

اصول شبیه سازی

Basics of Simulation

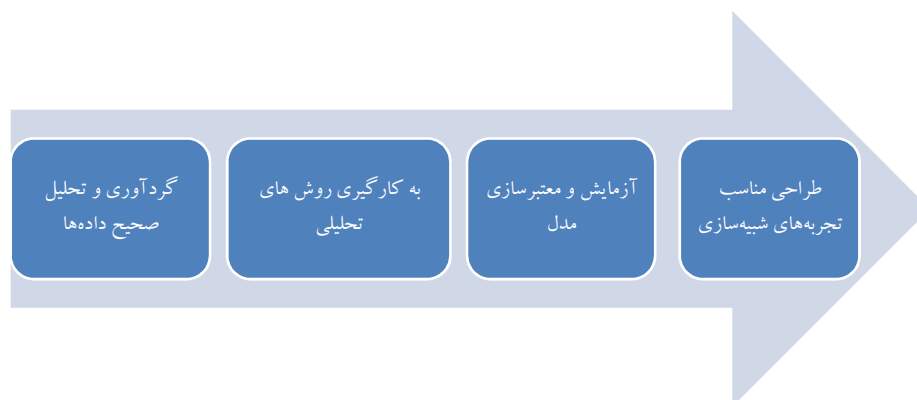
دانشگاه کردستان، پاییز ۱۳۹۷

دکتر عبدالسلام قادری

شبیه سازی

- ❑ - واژه ی بسیار آشنا - روش ها و کاربردهایی به منظور تقلیدی از سیستم های واقعی که معمولاً از طریق کامپیوتر انجام می شوند.
- ❑ کاربردی در بسیاری از حوزه ها و صنایع
- ❑ روشی توانمند و بسیار شناخته شده

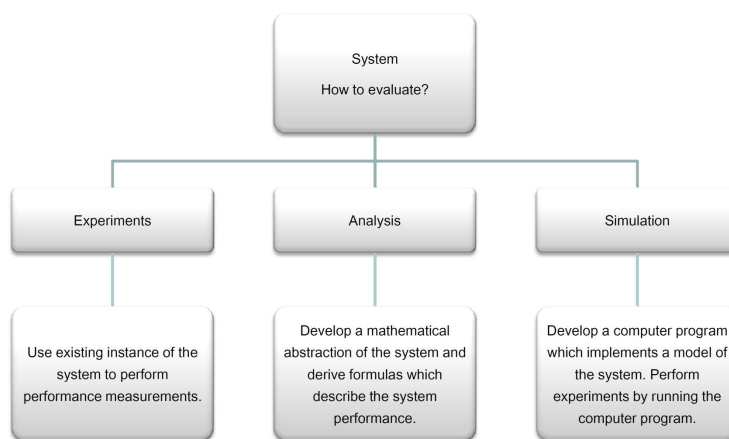
شبیه‌سازی در یک نگاه



A.Ghaderi
University of Kurdistan

موضوعات شبیه‌سازی

- Given a system, how do you evaluate its performance?



A.Ghaderi
University of Kurdistan

4

موضوعات شبیه سازی

▪ Open questions

- What is a system?
- What is a model?
- What is performance and how to measure it?
- On what does performance depend?
- How to build a model?
- How to numerically evaluate it?
- How to interpret such results?

در پایان ترم:

▪ At the end of this course, you should ...

- know about simulation principles
- be able to build models of systems
- be able to identify suitable performance metrics
- be able to design and implement simple discrete event simulation programs
- have some experience with a modern simulation tool
- be familiar with basic statistical questions
- know how to evaluate simulation results
- be aware of common pitfalls

▪ Focus is on practical aspects of implementing a simulator and simulation programs.

Basics of Simulation

منابع و مراجع

- Jerry Banks, John Carson, Barry L. Nelson, David Nicol, "System Event-Discrete Simulation", Fourth Edition, Prentice Hall

ترجمه ویرایش اول کتاب:

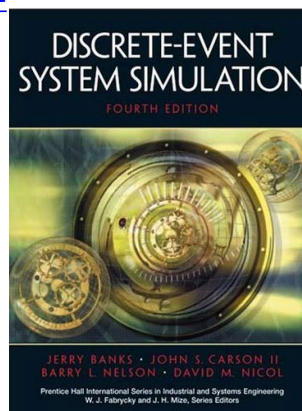
- هاشم محلوچی، شبیه سازی سیستم های گسسته -

پیشامد، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف

- شهروز انتظامی و عبدالوحید خراسانی، آموزش شبیه

سازی عملیات با Arena، انتشارات ناقوس

- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., and Sturrock, D. T., Simulation with Arena, 2006.



