

## مطالب جلسه قبل جهت یادآوری

- ❑ طرح درس
- ❑ تعریف شبیه سازی
- ❑ حوزه های کاربردی شبیه سازی
- ❑ تاریخچه استفاده از شبیه سازی
- ❑ تعریف سیستم و اجزای آن
- ❑ اهداف مطالعه سیستم
- ❑ چالش مطالعه سیستم

## مدل و مدل سازی

- ❑ برای بررسی رفتار یک سیستم بایستی آنرا در قالب یک مدل مناسب قرار داد.
- ❑ مدل به منزله معرف هر سیستم است که به منظور مطالعه و بررسی آن تعریف می شود.
- ساده سازی سیستم واقعی
- دارای دقت کافی، جهت امکان استخراج نتایج صحیح در مورد سیستم واقعی
- ❑ مدل سازی یک اقدام مهم در جهت ایجاد یک نمونه ساده شده از یک سیستم کامل با هدف پیش بینی معیارهای قابل اندازه گیری عملکرد سیستم می باشد. اصولاً یک مدل به منظور گرفتن جنبه های رفتاری خاص از یک سیستم و کسب آگاهی و بینش از رفتار سیستم طراحی می شود.

## چالش اصلی در مدل سازی

❑ تا چه حد به جزئیات توجه شود؟

❑ هر چه قدر جزئیات بیشتر باشد بهتر است؟؟

مدل بایستی به اندازه کافی دربردارنده جزئیات باشد تا اجازه دهد  
نتیجه های معتبر در مورد سیستم حقیقی گرفته شود.

## روش صحیح مدل سازی

❑ شروع با مدلی بسیار ساده

❑ تکمیل تدریجی مدل

به منظور ایجاد مدلی کارا و مناسب از یک فرایند دو مرحله ای استفاده می شود.

■ تجزیه

■ ترکیب

## مدل سازی

❑ تجزیه: ساده کردن سیستم از راه حذف جزئیات یا پذیرش فرضیاتی است

که روابط بین اجزا را ساده تر می کند. راههای ساده سازی مدل:

- تبدیل متغیرها به مقادیر ثابت
- حذف برخی متغیرها یا ادغام آنها در یکدیگر
- پذیرش فرض خطی بودن روابط
- افزودن محدودیت های بیشتر
- تحدید حدود سیستم

## مدل سازی

❑ ترکیب: عملیات ساده سازی تا جایی ادامه می یابد که مدل از لحاظ ریاضی

قابل حل شود.

❑ ازین مرحله به بعد، عمل کامل کردن مدل آغاز می شود و با اضافه کردن

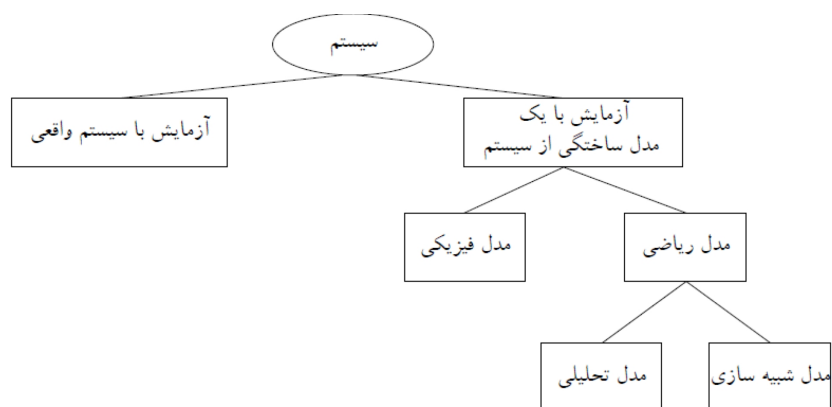
جزئیات سعی می شود به مدل مورد نظر نزدیک شد.

