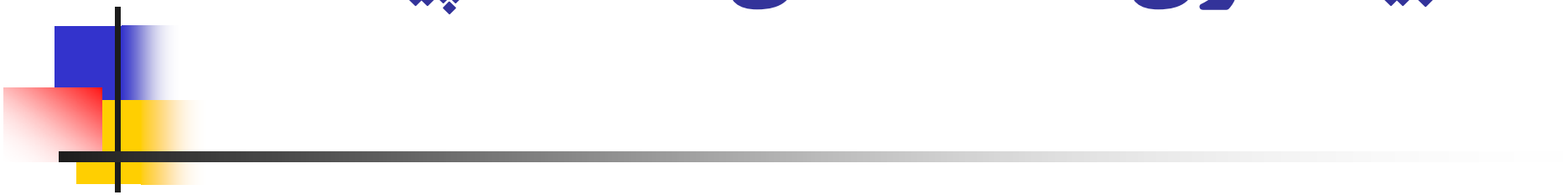
شبیه سازی سامانه های گسسته پیشامد



سر فصل مطالب

- مفاهیم و تعاریف مرتبط با شبیه سازی
- تعریف سیستم و فرآیند وفرآیند های تصادفی و اجزاء آنها
- شرح سیستم های پیوسته و گسسته (مفهوم زمان)
- شبیه سازی سیستم های گسسته
- انواع مدلهای ریاضی و آماری در شبیه سازی
- آشنایی با تئوری صف و حل مثالهای عددی از سامانه های صف و انبار
- بررسی روش های شبیه سازی از قبیل : زمانبندی رویداد ها، پردازش فعالیت ها و پردازش فرآیندها
- مفاهیم آماری در شبیه سازی، تولید اعداد تصادفی با توزیع های مختلف،
- معرفی نرم افزار های شبیه سازی General Purpose Simulation System (GPSS) و MATLAB

رئوس مطالبی که این ترم تدریس می گردد

- مقدمه ای بر شبیه سازی
- تعریف سیستم و فرآیند یقینی و فرآیند های تصادفی و اجزاء آنها
- شرح سیستم های پیوسته و گسسته (مفهوم زمان)
- انواع مدلهای ریاضی و آماری در شبیه سازی
- شبیه سازی سیستم های گسسته پیشامد
- معرفی نرم افزار های شبیه سازی GPSS و MATLAB
- آشنایی با تئوری صف و سامانه های انبار (موجودی) حل مثال های عددی از سامانه های صف و انبار (موجودی)
- تولید اعداد تصادفی با توزیع های مختلف

نحوه ارزشیابی

- پروژه و تمرین های دستی و کامپیوتری ۵ نمره
- کوییز و میان ترم ۵ نمره
- امتحان پایان ترم ۱۰ نمره

مراجع

- مرجع اصلی:
  - **Discrete-Event System Simulation, 1986**

Jerry Banks, John Scarson

  - **Discrete-Event System Simulation, 2005, 4th edition**

Jerry Banks, John Scarson

- مراجع فرعی:
  - **Simulation Modeling with Pascal,1959, Robert Okeefe**
  - **Introduction to Simulation modeling Using GPSS, 1992**
  - **Discrete Event System (Modeling and Performanced Analysis),1993, Cassandrasm**

شبیه سازی چیست؟

- **شبیه سازی** به روندی اطلاق می گردد که به منظور مدل سازی عملکرد یک فرآیند، پدیده و یا سامانه صورت می پذیرد.

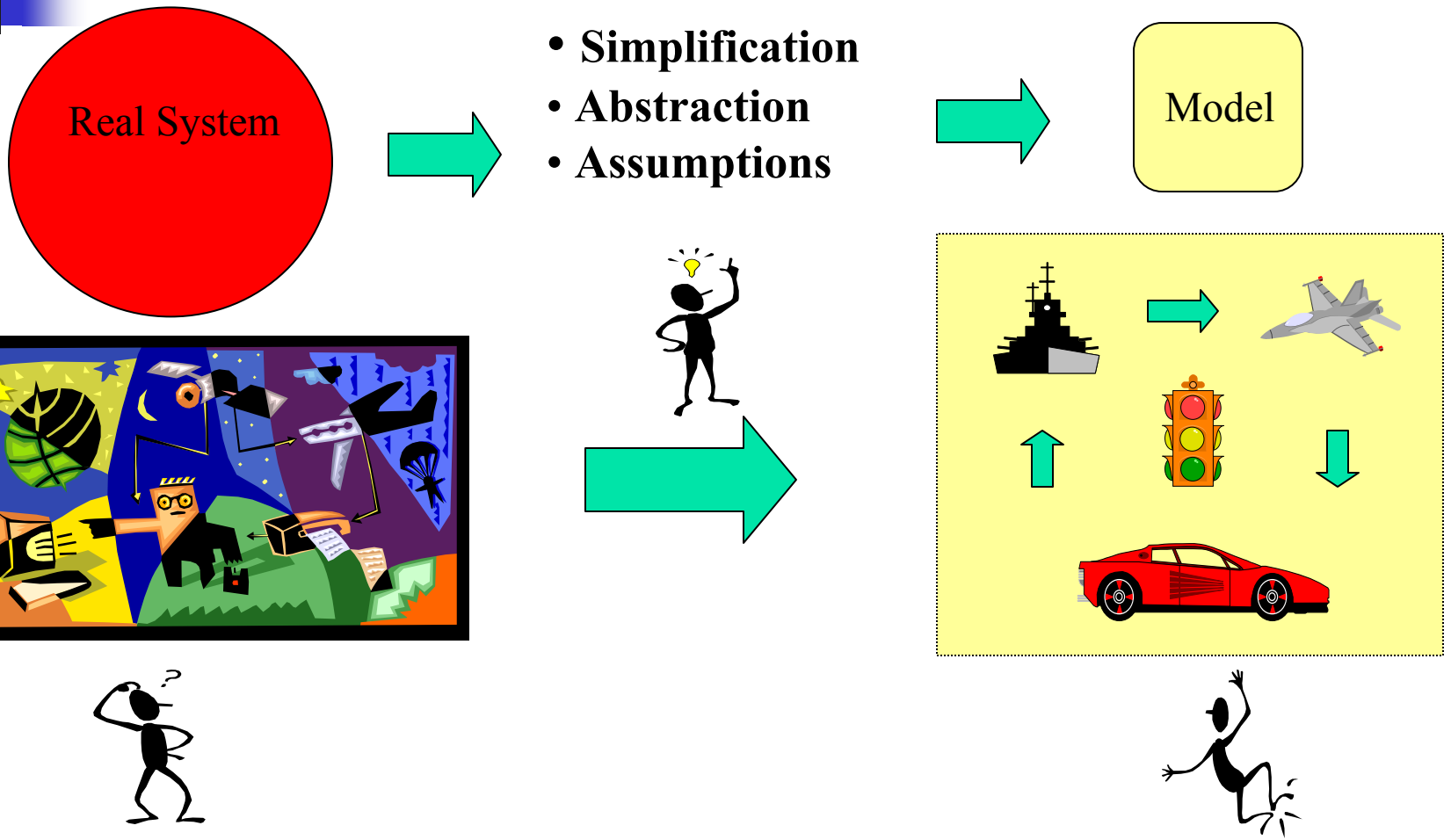
- بررسی مذکور از طریق ایجاد **مدل** شبیه سازی صورت می پذیرد. به عبارتی مدل شبیه سازی ابزاری برای تحلیل و پیش بینی تغییرات در سامانه ها است.