A.Ghaderi
University of Kurdistan

7

Basics of Simulation

پیش نیازهای درس

- Necessary
 - Basics of probability theory and statistics
 - Programming language
 - C/C++
 - Java
 - Python
 - Spreadsheet tools
 - OpenOffice.Calc
 - MS Excel

A.Ghaderi
University of Kurdistan

8

پروژه

- به دانشجویان کلاس پروژه یا پروژه هایی (به صورت تکی و گروهی) تخصیص داده خواهد شد تا با استفاده از نرم افزارهای **Excel** و **ARENA** به اجرای آن بپردازد.
- هر دانشجو ماحصل مطالعاتش را طبق زمانبندی (که به اطلاع خواهد رسید) در گزارش های میانی و در کلاس ارائه (در صورت داشتن وقت کافی) و در انتهای ترم گزارش علمی از مطالعاتش را بایستی تحویل دهد.

نحوه ارزیابی

- امتحان میان ترم (... نمره)
- انجام پروژه با نرم افزارهای **Excel** و **ARENA** و دفاع از آن (۱۱ نمره)
- امتحان پایان ترم (۱۰ نمره): شامل مطالب ارائه شده در طول ترم



فهرست مطالب تحت پوشش :

- طرح درس و کلیات شبیه سازی
- آشنایی با مفاهیم و مراحل شبیه سازی
- انواع سیستم های شبیه سازی
- مثالهایی از شبیه سازی و مفاهیم مدل سازی سیستم ها
- تولید اعداد تصادفی
- تولید مقادیر تصادفی
- معرفی زبانهای شبیه سازی
- استفاده از نرم افزار Microsoft Excel جهت انجام شبیه سازی
- معرفی و آموزش نرم افزار شبیه سازی ARENA (زنجیره تأمین با ARENA)



قوانین کلاس

- ❑ تلفن همراه خاموش شود.
- ❑ رعایت اصول اخلاق علمی:
- دانشجو بایستی کارهای انجام داده توسط خود را تحویل دهد.
- ❑ حضور در کلاس اجباری می باشد.
- ❑ بیشتر از ۵ جلسه غیبت منجر به محروم شدن در امتحان نهایی می شود.
- ❑ تأخیر در آمدن کلاس و رفت و آمدهای بی مورد در طی تدریس مجاز نمی باشد.
- ❑ مشارکت: حضور فعال در کلاس و بحث و گفتگو تشویق می گردد. حل مسائل مختلف مطرح شده در کلاس نمره مثبت دارد. ☺
- ❑ حضور در کلاس درس بدون همراه داشتن کاغذ و خودکار جایز نیست.
- ❑ حضور دانشجو در کلاس درس صرفاً بایستی جنبه آموزشی داشته و صحبت کردن، جویدن آدامس، چرت زدن و مواردی از این قبیل که منجر به برهم زدن تمرکز بقیه دوستان شود، جایز نیست.

Feedback



مقدمه:

شبیه سازی و مفاهیم آن

- ✓ موارد استفاده
- ✓ مزایا و معایب
- ✓ زمینه های کاربرد
- ✓ تاریخچه استفاده از شبیه سازی
- ✓ سیستم و اجزای آن
- ✓ مثالهایی از سیستم و اجزای آن
- ✓ چالش مطالعه سیستم

شبیه سازی

□ شبیه سازی چیست؟

شبیه سازی تقلیدی از سیستم واقعی با گذشت زمان است.

□ در واقع شبیه سازی یکی از راه های تجزیه و تحلیل و مطالعه سیستم هاست که سیستم مورد مطالعه می تواند یک سیستم تولیدی، اقتصادی و یا حتی اجتماعی باشد.

موارد استفاده شبیه سازی

بیشتر به دو صورت از شبیه سازی استفاده می شود.

- قبل از ایجاد سیستم و به منظور درک روابط بین اجزا و پیشگیری از وقوع مشکلات احتمالی و بهینه نمودن طراحی
- شبیه سازی سیستم مستقر شده و به منظور بررسی اثر سیاست ها و خط مشی های جدید

مزایا و معایب شبیه سازی

مزایا:

- ❑ تکرار پذیری اجراها
- ❑ کم هزینه بودن داده های شبیه سازی نسبت به داده های سیستم حقیقی
- ❑ سهولت استفاده از روشهای شبیه سازی نسبت به مدل های تحلیلی و روشهای دقیق ریاضی
- ❑ توانایی حل مسائل پیچیده دنیای واقعی
- ❑ در نظرگیری مباحث عدم قطعیت و پویایی در مدل سازی

مزایا و معایب شبیه سازی

مزایا (ادامه ...):

- ❑ در حالی که مدل های تحلیلی معمولاً نیاز به فرض های ساده کننده بسیاری دارند تا از لحاظ ریاضی کاربرد پذیر شوند، مدل های شبیه سازی غالباً چنین محدودیت هایی ندارند.
- ❑ در برخی موارد شبیه سازی تنها وسیله یافتن راه حل مسئله است.
- ❑ قابلیت فشردن زمان
- ❑ جوابگویی به سوالات «چه شود اگر» بالاخص در طراحی سیستم های واقعی
- ❑ و ...