## مدل سازی

انواع مدلها

- ❑ فیزیکی: ارائه یک سیستم واقعی به صورت مادی و ملموس (فیزیکی) در مقیاس کوچک (ماکت ساختمان، هواپیما و ...)
- ❑ ریاضی: ارائه یک سیستم واقعی با استفاده از نمادها و روابط ریاضی
- ❑ مدل های تحقیق در عملیات
- ❑ مدل های موجودی
- ❑ مدل های پیش بینی

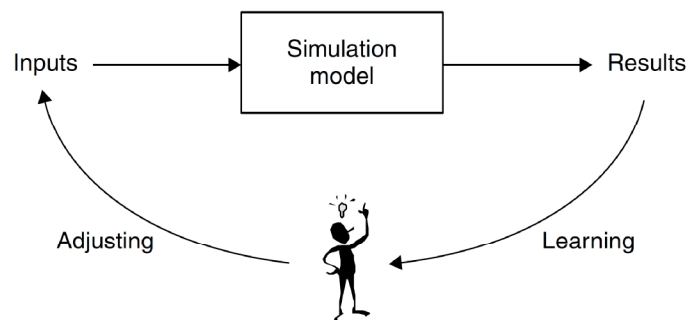
مدلهای شبیه سازی ریاضی یا فیزیکی؟



## Characteristics of a Good Model

- Simple to understand
- Goal directed
- Robust
- Easy to control
- Complete on important issues
- Adaptive and easy to update
- Evolutionary