- **مدل شبیه سازی** به مجموعه ای از فرض ها و تقریب ها در مورد عملکرد سیستم گفته می شود که بوسیله روابط ریاضی، منطقی و نمادین بین اجزاء ورودی و خروجی سیستم و یا اهداف سیستم/فرآیند تعریف می شود.

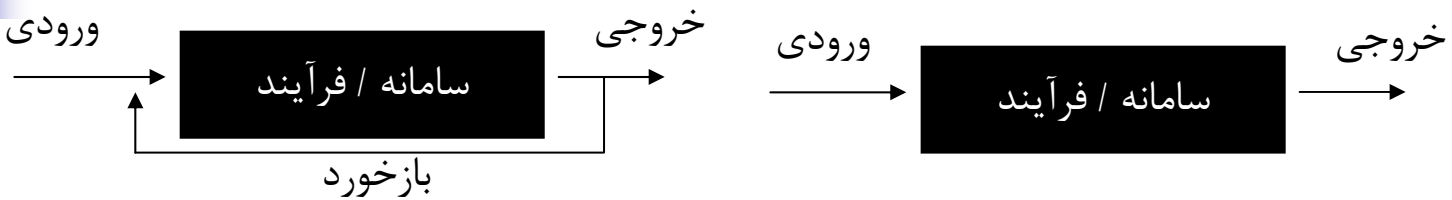
- **سیستم** مجموعه ای از عناصر (قالب ها - توابعی) است که برای رسیدن به یک هدف معین پشت سر هم قرار گرفته اند.

- **فرآیند** دنباله از اعمال و یا توابعی است که برای رسیدن به یک هدف معین پشت سر یکدیگر قرار گرفته اند

سیستم در مقابل مدل



هدف از شبیه سازی چیست؟



- ۱- شناخت یک فرآیند و یا یک سامانه
- ۲- تعیین نحوه واکنش و یا تاثیر پذیری یک فرآیند/ سامانه از تغییرات حاصل در ورودی ها (این تغییرات می تواند شامل تغییرات اطلاعاتی، سازمانی، محیطی باشد).
- ۳- نحوه ارتباط و اثرگزاری اجزائ مختلف سامانه/ فرآیند
- نحوه ارتباط و اثرگزاری ورودی ها بر روی خروجی ها (شناسایی سیستم)
- ۴- شناسایی اثر زمان
- ۵- شناسایی تاثیر گذاری رخداد ها
- ۶- ابزاری برای آزمایش طرح و ارائه روش های بهینه سازی قبل از اجرای عملی طرح ها
- ۷- از شبیه سازی به عنوان ابزار آموزشی به منظور تقویت روش های تحلیلی و پاسخیابی می توان استفاده نمود.

شبیه سازی = یافتن ارتباط ریاضی میان اجزاء سیستم با در نظر گرفتن اثر زمان

روش های شبیه سازی

- بطور کلی شبیه سازی سیستم ها به سه طریق قابل اجراست:

- ۱- روش فیزیکی (تهیه ماکت و یا نقشه سیستم)
- ۱- روش ریاضی (با استفاده از روش های ریاضی مثل محاسبات دیفرانسیل، آمارو احتمال، محاسبات عددی و ...)
- ۲- روش عددی. در بسیاری از موارد سیستم ها از اجزاء بسیار زیادی تشکیل شده اند که باعث می شود تا مدل های ریاضی بصورت بسیار پیچیده درآیند. در این حالت لازم است تا از تقریب های خاص (روش های عددی) برای مدلسازی استفاده شود.

با توجه به بار محاسباتی بالا و پیچیدگی محاسبات رایانه به عنوان ابزار اصلی پردازش مورد استفاده قرار می گیرد.

بنابراین شبیه سازی تحت عنوان شبیه سازی رایانه ای نامیده می شود.

مزایا و معایب شبیه سازی

مزایا	معایب
پس از ساختن مدل می توان برای تحلیل طرح ها بارها از آن استفاده نمود	در شبیه سازی رایانه ای به تعداد تکرار زیادی نیاز است که این مسئله هم زمانبر و هم هزینه بر است
امکان تحلیل سیستم حتی در صورت تقریبی و یا ناقص بودن داده های ورودی	دقت شبیه سازی در برخی موارد از مدل تحلیلی کمتر است
هزینه مدلسازی سیستم کمتر از هزینه تجربه عملی است	بسته های نرم افزارهای شبیه سازی قیمت بالایی دارند
استفاده از روش های شبیه سازی از روش های ریاضی- تحلیلی آسان تر است	نتایج بدست آمده باتوجه به فرضه و ساده سازی ها ممکن است در عمل کارایی نداشته باشد.
در مدل های ریاضی معمولا تعداد محدودی از معیارهای سنجش مورد بررسی قرار می گیرد در حالی که در شبیه سازی این محدودیت نیست	ممکن است فقط حالت خاصی از یک سیستم مورد بررسی قرار گرفته باشد (در اثر تصادفی بودن سیستم)
در برخی موارد شبیه سازی تنها راه حل مسئله است (آزمایش های هسته ای)	برای تولید مدل های قابل اعتماد نیاز به آموزش های خاصی است

مثالهایی از شبیه سازی

- شبیه سازی رشد سلول های بنیادین انسان
- شبیه سازی عملکرد توسعه رودخانه ای به منظور تعیین بهترین ترکیب سد ها، نیرو گاه های آبی و ... .
- شبیه سازی فرآیند های اقتصادی و عوامل موثر در آن
- شبیه سازی پرتاب موشک
- شبیه سازی ساختار یک شبکه مخابراتی
- شبیه سازی چرخه فرآوری سوخت هسته ای
- شبیه سازی سامانه انبار یا خط تولید یک مجتمع صنعتی
- شبیه سازی احداث یک سد، پل، آسمانخراش و ...
- شبیه سازی نحوه تغییرات جوی
- و ...