مزایا و معایب شبیه سازی

معایب:

- ❑ برای رسیدن به دقت مطلوب معمولاً به اجراهای زیادی در مورد هر مدل شبیه سازی نیازمندیم و ممکن است به هزینه های زیادی در بکارگیری کامپیوتر بینجامد.
- ❑ گاهی شبیه سازی در شرایطی استفاده می شود که روشهای تحلیلی کافی به نظر می رسند.
- این حالت زمانی پیش می آید که استفاده کنندگان با روشهای شبیه سازی آشنا می شوند و آموخته های ریاضی خود را فراموش می کنند.

مزایا و معایب شبیه سازی

معایب (ادامه ...):

- ❑ ساخت و معتبر سازی مدل های شبیه سازی به زمان قابل توجهی نیاز دارد.
- ❑ بایستی به این نکته اشاره نمود که امروزه به دلیل وجود کامپیوترهای با قدرت بالا و زبانهای برنامه نویسی و شبیه سازی مخصوص، ایرادات ۱ و ۳ کمتر وارد است.
- ❑ عدم دستیابی به جواب دقیق، تنها یافتن جواب های تقریبی
- ❑ ساخت مدل نیازمند تجربه و آموزش ویژه ای است

چه وقت شبیه سازی ابزار مناسبی است؟

- مطالعه، بررسی و آزمایش روابط متقابل هر سیستم یا زیر سیستم پیچیده و پویا.
- اعمال تغییرات اطلاعاتی، سازمانی و محیطی و مشاهده تأثیر این تغییرات بر رفتار سیستم.
- استفاده از شناخت به دست آمده در شبیه سازی برای پیشنهاد انجام اصلاحات روی سیستم در دست بررسی.
- شناسایی مهمترین متغیرها و روابط متقابل آنها، با ایجاد تغییر در ورودی های شبیه سازی و بررسی خروجی ها.
- به عنوان ابزاری آموزشی به منظور تقویت روشهای تحلیلی.
- آزمایش طرح ها یا خط مشی های جدید پیش از اجرا و کسب آمادگی لازم برای روبرو شدن با پیشامدهای احتمالی.
- تحقیق در مورد پاسخ های تحلیلی

A.Ghaderi
University of Kurdistan

زمینه های کاربردی شبیه سازی

- شبیه سازی اقتصاد کشور به منظور پیش بینی تاثیر تصمیمات مربوط به خط و مشی اقتصادی
- شبیه سازی جنگ های بزرگ مقیاس به منظور ارزیابی سیستمهای تسلیحاتی تدافعی و تهاجمی
- شبیه سازی سیستمهای بزرگ مقیاس توزیع و کنترل موجودی به منظور اصلاح طراحی این سیستمها

A.Ghaderi
University of Kurdistan

22

زمینه های کاربردی شبیه سازی (ادامه)

- ❑ شبیه سازی عملیات خط تولید به منظور اصلاح طراحی آنها
- ❑ شبیه سازی سیستم ارتباطات تلفنی به منظور تعیین ظرفیت اجزاء مورد نظر برای ارائه خدمات رضایت بخش
- ❑ شبیه سازی سیستم های حمل و نقل به منظور بهبود عملکرد و ایمنی آن
- ❑ و ...

تاریخچه استفاده از شبیه سازی

- The early years (1950s-1960s)
 - ❑ Very expensive, specialized tool to use
 - ❑ Required big computers, special training
 - ❑ Mostly in FORTRAN
- The formative years (1970s-early 1980s)
 - ❑ Computers got faster, cheaper
 - ❑ Value of simulation more widely recognized
 - ❑ Simulation software improved, but they were still languages to be learned, typed, batch processed

تاریخچه استفاده از شبیه سازی (ادامه)

- The recent past (late 1980s-1990s)
 - Microcomputer power, developments in softwares
 - Wider acceptance across more areas
 - Traditional manufacturing applications
 - Services
 - Health care
 - "Business processes"
 - Still mostly in large firms

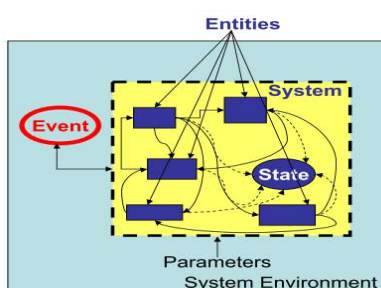
تاریخچه استفاده از شبیه سازی (ادامه)

- The present
 - Proliferating into smaller firms
 - Becoming a standard tool
 - Being used earlier in design phase
 - Real-time control

سیستم و اجزای آن

تعریف سیستم: مجموعه ای از عناصر که با یکدیگر در تعاملند و هدف مشخصی را دنبال می کنند.

مثال: واحد تولیدی-دانشگاه-بیمارستان و ...



