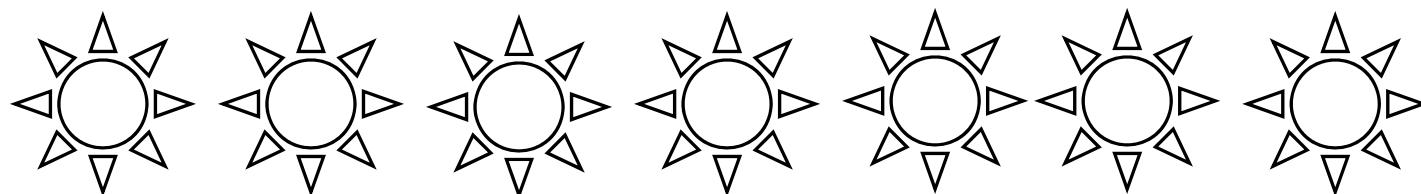


شبیه‌سازی کامپیووتری



2013

M. Damrudi

شبیه سازی

- ❖ شبیه سازی (دستی، کامپیوتری)، تقلیدی از عملکرد سیستم واقعی با گذشت زمان است
- ❖ شبیه سازی مجموعه‌ای از روش‌ها و ابزارهای کاربردی برای ایجاد ساختگی تاریخچه یک سیستم و بررسی آن به منظور دستیابی به نتیجه‌گیری در مورد ویژگیهای عملکرد واقعی آن سیستم است
- ❖ شبیه سازی اصولاً به شکل مجموعه‌ای از فرض‌های مربوط به عملکرد سیستم در چارچوب رابطه‌های ریاضی و منطقی می‌باشد
- ❖ شبیه سازی یکی از پرکاربردترین ابزار موجود علم تحقیق در عملیات است
- ❖ شبیه سازی ابزار و روشی برای تجزیه و تحلیل، مقایسه و بهینه سازی سیستمهای پیچیده ای که تکرار پذیر می‌باشند است

شبیه‌سازی

شبیه‌سازی

- ❖ اجازه ارزیابی عملکرد سیستم را پیش از پدید آمدن می‌دهد.
- ❖ مقایسه گزینه‌های گوناگون را بدون ایجاد اختلال در سیستم واقعی مسیر می‌کند.
- ❖ فشرده‌سازی زمان را به منظور اتخاذ تصمیم‌های به موقع انجام می‌دهد.
- ❖ ساختار ساده و استفاده از نرم‌افزارها، امکان استفاده بسیاری را فراهم می‌کند.

مزایای شبیه سازی

- ❖ پس از ساختن هر مدل می توان به منظور تحلیل طرح های پیشنهادی بارها آن را به کار گرفت
- ❖ می توان از روش های شبیه سازی در کمک به تحلیل هر سیستم پیشنهادی پیچیده استفاده کرد
- ❖ به کار بردن روش های شبیه سازی معمولاً آسانتر از روش های تحلیل است
- ❖ در برخی موارد شبیه سازی تنها وسیله یافتن راه حل مساله است
- ❖ در مدل های تحلیل تنها تعدادی محدود از معیار های سنجش عملکرد سیستم را محاسبه کند اما داده های تولید شده از مدل های شبیه سازی برای برآورد هر معیار سنجش عملکرد کاربرد دارد
- ❖ دستیابی به داده های شبیه سازی کم هزینه تر از فراهم کردن داده های مربوط به سیستم حقيقی است

معایب شبیه‌سازی

- ❖ مدل‌های شبیه‌سازی ممکن است پرهزینه و زمان بر باشند
- ❖ گاهی شبیه‌سازی در شرایطی به کار می‌رود که روش‌های تحلیلی کافی به نظر می‌رسند

زمینه‌های کاربرد شبیه‌سازی

- ❖ حمل و نقل
- ❖ تولید ساخت
- ❖ مسائل صفتی
- ❖ خدماتی
- ❖ نظامی
- ❖ درمانی
- ❖ مهندسی اقتصاد
- ❖ مدلسازی کارایی کامپیوتر
- ❖ صنعت