سیستم و اجزاء آن

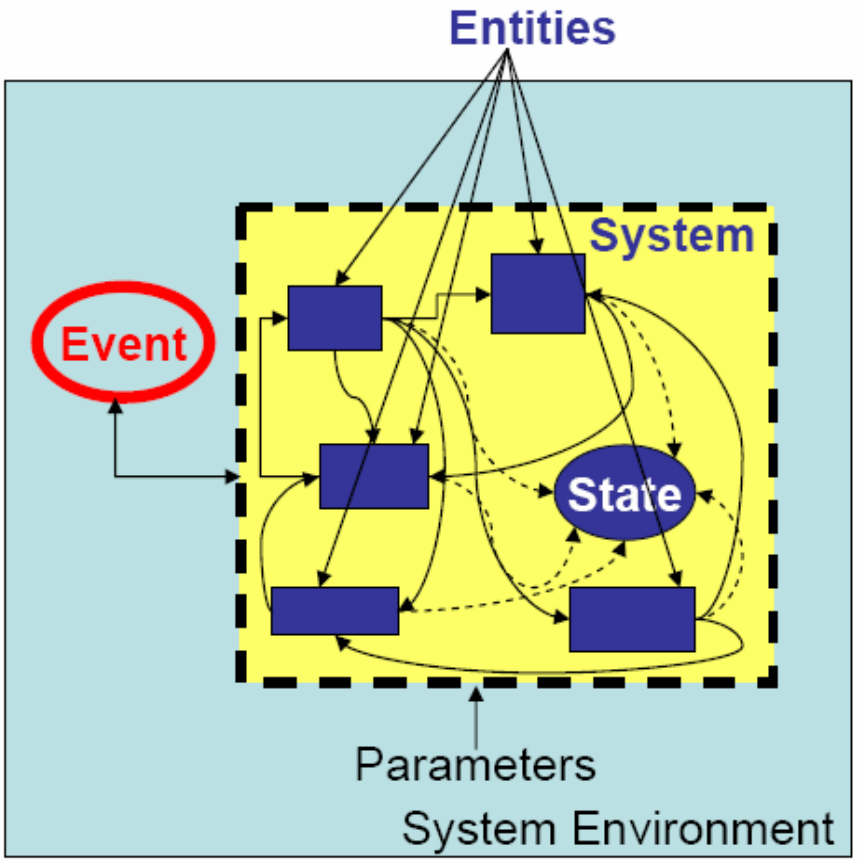
تعریف: یک سیستم به مجموعه ای از عناصر اتلاق می شود که برای تحقق هدفی مشترک و یا براساس یک وابستگی مشخص در کنار یکدیگر گردآمده اند.

نکته: لازم است تا بین مفهوم **سیستم** و **مرز سیستم** تفاوت قائل شویم.

مثال: در مورد یک کارخانه، عوامل کنترل کننده ورود سفارشها را خارج از اختیار کارخانه در نظر گرفت. اما اگر بخواهیم اثر بازاریابی و یا تاثیر عرضه بر تقاضا را نشان بدهیم رابطه ای بین این موارد مشاهده می شود.

بنابراین شناخت **مرز سیستم** منوط به تعیین اهداف بررسی مسئله می باشد.

مجموعه متغییر های لازم برای تعریف یک سیستم با توجه به اهداف بررسی را ***حالت سیستم*** می نامند. (تعداد پرسنل مختلف – تعداد مشتریان در صف و ...)



سیستم و اجزاء آن (ادامه)

اجزاء سیستم:

- **نهاد(Entity):** عنصر مورد توجه در سیستم است
- **خصیصه (Attribute):** ویژگی هر نهاد است
- **فعالیت(Activity):** نمایشگر یک تغییر دوره ای زمانی با طول مشخص است.
- **پیشامد(Event):** رویدادی لحظه ای که قادر است تا حالت سیستم را تغییر دهد.

مثال: در یک بانک

نهاد را مشتری، خصیصه را موجود حساب بانکی مشتری، فعالیت را عملیات بانکی و پیشامد را ورود و خروج مشتری دانست.

سیستم و اجزاء آن (ادامه)

لازم است تا در قدم اول شبیه سازی شناخت کافی در مورد سیستم و اجراء آن کسب گردد.

مثال – جدول شناسایی سیستم:

سیستم	نهاد	خصیصه ها	فعالیتها	پیشامدها	متغییرهای حالت
قطار	مسافر بلیط	مبدا – مقصد طول مسیر – نوع خدمات (سرعت، پزشک، غذا، سرویس و ....)	سفر بازه زمانی ارائه سرویس	ورود به ایستگاه- رسیدن به مقصد ارائه غذا – جمع آوری غذا	تعداد مسافران منتظر در ایستگاه تعداد مسافران در سفر– تعداد مسافران متقاضی سرویس
موجودی انبار	انبار	ظرفیت	خروج کالا از انبار و ورود کالا به انبار	تقاضای خروج کالا حواله ورود کالا	موجودی، تقاضا پس از کاهش موجودی، مدت زمان میان تقاضا ها و ...
مخابره پیام	پیام	اطلاعات	ارسال - دریافت	برقراری و قطع تماس	تعداد پیامهای در انتظار ارسال – پهنای باند/نرخ بیت – تاخیر

انواع سیستم های شبیه سازی

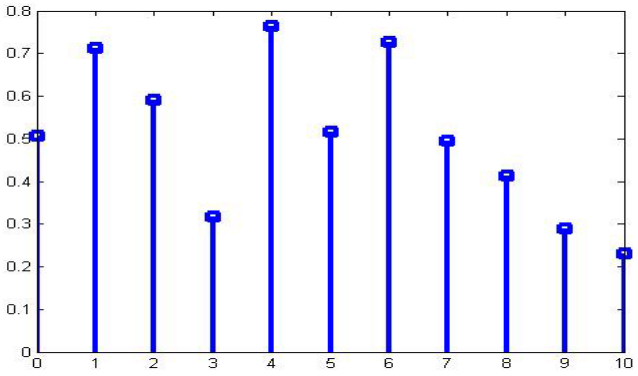
سیستم ها را می توان به دو دسته تقسیم نمود:

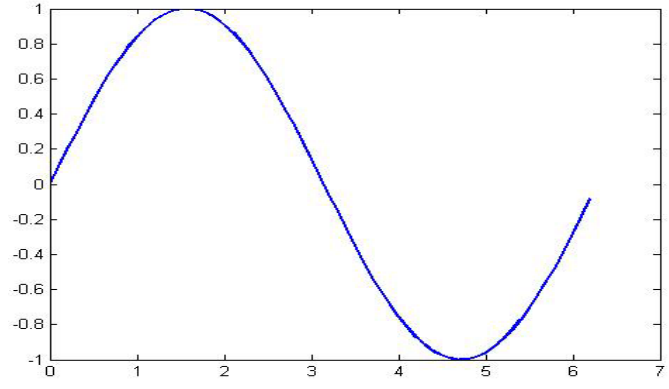
۱- سیستم های پیوسته :

به سیستم هایی اتلاق می شود که: متغییر حالت در آنها طی تعداد نامتناهی از نقاط پارامتر زمان و یا یک پارامتر مشخص تغییر می نماید.

۲- سیستم های گسسته:

به سیستم هایی اتلاق می شود که: متغییر حالت در آنها فقط در تعداد نقاط متناهی از پارامتر زمان و یا یک پارامتر مشخص دیگر تغییر می نماید.