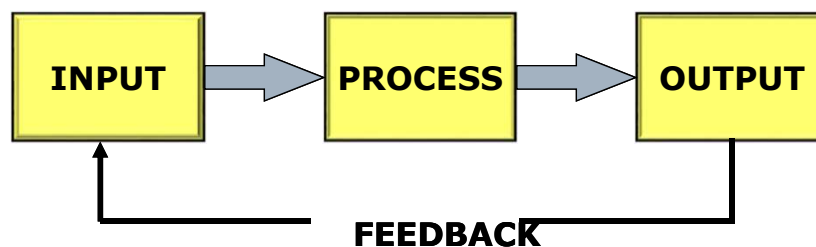
Entity – object of interest in the system
Attribute: property of an entity
Activity: predefined set of actions in a specified time period
State of system: collection of variables that describes the system at any time
Event: Instantaneous occurrence that may be associated with change of system state
System Environment: region outside the system that influences system behavior.
 How to choose the boundary?¹¹

نهاد
 خصیصه
 فعالیت
 حالت سیستم
 رخداد
 پیرامون سیستم

27

A.Ghaderi
 University of Kurdistan

ارکان سیستم



A.Ghaderi
 University of Kurdistan

سیستم و مرز سیستم

اهداف مطالعه سیستم:

- اندازه گیری عملکرد
- بهبود عملیات های سیستم
- آمادگی برای مقابله با مشکلات احتمالی

تعریف: مرز سیستم

- یک مفهوم انتزاعی است.
- آنچه عناصر و اجزای سیستم را از محیط خارج آن جدا می کند، مرز سیستم نامیده می شود که چگونگی تعیین این مرز به هدف مطالعه سیستم بستگی دارد.

سیستم و مرز سیستم

مثال: هنگام مطالعه سیستمی مانند کارخانه، عوامل تاثیر گذار بر تقاضا را خارج از اختیار کارخانه و بخشی از محیط پیرامون آن بشمار می آید.

چنانچه هدف بررسی تاثیر عرضه بر تقاضا باشد، بایستی مرز سیستم را وسیعتر نمود، بگونه ای که تقاضا و عرضه را نیز شامل شود.

(تقاضا و عوامل تاثیر گذار بر آن را نیز شامل شود).

مرز سیستم بایستی بگونه ای در نظر گرفته شود که نه آنقدر کوچک باشد که بسیاری از اطلاعات مسئله نادیده گرفته شود و نه به اندازه ای بزرگ باشد که اطلاعات اضافی ایجاد شود و مسئله بی جهت پیچیده گردد.

سیستم و اجزای آن

تعریف: نهاد

عنصری در سیستم که مورد توجه ماست و می خواهیم در مورد آن اطلاعات جمع آوری کنیم.

مثال: مشتریان و خدمت دهنده ها در یک سیستم بانکی - پرستاران، پزشکان، بیماران، اتاق های عمل و ... در بیمارستان - بازرسان و قطعات در یک ایستگاه بازرسی

سیستم و اجزای آن

تعریف: خصیصه

یک یا چند ویژگی از نهاد می باشد که:

- از هر نهاد به نهادی دیگر ممکن است متفاوت باشد.
- پارامترهای سیستم شبیه سازی تحت تأثیر آن می باشد.
- برای فرایند شبیه سازی مهم است.

مثال: نوع خدمت مورد نیاز به مشتری در یک سیستم بانکی - مبدا و مقصد قطار در راه آهن

سیستم و اجزای آن

تعریف: حالت سیستم

مجموعه متغیرهای لازم برای تشریح سیستم در هر زمان

- شاخص عددی قابل اندازه گیری است
- به هدف شبیه سازی برمی گردد و شاخص های عملکرد را براساس آن ایجاد می کنند.
- تابعی از زمان است.

مثال: در یک سیستم بانکی متغیرهای حالت می توانند بصورت زیر باشند:

تعداد تحویلداران سرگرم کار، تعداد مشتریان منتظر در صف و یا در حال خدمتگیری

سیستم و اجزای آن

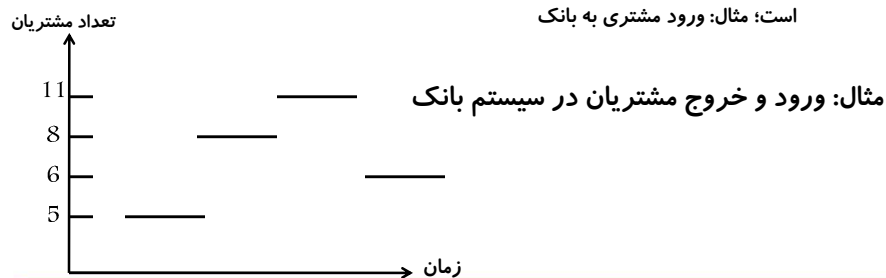
تعریف: رخداد (پیشامد)

رویدادی لحظه ای که حالت یک سیستم را تغییر می دهد و به دو صورت وجود دارد:

(1) درون زا (endogenous): عامل رخداد درون سیستم است؛ مثال: تمام شدن کار یک سرور که باعث کم شدن یک مشتری می شود.