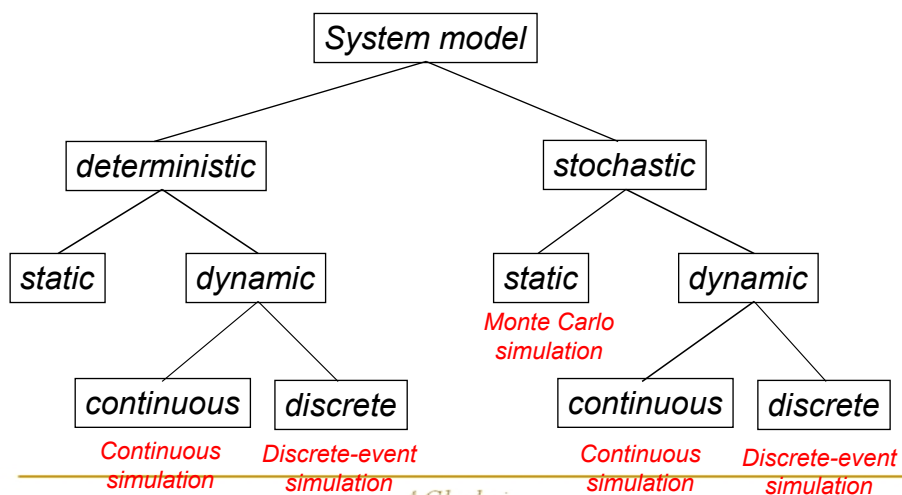
## شبیه سازی به عنوان یک سیستم

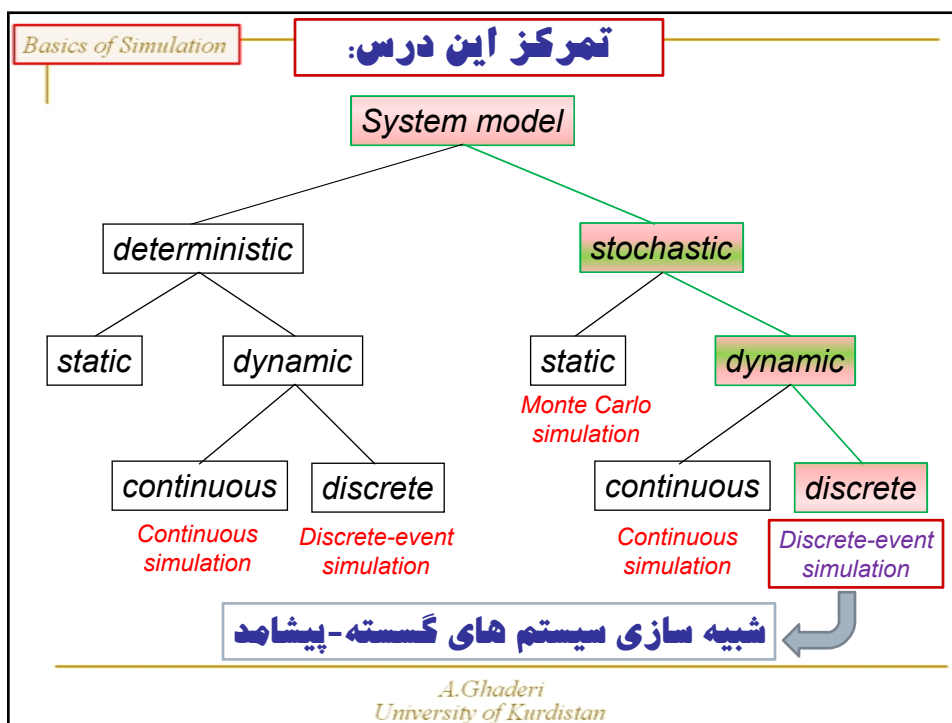


## انواع مدل‌های شبیه سازی

- ❑ ایستا - پویا
- ❑ قطعی - احتمالی
- ❑ گسسته - پیوسته

## Types of Simulation Models





Basics of Simulation

**شبیه سازی سیستم های گسسته پیشامد**

## Discrete Event System Simulation

شبیه سازی سیستمی که متغیرهای حالت آن فقط و فقط در نقاط گسسته ای از زمان "در لحظه وقوع رویداد" اتفاق بیفتد را شبیه سازی سیستم های گسسته پیشامد می نامند. در حقیقت وضعیت چنین سیستمی در لحظه های گسسته ای از زمان به روز رسانی می شود.

A.Ghaderi  
University of Kurdistan

## شبیه‌سازی در یک مثال سیستمی

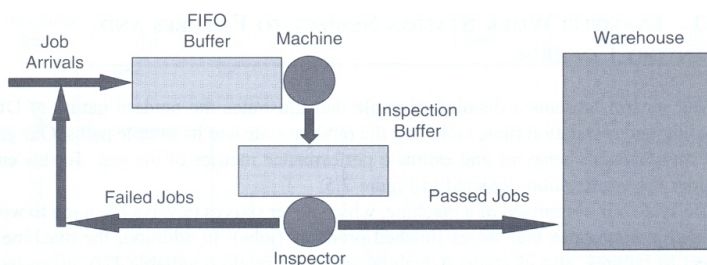


Figure 2.4 A single FIFO machine with inspection and storage.

## شبیه‌سازی ایستا

□ این نوع شبیه‌سازی معرف سیستم در لحظه‌ای خاص از زمان است. به عبارت دیگر گذر زمان تاثیری در آنها ندارد.

□ این نوع شبیه‌سازی که به شبیه‌سازی مونت کارلو نیز معروف است، به منظور حل مسائل تصادفی یا غیر تصادفی با استفاده از اعداد تصادفی، بکار برده می‌شود.



### شبیه سازی ایستا (مثال)

□ محاسبه عبارت زیر بگونه ای که انتگرال تابع حقیقی  $g(x)$  از طریق تحلیلی قابل محاسبه نیست.