چه وقت شبیه‌سازی 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 شبیه‌سازی برای پیشنهاد انجام اصلاحات روی سیستم در دست بررسی.
- ❖ شناسایی مهمترین متغیرها و روابط متقابل آنها، با ایجاد تغییر در ورودی‌های شبیه‌سازی و بررسی خروجی‌ها.
- ❖ به عنوان ابزاری آموزشی به منظور تقویت روشهای تحلیلی.
- ❖ آزمایش طرح‌ها یا خط مشی‌های جدید پیش از اجرا و کسب آمادگی لازم برای روبرو شدن با پیشامدهای احتمالی.
- ❖ تحقیق در مورد پاسخ‌های تحلیلی

سیستم و محدوده عمل

یک سیستم گروهی از اشیا و اجزا است که در راستای تحقق اهدافی معین در چارچوب روابط یا وابستگی‌های متقابل، با هم در تعاملند.

محیط سیستم:

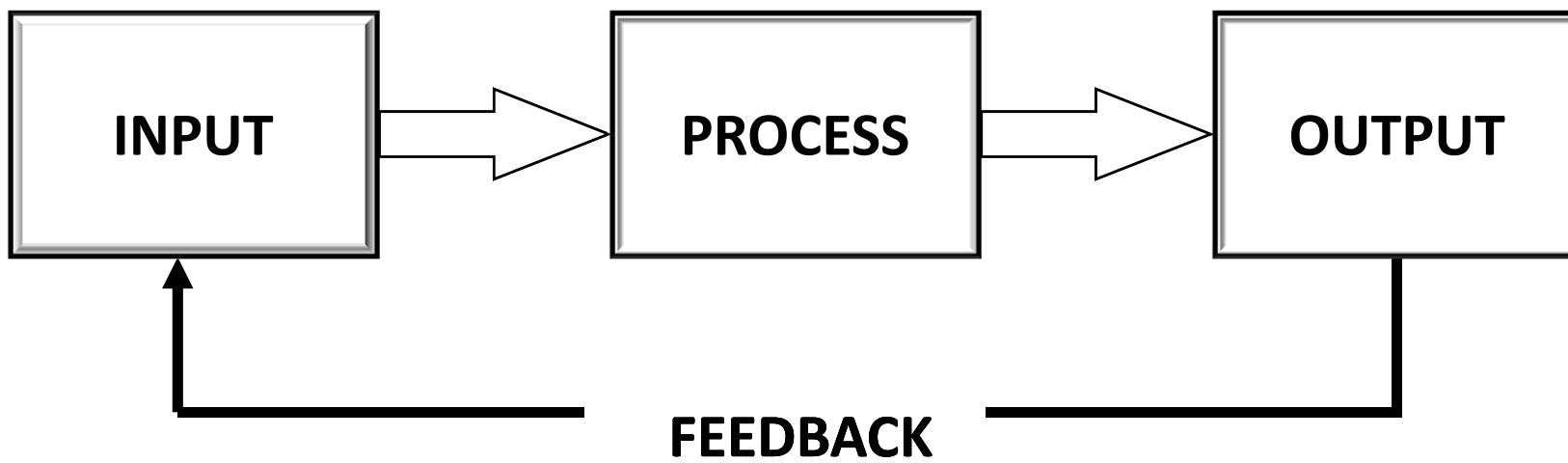
عواملی خارج از سیستم که تحت کنترل نیستند، ولی می‌توانند بر عملکرد سیستم اثر بگذارند محیط سیستم خوانده می‌شود. یک سیستم معمولاً تحت تأثیر تغیراتی است که در خارج سیستم اتفاق می‌افتد. این تغیرات اصطلاحاً در محیط یا پیرامون سیستم اتفاق می‌افتد. در مدل سازی یک سیستم، تصمیم‌گیری نسبت به مرز بین سیستم و محیط سیستم از نکات ضروری و مهم است.