(2) برونزا (exogenous): عامل رخداد بیرون سیستم است ولی بر پیرامون سیستم اثرگذار

است؛ مثال: ورود مشتری به بانک



Basics of Simulation

مثال هایی از سیستم و اجزای آن در شبیه سازی

رخدادها	متغیرهای حالت	خصیصه	نهاد	
				ترمیثال اتوبوسها
				سیستم پیام کوتاه
				سد آب
				مرکز امداد پلیس ۱۱۰

A.Ghaderi
University of Kurdistan

35

Basics of Simulation

مثال هایی از سیستم و اجزای آن در شبیه سازی

رخدادها	متغیرهای حالت	خصیصه	نهاد	
<ul style="list-style-type: none"> ورود یا خروج یک اتوبوس، رسیدن به حد نصاب زمانی یا تعدادی ورود و خروج مسافران 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد اتوبوسهای خالی، تعداد صندلی خالی اتوبوس در حال پر شدن، تعداد اتوبوس در راه و... تعداد افراد منتظر در صف- تعداد افراد داخل اتوبوسهای نیمه پر، تعداد مسافران در راه و... 	<ul style="list-style-type: none"> شماره خط، ظرفیت اتوبوس مبدأ و مقصد 	<ul style="list-style-type: none"> * اتوبوسها * مسافران 	ترمیثال اتوبوسها
				سیستم پیام کوتاه
				سد آب
				مرکز امداد پلیس ۱۱۰

A.Ghaderi
University of Kurdistan

36

Basics of Simulation

مثال هایی از سیستم و اجزای آن در شبیه سازی

رخدادها	متغیرهای حالت	خصیصه	نهاد	
<ul style="list-style-type: none"> ورود یا خروج یک اتوبوس، رسیدن به حد نصاب زمانی یا تعدادی ورود و خروج مسافرین 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد اتوبوسهای خالی، تعداد صندلی خالی اتوبوس در حال پر شدن، تعداد اتوبوس در راه و... تعداد افراد منتظر در صف- تعداد افراد داخل اتوبوسهای نیمه پر، تعداد مسافران در راه و... 	<ul style="list-style-type: none"> شماره خط، ظرفیت اتوبوس مبدأ و مقصد 	<ul style="list-style-type: none"> اتوبوسها مسافران 	ترمینال اتوبوسها
<ul style="list-style-type: none"> دریافت یک پیام ارسال پیام Delivered message 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد پیامهای ارسال شده تعداد پیامهای منتظر برای خواندن تعداد پیامهای pending 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد کاراکتر مقصد نوع SMS 	پیامها	سیستم پیام کوتاه
				سد آب
				مرکز امداد پلیس ۱۱۰

A.Ghaderi
University of Kurdistan

37

Basics of Simulation

مثال هایی از سیستم و اجزای آن در شبیه سازی

رخدادها	متغیرهای حالت	خصیصه	نهاد	
<ul style="list-style-type: none"> ورود یا خروج یک اتوبوس، رسیدن به حد نصاب زمانی یا تعدادی ورود و خروج مسافرین 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد اتوبوسهای خالی، تعداد صندلی خالی اتوبوس در حال پر شدن، تعداد اتوبوس در راه و... تعداد افراد منتظر در صف- تعداد افراد داخل اتوبوسهای نیمه پر، تعداد مسافران در راه و... 	<ul style="list-style-type: none"> شماره خط، ظرفیت اتوبوس مبدأ و مقصد 	<ul style="list-style-type: none"> اتوبوسها مسافران 	ترمینال اتوبوسها
<ul style="list-style-type: none"> دریافت یک پیام ارسال پیام Delivered message 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد پیامهای ارسال شده تعداد پیامهای منتظر برای خواندن تعداد پیامهای pending 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد کاراکتر مقصد نوع SMS 	پیامها	سیستم پیام کوتاه
چون پیوسته است نمی توان پیشامد را تعریف کرد.	<ul style="list-style-type: none"> میزان آب جمع شده در پشت سد حجم آب فرو ریخته 	دبی آب	آب پشت سد	سد آب
				مرکز امداد پلیس ۱۱۰