$$I = \int_a^b g(x) dx$$

### شبیه سازی ایستا (مثال)

□ متغیر تصادفی  $Y$  را بصورت زیر تعریف می کنیم:

$$Y = (b - a)g(x)$$

بطوریکه:

$$X \sim \text{Uniform}[a, b]$$

Basics of Simulation

### شبیه سازی ایستا (مثال)

$$E(Y) = E((b-a)g(x))$$

$$E(Y) = (b-a)E(g(x))$$

$$X \sim \text{Uniform}[a, b] \Rightarrow f(x) = \frac{1}{b-a}$$

$$E(Y) = (b-a) \int_a^b g(x) f(x) dx$$

$$E(Y) = \int_a^b g(x) dx = I$$

A.Ghaderi  
University of Kurdistan

61

Basics of Simulation

### شبیه سازی ایستا (مثال)

$$E(Y) = \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

$$Y_i = (b-a)g(x_i)$$

$$\Rightarrow E(Y) = \bar{Y} = \frac{(b-a)}{n} \sum_{i=1}^n g(x_i)$$

۱- تولید عدد تصادفی  
یکنواخت بین  $a$  و  $b$   $\longrightarrow$  ۲- به دست آوردن  $g(x)$   $\longrightarrow$  ۳- محاسبه میانگین  
نمونه‌ای  $Y$

که معادل  $n$  مستطیل با طول  $g(x_i)$  و عرض  $(b-a)/n$  می باشد.

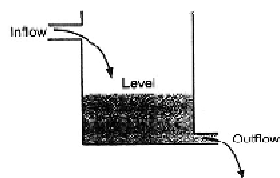
A.Ghaderi  
University of Kurdistan

62

## شبیه سازی پویا

- ❑ بررسی سیستم و تغییر رفتار آنها در گذر زمان
- ❑ در این مدل ها حالت سیستم می تواند گسسته یا پیوسته باشد.
- ❑ از آنجا که در مورد سیستم های گسسته پیشامد پویا در طول ترم به تفصیل بحث خواهد شد، در ادامه به ذکر یک مثال شبیه سازی پیوسته پویا پرداخته می شود

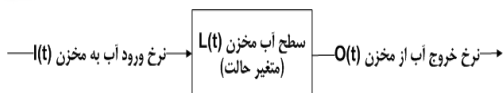
## شبیه سازی پویا (شبیه سازی سطح آب درون مخزن)



در این نوع شبیه سازی بایستی حداقل دو متغیر اصلی معرفی شوند:

الف) متغیر حالت

ب) متغیر نرخ

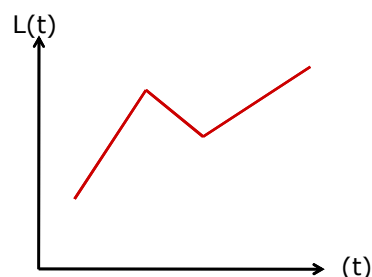


### شبیه سازی پویا (شبیه سازی سطح آب درون مخزن)

خالص تغییرات آب درون مخزن از لحظه  $t_0$  تا  $t_1$  = سطح آب درون مخزن در لحظه  $t_0$  + سطح آب درون مخزن در لحظه  $t_1$

$$\text{Net change} = \int_{t_0}^{t_1} (I(t) - O(t)) dt$$

$$L(t) = L(t_0) + \int_{t_0}^{t_1} (I(t) - O(t)) dt$$



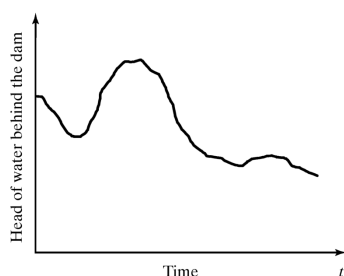
### شبیه سازی سیستم های گسسته

□ سیستم گسسته سیستمی است که متغیرهای حالت تنها در مجموعه گسسته از زمان تغییر کند.

□ مثال: در یک سیستم بانکی ورود مشتریان در بازه های گسسته از زمان صورت می گیرد لذا متغیر حالت تعداد مشتریان حاضر در بانک، زمانی تغییر می کند که یک مشتری جدید وارد بانک شود و یا خدمتدهی به یک مشتری کامل شود.