مدل سیستم

گاهی تجربه در مورد سیستم امکانپذیر است. بنابراین به سادگی می توان مرزها زیر سیستم ها و متغییر های حالت را شناخت.

اما

این حالت همواره برقرار نیست. ممکن است هدف بررسی ساختاری باشد که هنوز وجود ندارد و یا عملی کردن آن غیر ممکن باشد برای مثال:

دو برابر کردن نرخ بیکاری برای مشخص شدن اثر آن بر تورم و یا کم کردن مراکز عرضه خدمات برای بررسی اثر آن بر طول صف

بنابراین به منظور شناخت دقیق سیستم نیاز به استفاده از مدل سیستم به وجود می آید. مدل در حقیقت، معرف (شناسه) یک سیستم است. بنابراین مدل در فرآیند طراحی جانشین سیستم خواهد بود.

نکته بسیار مهم انطباق مدل با واقعیات عملی سیستم است.

مدل سازی سیستم

هدف تصویر یک مسئله پیچیده با یک مدل ساده است. می توان یک مدل ساده را به عنوان مدل اولیه اختیار نمود و بعد با توجه به مشاهدات این مدل را کامل نمود.

پس **مدل سازی = ساده سازی مدل --> کامل سازی مدل**

عمل ساده کردن مدل معمولا با یکی از راههای زیر انجام می شود:

۱- ثابت فرض کردن متغییر ها

۲- حذف متغییرها و یا ادغام آنها در یکدیگر

۳- خطی فرض نمودن روابط میان ورودی ها با یکدیگر و با خروجی ها

۴- محدود کردن دامنه مسئله (فرض یک حالت خاص برای شروع و سپس تعمیم مسئله)

۵- افزودن محدودیت های بیشتر

انواع مدل

مدل ها را می توان به دو دسته **فیزیکی** و **ریاضی** تقسیم بندی نمود.

- مدل فیزیکی در حقیقت ماکتی و سازه فیزیکی است که از سیستم ساخته می شود. در عمل در بسیاری از موارد تهیه این نوع مدل امری بسیار هزینه بر، زمانبر با پیچیدگی فنی بالا می باشد.

- مدل ریاضی، مدلی است که براساس معادلات و روابط ریاضی تهیه شده است.

در این میان ابزار رایانه به منظور پردازش اطلاعات و انجام محاسبات می تواند در تهیه مدل های ریاضی نقش مهمی را ایفا نماید. بدین منظور :

شبیه سازی کامپیوتری از خانواده مدل های ریاضی محسوب می گردد.

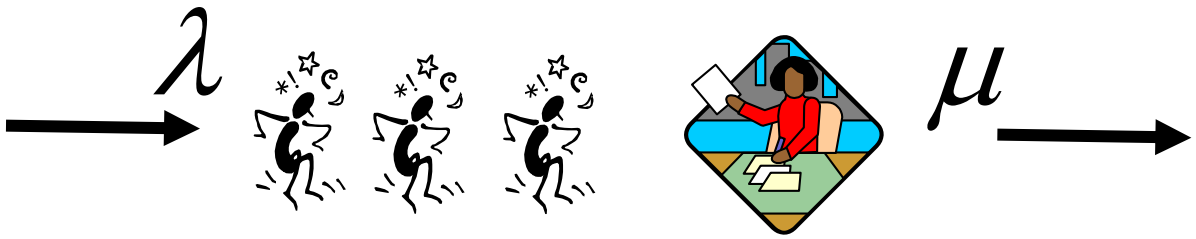
انواع مدل ها

- Physical (prototypes)
- Analytical (mathematical)
- Computer (Monte Carlo Simulation)

- تشریحی (performance analysis)
- تجویزی (optimization)

Physical (Prototypes)

Analytical (Mathematical)



Single Stage Queuing Model

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

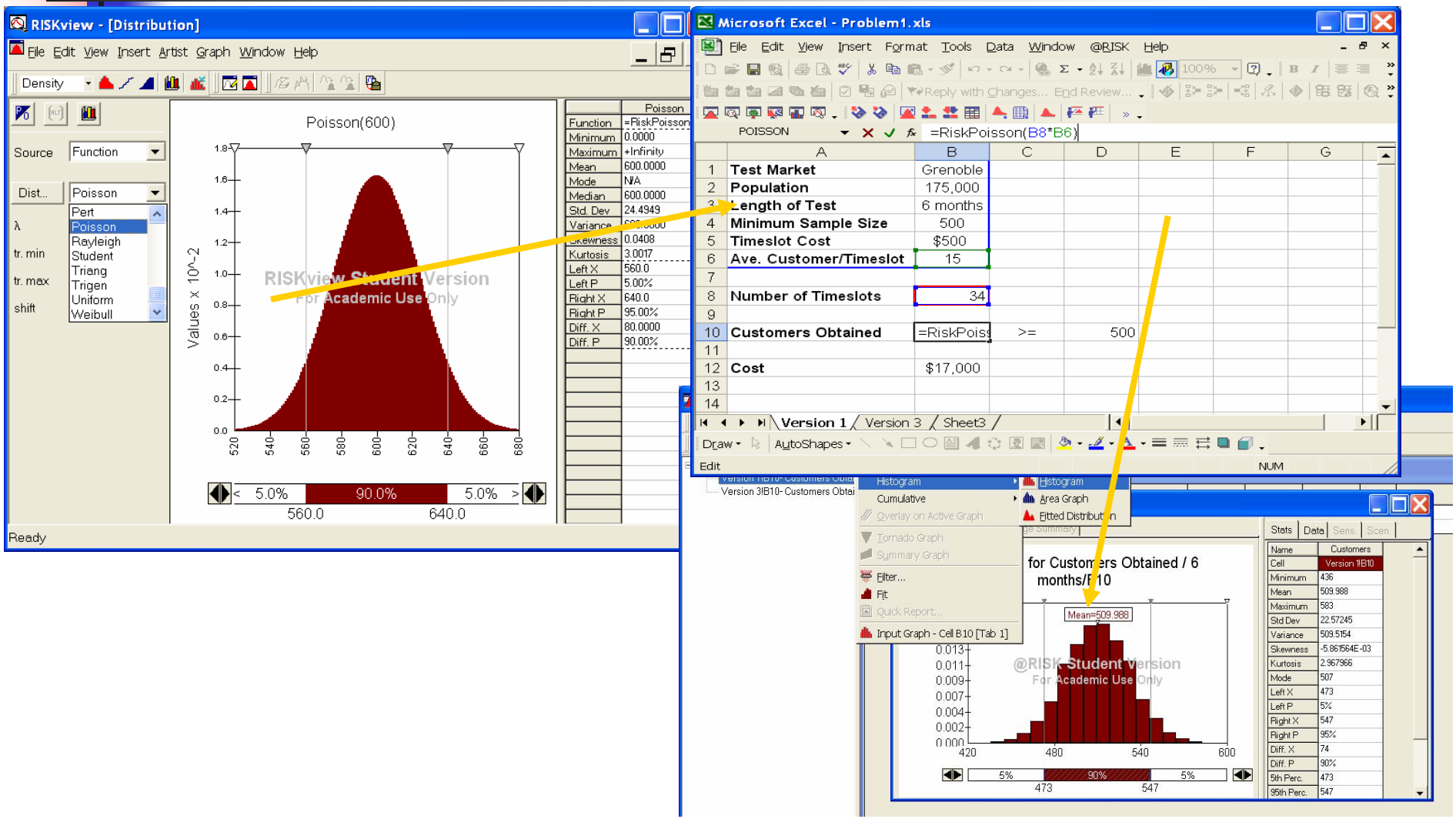
$$W_q = W - \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$\pi_n = P(N = n) = \rho(1 - \rho)$$