A.Ghaderi
University of Kurdistan

38

Basics of Simulation

مثال هایی از سیستم و اجزای آن در شبیه سازی

رخدادها	متغیرهای حالت	خصیصه	نهاد	
<ul style="list-style-type: none"> ورود یا خروج یک اتوبوس، رسیدن به حد نصاب زمانی یا تعدادی ورود و خروج مسافران 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد اتوبوسهای خالی، تعداد صندلی خالی اتوبوس در حال پر شدن، تعداد اتوبوس در راه و... تعداد افراد منتظر در صف- تعداد افراد داخل اتوبوسهای نیمه پر، تعداد مسافران در راه و... 	<ul style="list-style-type: none"> شماره خط، ظرفیت اتوبوس مبدأ و مقصد 	<ul style="list-style-type: none"> اتوبوسها مسافران 	ترمینال اتوبوسها
<ul style="list-style-type: none"> دریافت یک پیام ارسال پیام Delivered message 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد پیامهای ارسال شده تعداد پیامهای منتظر برای خواندن تعداد پیامهای pending 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد کاراکتر مقصد نوع SMS 	<ul style="list-style-type: none"> پیامها 	سیستم پیام کوتاه
<ul style="list-style-type: none"> چون پیوسته است نمی توان پیشامد را تعریف کرد. 	<ul style="list-style-type: none"> میزان آب جمع شده در پشت سد حجم آب فرو ریخته 	<ul style="list-style-type: none"> دبی آب 	<ul style="list-style-type: none"> آب پشت سد 	سد آب
<ul style="list-style-type: none"> برقراری یک تماس ارسال نیرو به منطقه مورد نظر 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد تماسهای برقرار شده تعداد سروهای مشغول به کار تعداد نیروی اعزام شده و ... 	<ul style="list-style-type: none"> نوع امداد مورد نیاز مدت زمان مکالمه 	<ul style="list-style-type: none"> تماسها 	مرکز امداد پلیس ۱۱۰

A.Ghaderi
University of Kurdistan

39

Basics of Simulation

مثال هایی از سیستم و اجزای آن در شبیه سازی

رخدادها	متغیرهای حالت	خصیصه	نهاد
			<ul style="list-style-type: none"> ایستگاه تاکسی سرویس حمل و نقل پمپ بنزین بیمارستان آتش نشانی سیستم هزینه های شخصی برج مراقبت از پرواز سیستم ثبت نام دانشکده e-mail شخصی یک رستوران سلف سرویس

A.Ghaderi
University of Kurdistan

40

چالش مطالعه سیستم

- ❑ اغلب اوقات مطالعه فیزیکی سیستم ها، بسیار مشکل و هزینه بر است و یا حتی ناممکن می باشد.
- ❑ از باب مثال:
- ❑ شما نمی توانید طرح های مختلف استقرار تجهیزات یک کارخانه که هنوز ساخته نشده را مورد آزمایش قرار دهید.
- ❑ و حتی در یک کارخانه موجود نیز ممکن است بسیار پرهزینه باشد.
- ❑ کاستن تعداد بانه های خدمت رسانی در بانک به منظور بررسی اثر آن بر طول صف انتظار (نارضایتی مشتریان و رجوع به بانک های رقیب)

در این شرایط راه کار چیست؟

بحث جلسه آینده

- ❑ مدل سازی و سیستم های شبیه سازی

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.

□ از این مرحله به بعد، عمل کامل کردن مدل آغاز می شود و با اضافه کردن

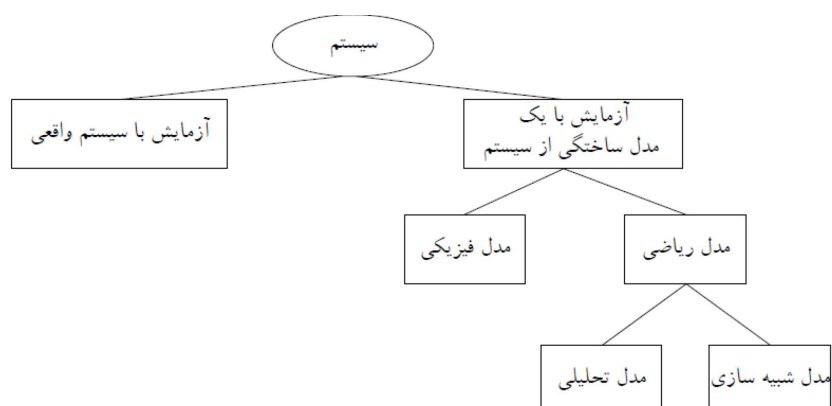
جزئیات سعی می شود به مدل مورد نظر نزدیک شد.