نکته‌ای در تعریف سیستم

اگر عوامل بیرونی به طور جزئی سیستم را تحت تأثیر قرار دهند می‌توان:

- تعریف سیستم را گسترش داد تا عوامل بیرونی را در بر گیرد.
- عوامل بیرونی را نادیده گرفت.
- می‌توان عوامل بیرونی را به عنوان ورودی‌های سیستم در نظر گرفت.

ارکان سیستم



اجزاء سیستم

❖ نهاد یا موجودیت (Entity)

عنصری مورد توجه در سیستم است. عناصر موقتی که در سیستم جاری شده و دارای ابعاد مشخص هستند. عنصر بخش یا جزئی از سیستم است. معمولاً در سیستم جاری هستند و مورد پردازش قرار می‌گیرند. موجودیت با در نظر گرفتن هدف مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

سیستم	موجودیت
راه آهن	قطار
بانک	مشتری

اجزاء سیستم

❖ خصوصیت، مشخصه یا خصیصه (Attribute)

ویژگی موجودیت است و آنرا توصیف می‌کند. یک یا چند صفت از موجودیت می‌باشد.

از هر موجودیت به موجودیت دیگر می‌تواند متفاوت باشد. پارامترهای سیستم شبیه سازی تحت تاثیر آن می‌باشد. برای فرآیند شبیه سازی مهم است.

سیستم	موجودیت	خصیصه
مبدا، مقصد	قطار	راه آهن
نوع خدمت مورد نیاز، مانده حساب جاری	مشتری	بانک

اجزاء سیستم

❖ وضعیت یا متغیر حالت سیستم: (State)

✓ مجموعه ای از شاخصهای کمی برای تشریح وضعیت سیستم در هر لحظه از زمان با توجه به هدف مطالعه سیستم، پیش بینی وضعیت آینده و ارزیابی سیستم است. شاخص عددی معمولاً با مقادیر عددی تخصیصی به مشخصه های موجودیتها تعریف می شود قابل اندازه گیری است.

- ✓ باید طوری انتخاب شود که پس از شبیه سازی بتوان از آن خروجی گرفت.
- ✓ به هدف شبیه سازی بر می گردد و شاخصهای عملکرد را بر اساس آن ایجاد می کنند.
- ✓ تابعی از زمان هست.

حالت	سیستم	موجودیت	خصیصه
ظرفیت خط، تعداد مسافران منتظر در هر ایستگاه	راهن آهن	قطار	مبدا، مقصد
تعداد مشتریان منتظر، تعداد خدمت دهنده های مشغول	بانک	مشتری	نوع خدمت مورد نیاز، مانده حساب جاری

اجزاء سیستم

❖ واقعه یا پیشامد (Event)

رویدادی لحظه‌ای است که می‌تواند وضعیت سیستم (متغیر حالت) را تغییر دهد و دو صورت مختلف دارد:

✓ درون زا : عامل رخداد درون سیستم است.

تمام شدن کار یک سرور که باعث کم شدن یک مشتری می‌شود

✓ برونزا : عامل رخداد از بیرون سیستم است.

ورود یک مشتری

پیشامد	خاصیصه	موجودیت	سیستم
ورود به ایستگاه، رسیدن به مقصد	مبدا، مقصد	قطار	راه آهن
ورود یک مشتری، پایان خدمت دهی	نوع خدمت مورد نیاز، مانده حساب جاری	مشتری	بانک

اجزاء سیستم

❖ فعالیت (activity)

- ✓ هر فعالیت بیانگر یک محدوده زمانی با طول مشخص است.
- ✓ فعالیت دارای دوره زمانی است اما پیشامد آنی است.