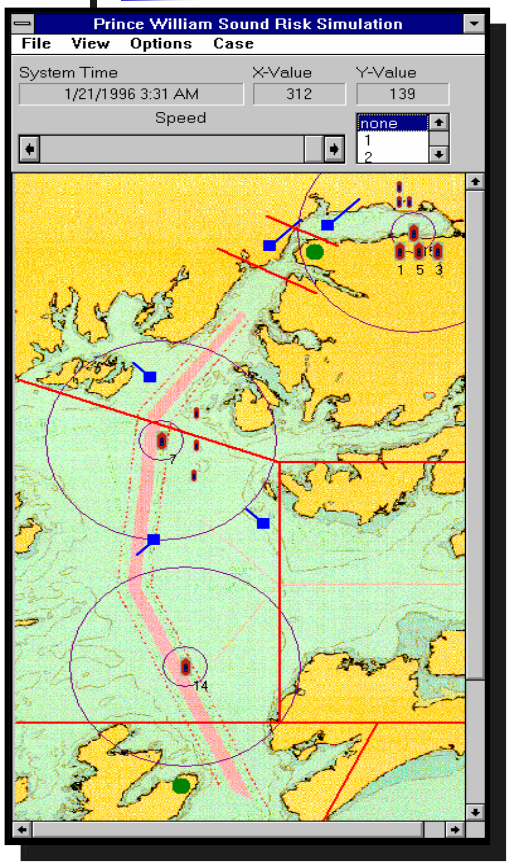
$$L = \lambda W = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$L_q = \lambda W_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Computer
(Monte Carlo Simulation)

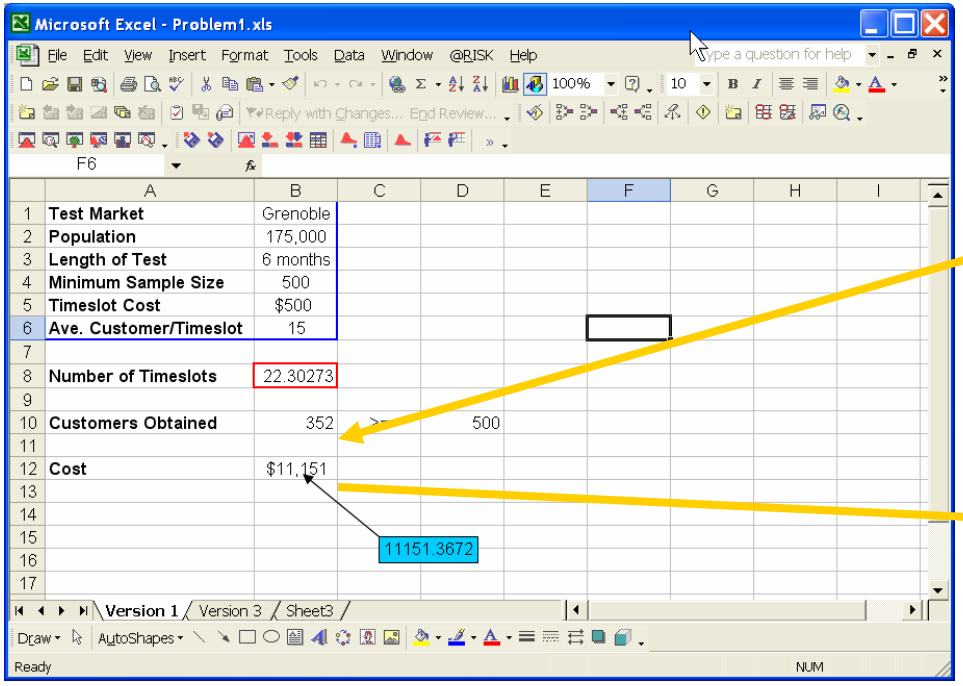


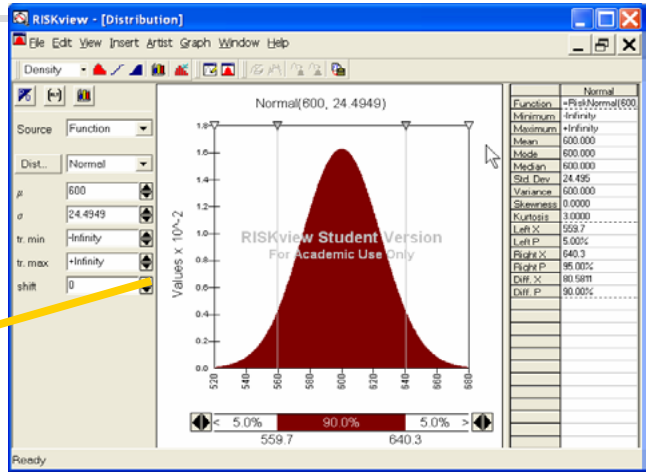
Descriptive
(Performance analysis)

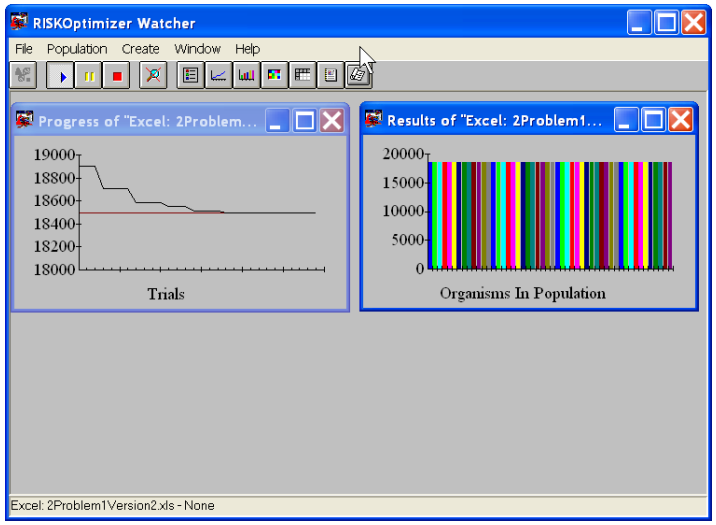


← Simulation
vs.
Real World →

Prescriptive (Optimization)