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

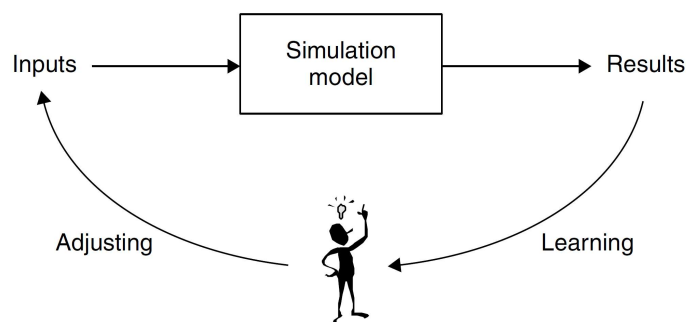
مدلهای شبیه سازی ریاضی یا فیزیکی؟



Characteristics of a Good Model

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

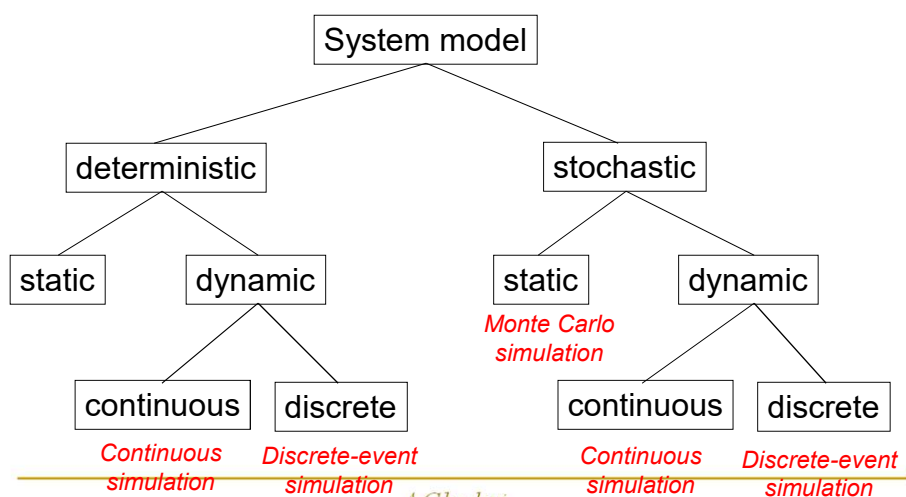
شبیه سازی به عنوان یک سیستم

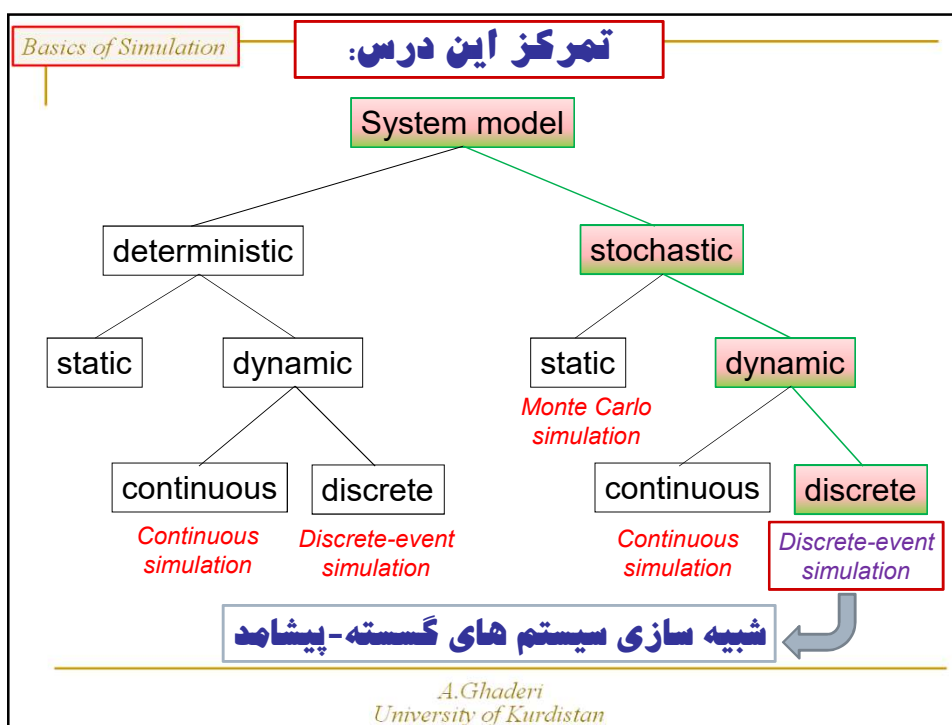


انواع مدل‌های شبیه سازی

- ❑ 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

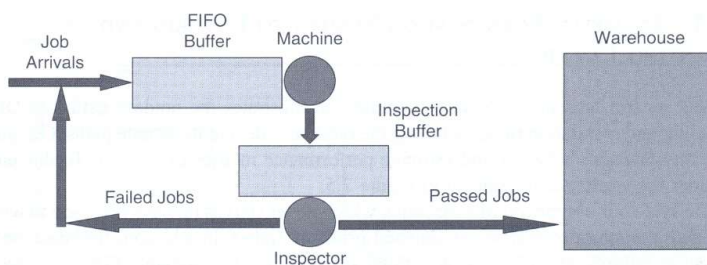


Figure 2.4 A single FIFO machine with inspection and storage.

A.Ghaderi
University of Kurdistan

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.

A.Ghaderi
University of Kurdistan

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:

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

شبیه سازی ایستا (مثال)

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

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

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

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

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

بنابراین مسئله بر آورد انتگرال به مسئله تقریب زدن امید ریاضی Y تبدیل شده است.

