 0.35 + 2 \times 0.45 + 3 \times 0.15 + 4 \times 0.05)$$

$$\# \text{ of breads} = 1.9 \times 8.5 = 16.15$$

- ب)

– روز اول

\* تعداد مشتري: ۱۰

\* : تعداد نان‌هايي که هر مشتري مي‌خواهد: ۲، ۲، ۲، ۱، ۲، ۲، ۲، ۲، ۱، ۳

\* مجموع تعداد نان‌ها: ۱۹

– روز دوم

\* تعداد مشتري: ۶

\* : تعداد نان‌هايي که هر مشتري مي‌خواهد: ۲، ۲، ۳، ۱، ۱، ۲

\* مجموع تعداد نان‌ها: ۱۰

– روز سوم

\* تعداد مشتري: ۶

\* : تعداد نان‌هايي که هر مشتري مي‌خواهد: ۲، ۱، ۱، ۱، ۱، ۲

\* مجموع تعداد نان‌ها: ۸

– روز چهارم

\* تعداد مشتري: ۱۰

\* : تعداد نان‌هايي که هر مشتري مي‌خواهد: ۴، ۲، ۳، ۳، ۲، ۲، ۳، ۲، ۲، ۳

\* مجموع تعداد نان‌ها: ۲۶

– روز پنجم

\* تعداد مشتري: ۱۰

\* : تعداد نان‌هايي که هر مشتري مي‌خواهد: ۲، ۱، ۲، ۲، ۲، ۲، ۳، ۲، ۱، ۲

\* مجموع تعداد نان‌ها: ۱۸

- پ)

$$\# \text{ of expected breads} : \frac{19 + 11 + 8 + 26 + 18}{5} = 16.4$$

- ت) برای محاسبه‌ي احتمال اين که در يك روز خاص، فقط ۸ نان فروخته شود، تعداد مشتري در روز يا ۶ خواهد بود و يا ۸؛ زیرا در غير اين صورت، تعداد نان‌هاي فروخته شده قطعا بيشتر از ۸ خواهد بود. (يعني برای ۱۰ مشتري در روز تعداد نان‌هاي فروخته شده بين حداقل ۱۰ و حداکثر ۴۰ نان متغير خواهد بود.)

$$P(\# \text{ of bread} = 8) = 0.35 \times (0.35)^8 + 0.25 \times \binom{6}{5} \times (0.35)^5 \times (0.15) + 0.25 \times \binom{6}{2} \times (0.45)^2 \times (0.35)^4$$

$$P(\# \text{ of bread} = 8) = 0.01265$$