## سیستم پیوسته

□ سیستم پیوسته سیستمی است که متغیر حالت بصورت پیوسته و طی زمان تغییر کند.



□ مثال: آب درون یک مخزن

## شبیه سازی سیستم های قطعی

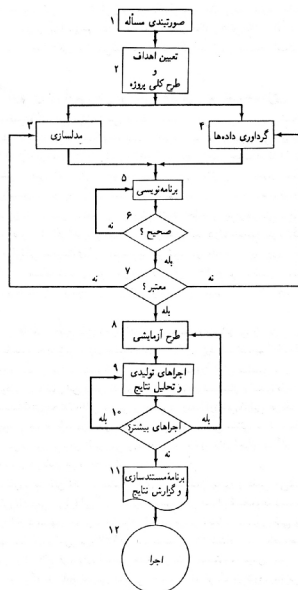
□ تمامی متغیرهای سیستم غیر تصادفی می باشند.

□ در این سیستم ها مجموعه ای از ورودی های قطعی و مشخص به مجموعه ای از خروجی های یگانه و قطعی، منجر می شود.

□ مثال: اگر بیماران در زمانهای از پیش تعیین شده و مشخصی وارد مطب پزشک شوند و ویزیت آنها نیز در زمان مشخصی صورت گیرد، با یک سیستم قطعی مواجه خواهیم بود.

## سیستم های احتمالی

- یک یا چند متغیر ورودی تصادفی (احتمالی) دارند.
- ورودی های احتمالی به خروجی های احتمالی منجر می شوند.
- مثال: در یک کارگاه تعمیر خودرو، ورود مشتریان بصورت تصادفی است. از طرفی زمان خدمت دهی به آنها نیز احتمالی است لذا خروجی های سیستم مانند تعداد افراد منتظر در صف، زمان انتظار در صف، طول صف انتظار و ... نیز بصورت احتمالی خواهند بود.



## فلوچارت مراحل شبیه سازی

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

### ۱- صورت بندی مسئله

در این مرحله تحلیلگر بایستی درک مناسبی از مسئله طرح شده پیدا کند. در این مرحله، تعریف مسئله انجام می شود و تحلیلگر با صاحبان مسئله و سیاست گذاران درک مشترکی در رابطه با مسئله پیدا می کنند.

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

### ۲- تعیین اهداف و طرح کلی پروژه

در این مرحله بایستی آنچه که از شبیه سازی انتظار می رود، بطور واضح بیان شود و اصولاً به این پرسش پاسخ داده شود که آیا شبیه سازی برای تحلیل این مسئله مناسب است یا خیر؟

در صورت مثبت بودن جواب، باید طرح کلی اجرا شامل برنامه هایی برای تعداد افراد درگیر در طرح، هزینه بررسی، تعداد روزهای لازم برای اجرا، نتایج مورد انتظار در پایان هر مرحله، مشخص گردد.

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

۳- ایجاد مدل مناسب (مدلسازی)

۴- گرد آوری داده ها

بین ساخت مدل و گرد آوری داده ها ارتباط متقابل وجود دارد.

از آنجا که جمع آوری داده ها مدت زمان زیادی در فرایند شبیه سازی نیاز دارد، بایستی حتی الامکان سریع و معمولاً همراه با مراحل اولیه مدلسازی آغاز شود.

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

اهداف بررسی تا حدود زیادی داده هایی که باید جمع آوری شوند را مشخص می کند.