مثال

متغیرهای حالت	پیشامد	فعالیت	خصیصه ها	موجودیت	سیستم
تعداد خدمت دهنده های مشغول تعداد مشتریان منتظر	ورود، ترک	سپرده گذاری	مانده حساب جاری	مشتری	بانک
تعداد مسافران منتظر در هر ایستگاه	ورود به ایستگاه رسیدن به مقصد	سفر	مبدا، مقصد	مسافر	قطارسریع اسیر
وضعیت ماشین ها (مشغول، بیکار، از کار افتاده)	از کار ماندگی	جوشکاری، برش	سرعت ظرفیت آهنگ از کار ماندگی	ماشین ها	تولید
تعداد پیام های در انتظار مخابرہ	ورود به مقصد	مخابره	طول، مقصد	پیام ها	ارتباطات
سطح موجودی نقاضی پس افت	تقاضا	خارج سازی کالا از انبار	ظرفیت	انبار	موجودی

تمرین

❖ اجزاء سیستم های زیر را به طور کامل بنویسید.

پلیس ۱۱۰

بیمارستان

E-mail

ترمینال

مشخصه‌های ثابت و متغیر

مشخصه‌ها توصیف کننده موجودیت‌ها هستند. مقدار یک مشخصه می‌تواند در طول زمان تغییر کند (مشخصه متغیر) و یا تغییر نکند (مشخصه ثابت). معمولاً بیشتر علاقمند به مدل کردن مشخصه‌های متغیر هستیم.

مثال‌هایی از مشخصه‌های متغیر:

- تعداد قطعات در خط مونتاژ.
- وضعیت یک ماشین (که منجر به درصد استفاده از ماشین می‌شود).
- زمان تکمیل مونتاژ
- اینکه دکتر مشغول و یا بیکار است.

مثال‌هایی از مشخصه‌های ثابت:

- مسیر تولید یک محصول
- توالی مواردی که می‌بایست روی یک مریض با نوع خاصی از درمان صورت گیرد.

مشخصه در خط مونتاژ

مشخصه‌ها

موجودیت‌ها

(a) وضعیت کاری (بیکار(۰) یا مشغول(۱))

کارگران

(b) ایستگاه‌های کاری تخصیص یافته (۱ و ۲ و ۳ و ...)

(a) وضعیت (بیکار(۰)، مشغول(۱)، منتظر تعمیر(۲) تحت تعمیر(۳)، در حال راهاندازی(۴))

ماشین‌آلات

(b) عمر

(c) زمان عملیات

(a) تعداد قطعات منتظر در صف (۰، ۱، ۲،)

ایستگاه‌های کاری

(a) موعد تحویل

محصولات مونتاژی

(b) استقرار

انواع سیستم های شبیه سازی

Discrete Event System Simulation

گسته: سیستمی که متغیر یا متغیرهای حالت در آن تنها در مقاطع گسته از زمان

تغییر کند

Continuous System Simulation

پیوسته: سیستمی که متغیر یا متغیرهای حالت در آن به صورت پیوسته با زمان تغییر

کند

سیستم گستته مثل بانک

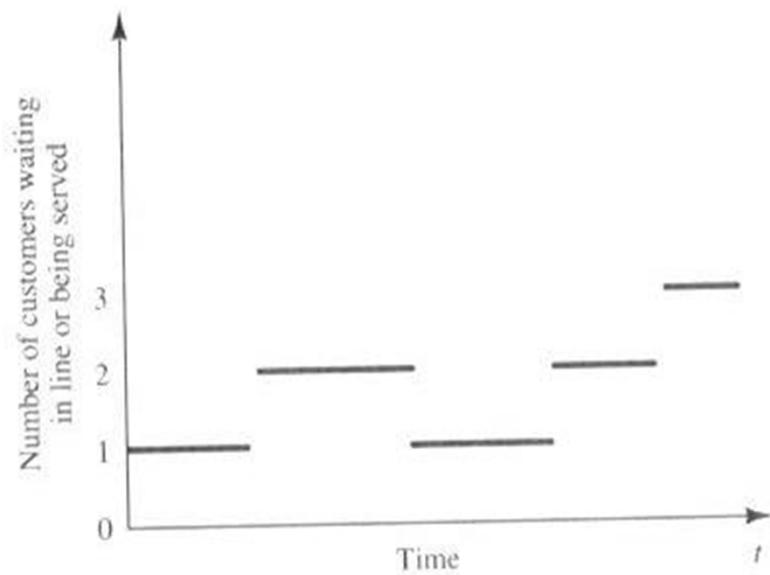


Figure 1.1. Discrete-system state variable.