انواع مدل(ادامه)

مدل شبیه سازی را می توان از منظر **قطعیت وقوع** به دو دسته تقسیم نمود:

۱- یقینی (حرکت زمین بدور خود و حرکت زمین بدور خورشید)
۲- تصادفی (مدل انتشار امواج در فضا و یا مراجعه مشتریان به یک مغازه میوه فروشی)

همچنین هر کدام از حالت های فوق از منظر **تغییر پذیری با زمان** به دو دسته تقسیم می شود :

۱- ایستان (تغییر ناپذیر با زمان)
۲- متغییر با زمان (پویا)

انواع مدل(ادامه)

مدل شبیه سازی را می توان از منظر قطعیت وقوع به دو دسته تقسیم نمود:

۱- مدل یقینی (Deterministic) X(t):

با داشتن آرگومان، مدل کاملا معین است، بعبارتی مدل در هر لحظه از زمان وضعیتی کاملا مشخص دارد. در این مدل یک مجموعه ورودی مشخص یک مجموعه خروجی مشخص را در اختیار می گذارد.

۲- مدل تصادفی (Stochastic) X(t,u) :

وضعیت مدل در هر لحظه از زمان معین نیست بلکه در هر لحظه معین وضعیت مدل با استفاده از یک تابع توزیع احتمال مشخص می گردد. در صورتی که ورودی تصادفی باشد، خروجی سیستم نیز تصادفی خواهد بود. مدل علاوه بر پارامتر t به پارامتر u نیز وابسته است.

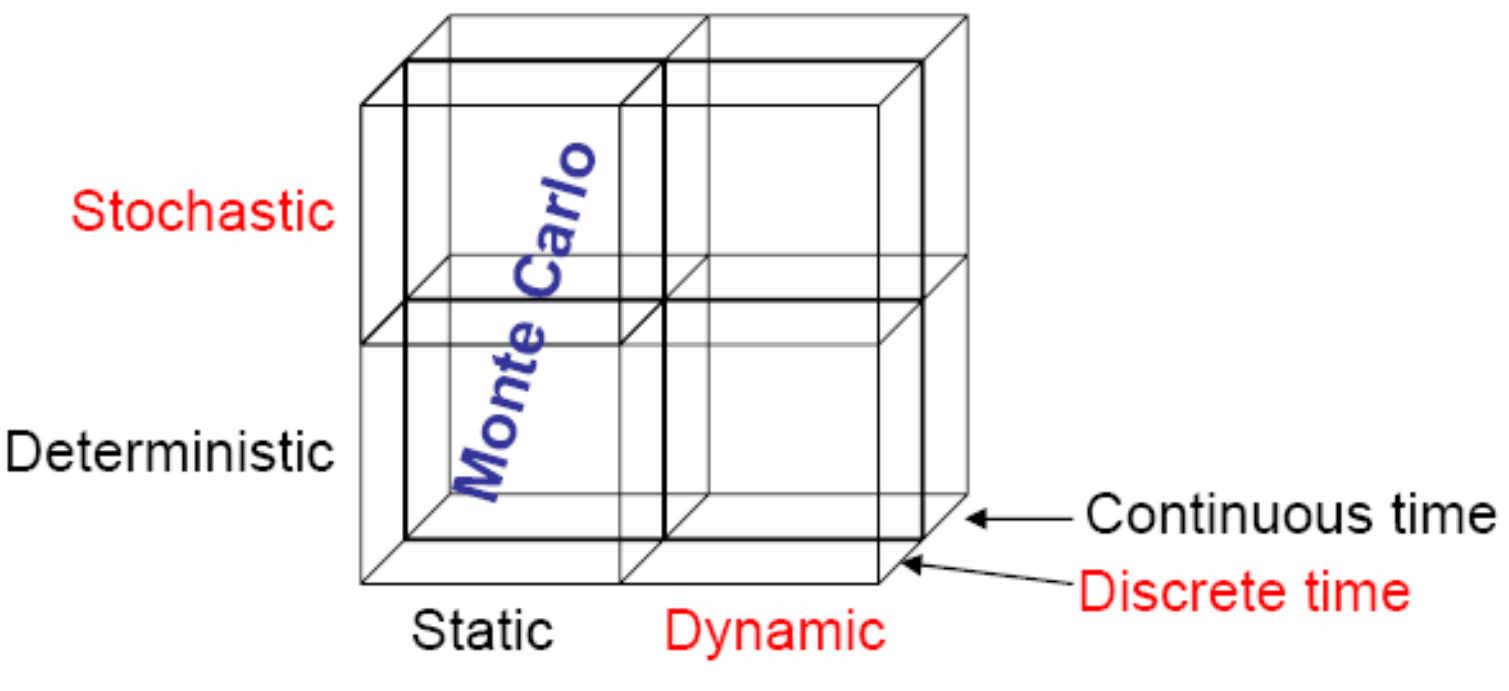
انواع مدل(ادامه)

همچنین هر کدام از حالت های فوق از منظر **تغییر پذیری با زمان** به دو دسته تقسیم می شود :

۱- **ایستان :** مدل وابستگی به زمان ندارد و در همه لحظات دارای وضعیت یکسانی می باشد. یک مدل یقینی ایستان در تمامی لحظات یک وضعیت مشخص دارد $X(t_0)$ و $X(t_0,u)$.

۲- **متغییر با زمان (پویا) :** مدل متغییر با زمان بوده و در هر لحظه مقدار آن تغییر می نماید. یک مدل تصادفی متغییر با زمان در هر لحظه وضعیت نامشخص متفاوتی نسبت به لحظه قبل خود دارد $X(t)$ و $X(t,u)$

انواع مدل(ادامه)



روش مونت کارلو برای شبیه سازی فرآیندها/سیستم های یقینی و یا تصادفی ایستان (تغییر ناپذیر با زمان) بکار گرفته می شود.