مثال: در مطالعه بانک اگر قصد بررسی درباره طول صف انتظار به سبب تغییر تعداد خدمت دهندگان را داشته باشیم، انواع داده هایی که باید جمع آوری کنیم بصورت زیر خواهند بود:

- داده های مربوط به زمانهای بین دو ورود برای تعیین توزیع احتمالی آن
- داده های مربوط به زمان های خدمت دهی برای تعیین توزیع احتمالی آن

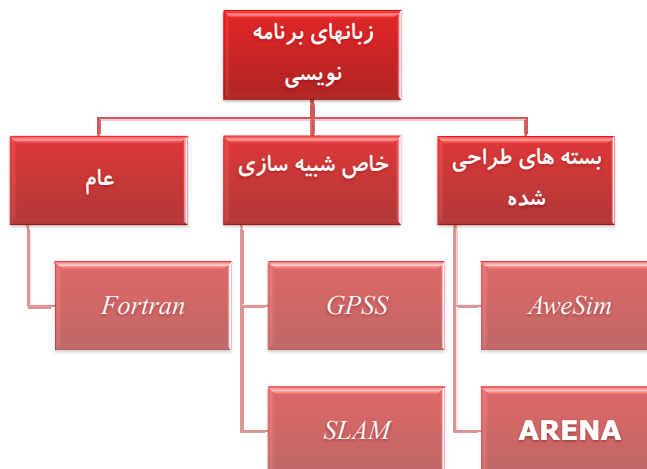


## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

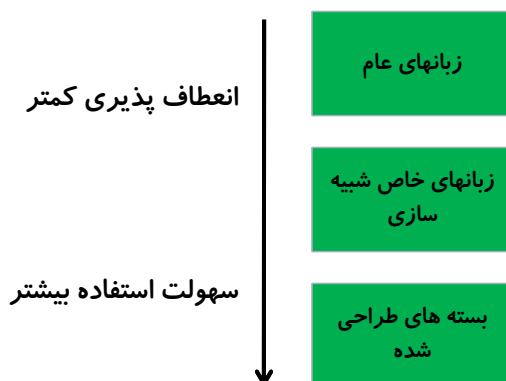
۵- برنامه نویسی:

از آنجا که اکثر مدل های شبیه سازی به ذخیره سازی اطلاعات و محاسبات طولانی نیازمندند، باید برای اجرا و تحلیل مدل آن را برنامه نویسی کرد.

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی



## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی



## بسته نرم افزار شبیه سازی ARENA

نرم افزار *ARENA* در این کلاس ارائه خواهد شد که نسخه دانشجویی آن به صورت رایگان در دسترس می باشد.

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

۶- واریسی برنامه:

بررسی و برطرف نمودن اشتباهات برنامه نوشته شده.

- استفاده از متغیری که قبلاً تعریف نشده
- ننوشتن **End** در پایان حلقه ها و ...

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

۷- معتبر سازی مدل:

مشخص نمودن اینکه آیا مدل معرف دقیقی از سیستم واقعی است یا خیر؟ و آیا با انجام یک فرایند تکرار پذیر، رفتار مدل با رفتار واقعی سیستم مطابقت دارد؟

□ استفاده از گزارش ردیابی

گزارش ردیابی گزارشی است که مقدار هر متغیر را در صورتیکه مقدار آن تغییر کند، نشان می دهد. با مشاهده آن می توان بررسی کرد که آیا متغیرهای مدل همانند آنچه در سیستم واقعی وجود دارد، عمل می کنند یا نه؟

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

مثال:

□ مثلاً متغیری که نشان دهنده وضعیت خدمت دهنده است (متغیری ۰-۱ که در صورتیکه خدمت دهنده مشغول است ۱ و در غیر اینصورت ۰ است) در حالتی که نهاد در سیستم است یعنی صف وجود داشته باشد، بایستی حتماً برابر ۱ باشد. در غیر اینصورت بایستی برنامه اصلاح شود.

□ از طرفی باید دید که آیا خروجی های مدل با آنچه در واقعیت وجود دارد مطابقت می کند یا خیر

▪ مثلاً آیا خروجی طول صف در مدل با واقعیت تطابق دارد؟

## گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

۸- اجرای مدل و تحلیل نتایج

- انجام آزمون های فرض
- برآورد نقطه ای و فاصله ای برای پارامترهای مدل
- تحلیل واریانس

۹- مستند سازی برنامه و گزارش نتایج