شبیه سازی ایستا (مثال)

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

به منظور یافتن تقریبی برای $E(Y) = I$ از میانگین نمونه به صورت زیر استفاده می شود.

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

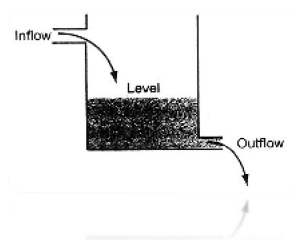
$$\Rightarrow E(Y) = \bar{Y} = \frac{(b-a)}{n} \sum_{i=1}^n g(X_i)$$

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

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

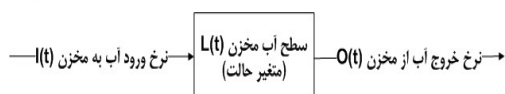
شبیه سازی پویا (شبیه سازی سطح آب درون مخزن)



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

الف) متغیر حالت

ب) متغیر نرخ

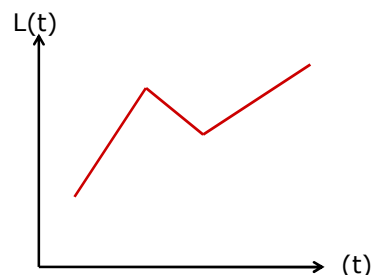


شبیه سازی پویا (شبیه سازی سطح آب درون مخزن)

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

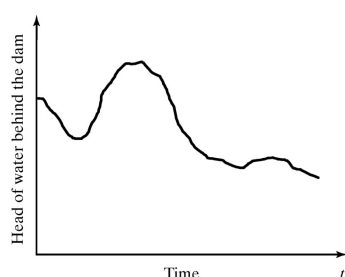
□ سیستم گسسته سیستمی است که متغیرهای حالت تنها در مجموعه گسسته از زمان تغییر کند.

□ 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.

Basics of Simulation

سیستم پیوسته

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



□ مثال: آب درون یک مخزن

A.Ghaderi
University of Kurdistan

67

Basics of Simulation

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.

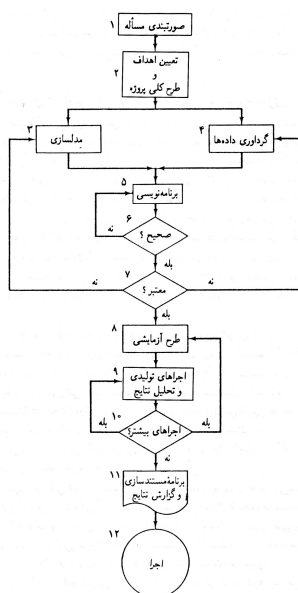
□ مثال: اگر بیماران در زمانهای از پیش تعیین شده و مشخصی وارد مطب پزشک شوند و ویزیت آنها نیز در زمان مشخصی صورت گیرد، با یک سیستم قطعی مواجه خواهیم بود.

A.Ghaderi
University of Kurdistan

68

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:

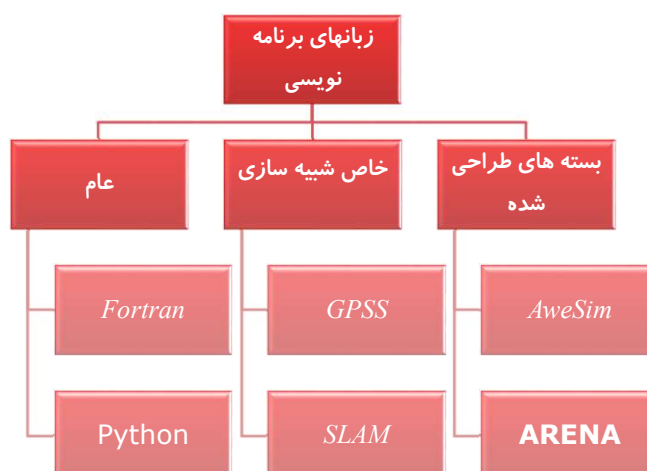
- داده های مربوط به زمانهای بین دو ورود برای تعیین توزیع احتمالی آن
- داده های مربوط به زمان های خدمت دهی برای تعیین توزیع احتمالی آن

گام های اساسی در بررسی های مبتنی بر شبیه سازی

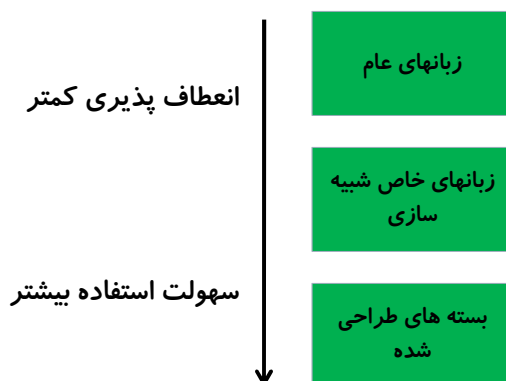
۵- برنامه نویسی:

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