مثال

۱- سیستم بانکی از منظر بررسی مدت زمان انتظار مشتریان در محیط بانک برای تهیه نرم افزار CRM

- **متغییرهای حالت**:

نرخ ورود و خروج کاربر- تعداد تحصیلدار(باجه) در بانک - تعداد مشتریان حاضر در صف

- **نوع مدل پیشنهادی**:

گسسته – تصادفی – تغییر پذیربا زمان

۲- نویز در سیستم های الکترونیکی و مخابراتی

- **متغییرهای حالت**:

سطح توان نویز

- **نوع مدل پیشنهادی**:

پیوسته – تصادفی – تغییر پذیربا زمان

روش مونت کارلو

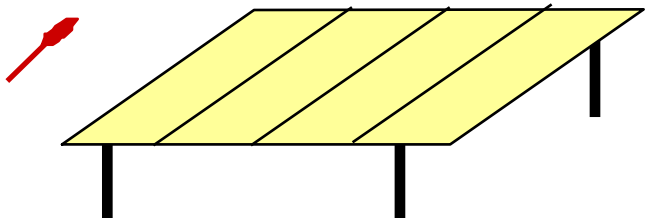
- این روش در زمان جنگ جهانی دوم ابداع شد و با توجه به اینکه فعالیت های نظامی به وسیله آن تحلیل می شد تحت عنوان رمز Monte Carlo نامیده شد.
- این عنوان در سال ۱۹۴۰ توسط فیزیکدانانی که بر روی پروژه بمب اتمی کار می کردند انتخاب شد.
- این روش کاربرهای زیادی در تحلیل فرآیندهای تصادفی گسسته تغییر ناپذیر با زمان دارد. از مسائلی که توسط این روش مورد بررسی قرار می گیرد می توان به تخمین اعداد مجهول و تولید اعداد تصادفی اشاره نمود.
- روش مونت کارلو یک روش نیست و رنج وسیعی از تکنیک ها را شامل می شود ولی همگی این تکنیک ها در سه فاکتور زیر مشترک هستند:
- ۱- دامنه احتمالی ورودی ها را تعیین می گردد.
- ۲- ورودی های متعلق به دامنه مذکور را به صورت تصادفی تولید شده و معیار مورد نظر را محاسبه می گردد.
- ۳- نتایج بدست آمده از تک تک مراحل تکرار را با یکدیگر جمع کرده و نتیجه نهایی استخراج می گردد.
- مثال:

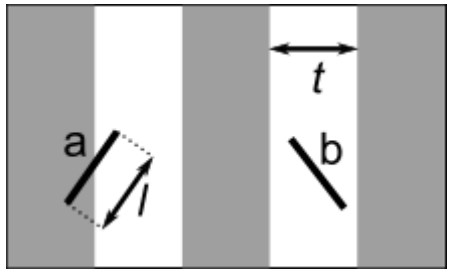
نمونه گیری از توزیع های آماری مجهول – تخمین ثابت های ریاضی خاص

The Buffon Needle Problem

- این مسئله در قرن هجدهم (۱۷۳۳) توسط یک ریاضی دان فرانسوی بـه نـام Georges-Louis Leclerc, Conte de Buffon برای تعیین عدد π مطرح شد.

- فرض کنید سطحی شامل تخته های چوبی هم اندازه به عـرض t در اختیـار اسـت. فـرض کنیـد سوزنی به طول l وجود دارد که $l < t$ است. سوزن را به طور تصادفی بر روی تختـه پرتـاب مـی نماییم. احتمال وقوع آنکه سوزن بر روی مرز بین دو تخته بیافتد چقدر می باشد؟





The Buffon Needle Problem

- اگر فرض کنیم که $t \geq l$ اگر فاصله میان مرکز سوزن تا اولین مرز چوب را با X و زاویه بین راستای سوزن و مرز بین تخته ها را با θ نشان دهیم. آنگاه تابع چگالی احتمال وقوع X نقطه ای در این بازه دارای توزیع یکنواخت و برابر با می باشد:

$$\frac{2}{t}\,dx.$$

- تابع چگالی احتمال زاویه سوزن برابر با:

$$\frac{2}{\pi}\,d\theta.$$

- با توجه به استقلال این دو متغییر تصادفی برای تابع چگالی احتمال توام داریم:

$$\frac{4}{t\pi}\,dx\,d\theta.$$

- سوزن بر روی مرز خواهد بود اگر:

$$x \leq \frac{l}{2}\sin\theta.$$

- احتمال آنکه سوزن در این ناحیه باشد:

$$\int_{\theta=0}^{\frac{\pi}{2}} \int_{x=0}^{(l/2)\sin\theta} \frac{4}{t\pi}\,dx\,d\theta = \frac{2l}{t\pi}.$$

The Buffon Needle Problem

- حال از n سوزن پرتاب شده اگر h عدد مرز را قطع کند داریم:

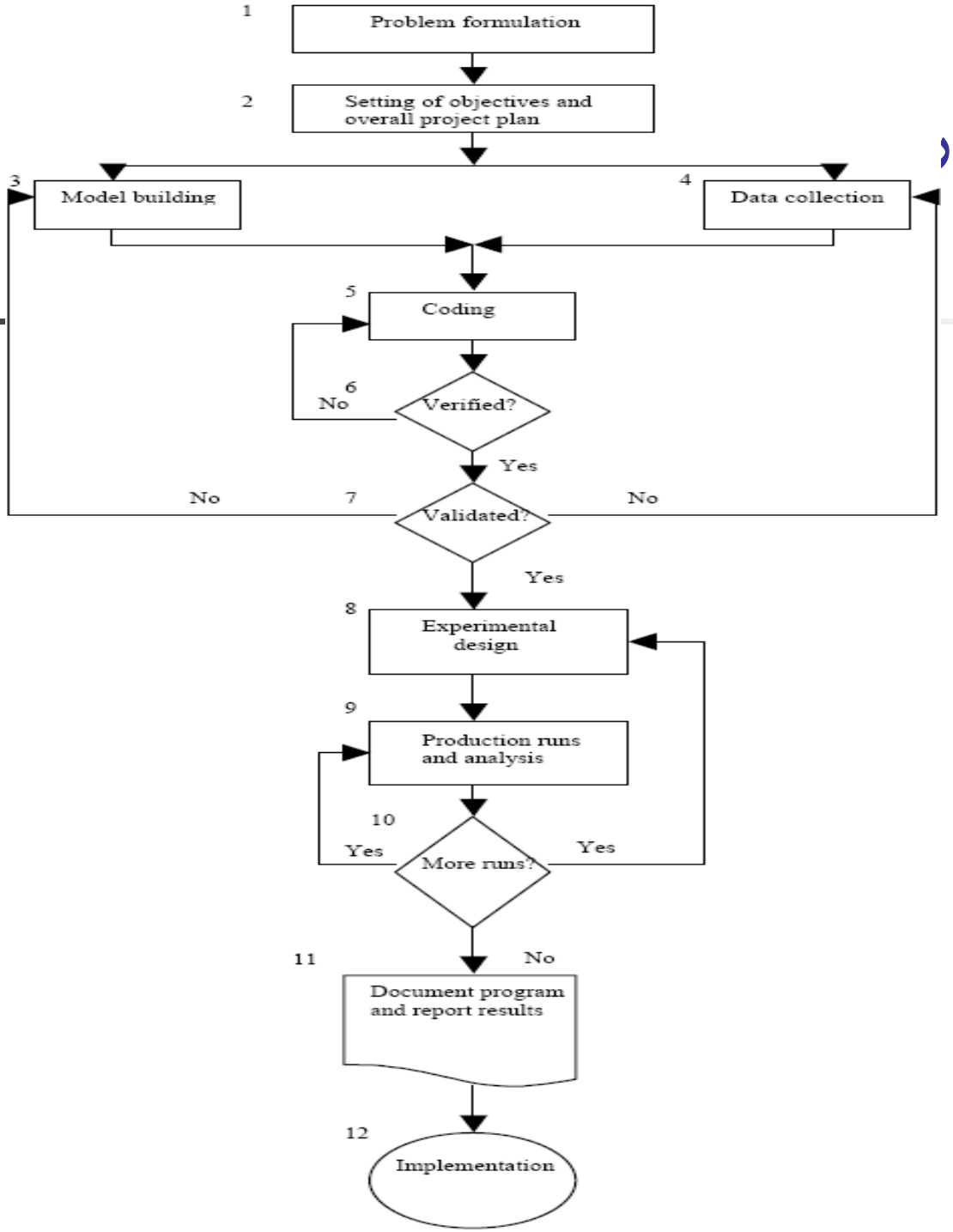
$$\frac{h}{n} = \frac{2l}{t\pi},$$

- از رابطه فوق می توانیم تقریبی برای عدد π بدست آوریم:

$$\pi = \frac{2ln}{th}.$$

- ریاضی دان ایتالیایی Mario Lazzarini این آزمایش را به صورت عملی پیاده سازی نمـود. وی سوزن را ۳۴۰۸ بار بر روی سطح مذکور پرتاب نمود و تقریـب ۳۵۵/۱۱۳ را بـرای عـدد π بدسـت آورد که خطای آن 3×10^{-3}بود.
- در حال حاضر با توجه به تقریب های دقیق عدد π اگر ۲۱۳ بار سوزن را پرتاب کنـیم و از ایـن تعداد ۱۱۳ بار مرز را قطع نماید تقریب دقیق عدد π حاصل می شود.

گامهای اساسی در شبیه سازی



گامهای اساسی در تدوین فرآیند شبیه سازی

۱- **درک و شناخت صورت مسئله** با توجه به تعاریف ارائه شده از طرف درخواست کنندگان

۲- **تعیین اهداف و طرح کلی پروژه:** در هر شبیه سازی هدف پاسخگویی به سوالات درخواست کنندگان است. انطباق روش شبیه سازی برای تحلیل مسئله و این اهداف از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین طرح سازمانی شبیه سازی اعم از هزینه ها و جداول زمانبندی لازم است تا در ابتدای کار تهیه گردد.

۳- **گردآوری داده ها:** در این مرحله داده های ورودی مورد نیاز جمع آوری می شود. با توجه به اینکه این داده ها اثر مستقیمی بر نحوه مدلسازی سازی دارد به طور موازی و هم زمان با مدلسازی انجام می شود. همچنانکه پیچیدگی مدل تغییر می کند لازم است تا در برخی موارد اطلاعات جدیدتری کسب شود بنابراین مرحله سوم (۳) و چهارم (۴) همزمان انجام می گردند.

۴- **مدلسازی:** در ابتدا یک مدل ساده در مراحل اولیه شبیه سازی با توجه به درک مسئله و اهداف از پیش تعیین شده انتخاب می گردد. این مدل نوع و طیف اطلاعات مورد نیاز در مرحله سوم را تعیین می کند بنابراین این دو مرحله همزمان اجرا می گردند. در مراحل بعدی با توجه به نیاز مسئله مدل تکمیل می گردد. لازم است تا پیچیدگی مدل از حدی که تامین کننده نیاز متقاضی بیشتر نگردد. زیرا عامل به هدر رفتن زمان و افزایش هزینه ها می گردد.

گامهای اساسی در تدوین فرآیند شبیه سازی (ادامه)

۵- **برنامه نویسی:** بر اساس اطلاعات گردآوری شده و همچنین مدل انتخاب شده می توان با استفاده از یکی از زبان های خاص شبیه سازی مانند GPSS، SLAM، SIMSCRIPT، Matlab، Arena فرآیند کاری را مدل نمود. این زبان ها فرآیند شبیه سازی را تا حدامکان تسریع و تسهیل می نمایند.

۶- **ارزیابی درستی یا نادرستی برنامه نوشته شده.** در این مرحله برنامه تهیه شده بررسی می شود. لازم است تا برنامه به منظور رفع مشکلات احتمالی بازخوانی و چک شود. در صورت عدم تایید صحت برنامه مرحله بررسی و تصحیح تا زمان کشف مشکل و رفع آن ادامه می یابد.

۷- **سنجش اعتبار:** در این مرحله مدل شبیه سازی شده به منظور سنجش میزان انطباق آن با سیستم واقعی مورد بررسی قرار می گیرد. برای ارزیابی داده های که به صورت عملی و کار میدانی جمع آوری شده است در مدل شبیه سازی شده بکارگرفته می شود. سپس انطباق این دو دسته نتیجه مورد ارزیابی قرار می گیرد. در صورت عدم تایید لازم است تا اطلاعات جمع آوری شده بررسی و مدل بازنویسی شود.

گامهای اساسی در تدوین فرآیند شبیه سازی (ادامه)

۸- **طرح آزمایشی:** در این مرحله طرح شبیه سازی شده به وسیله روش های خاص خود (ریاضی) مورد بررسی و ارزیابی قرارا می گیرد.

۹- **اجرای مدل**، گردآوری نتایج و تحلیل نتایج: به منظور کسب اطمینان از صحت نتایج برنامه تهیه شده چندین بار تکرار می گردد. محدوده زمانی آزمایش و تعداد تکرار آزمایش بر اساس معیار های خاص خود انتخاب می گردد.

۱۰- **اجراهای بیشتر**؟ بر اساس نتایج بدست آمده مشخص می شود که آیا اجرا های بیشتری مورد نیاز است یا خیر؟

۱۱- **مستند سازی برنامه و اعلام نتایج:** این اطلاعات به منظور درک چگونگی کارکرد برنامه برای استفاده کنندگان آتی تهیه می گردد. انواع فرض ها و پارامترهای اختیار شده به منظور شفاف سازی روند شبیه سازی لازم است تا گردآوری و مستند گردد. بدین شکل در صورت نیاز می توان شرایط شبییه سازی را تغییر داد.

تمرین سری اول

- جدول شناسایی سیستم را برای موارد زیر تشکیل دهید؟

۱- تعمیرگاه وسایل خانگی
۲- اتاق اورژانس بیمارستان
۳- شرکت تاکسیرانی با ۲۰ عدد خودرو
۴- خط مونتاژ خودرو
۵- مسیریاب (Router)
۶- Network Attached Storage (NAS)

- در فلوچارت گامهای اساسی شبیه سازی با ادغام فرآیندهای همانند، دست کم از تعداد گامها دو گام را کاهش دهید دلایل خود را بدقت شرح دهید.

- شبیه سازی ترافیک در تقاطعی مهم است. به منظور کاهش بار ترافیک فعلی گامهای اول و دوم فلوچارت را ۳ مرتبه تکرار کنید و هر بار مدل را پیچیده تر نمایید. مراحل کاری و دلایل خود را شرح دهید.