سیستم پیوسته مثل سطح آب پشت سد

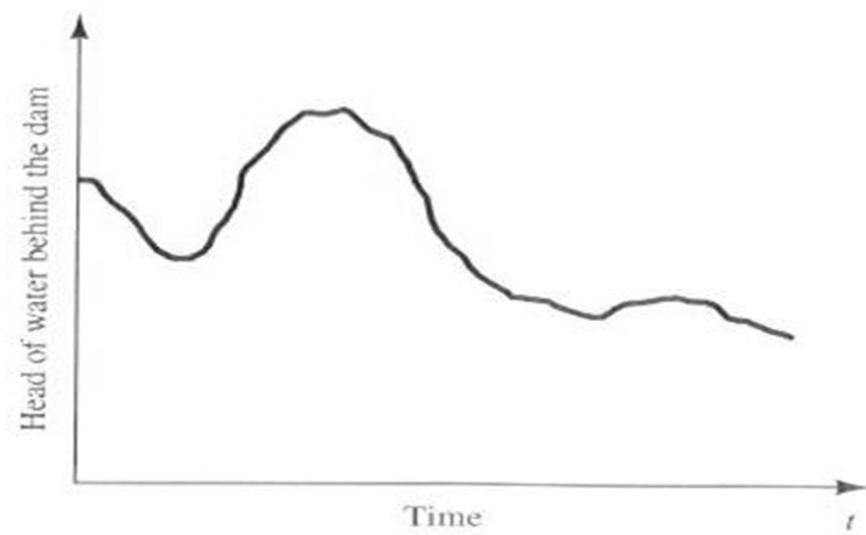


Figure 1.2. Continuous-system state variable.

شبیه‌سازی سیستم‌های گسته پیشامد

Discrete Event System Simulation

شبیه‌سازی سیستمی که متغیرهای حالت آن فقط و فقط در نقاط گسته‌ای از زمان "در لحظه وقوع رویداد" اتفاق بیفتند را شبیه‌سازی سیستم‌های گسته پیشامد می‌نامند.

در حقیقت وضعیت چنین سیستمی در لحظه‌های گسته‌ای از زمان به روز رسانی می‌شود.

مطالعه سیستم

منظور از مطالعه سیستم:

- ✓ اندازه گیری و تخمین عملکردها
- ✓ بهبود عملیاتهای سیستم
- ✓ آماده شدن برای مقابله با شکستها

چالش مطالعه سیستم

اغلب اوقات مطالعه فیزیکی سیستم ها بسیار مشکل و هزینه بر است و یا حتی ناممکن است

✓ نمی توان طرح های مختلف استقرار تجهیزات یک کارخانه را که هنوز ساخته نشده اند

مورد آزمایش قرار داد

✓ در یک کارخانه موجود نیز این کار ممکن است پرهازینه باشد

✓ آزمایش کردن یک رویه جدید بازرگانی در یک فرودگاه

مطالعه سیستم عموما با استفاده از مدل صورت می گیرد

مدل سازی

- ✓ 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.
- ✓ مدل تصویری از یک سیستم به منظور مطالعه آن سیستم است.
- ✓ اصولا یک مدل به منظور گرفتن جنبه های رفتاری خاص از یک سیستم و کسب آگاهی و بینش از رفتار سیستم طراحی می شود.
- ✓ مدل مجموعه ای از فرضهای مربوط به عملکرد سیستم در قالب روابط ریاضی، منطقی و نمادین است.

مدل‌سازی

- ✓ مدل دقیقا همانند سیستم واقعی نیست. بلکه تنها شامل تعدادی از جنبه‌های اساسی و کلیدی سیستم است که برای هدف مطالعه سیستم تأثیرگذار هستند.
- ✓ از این رو مدل خلاصه‌ای از سیستم مورد بررسی است. فرایند ساختن مدل برای افراد متخصص و تصمیم گیرندگان مختلف، روشی اصولی، صریح و موثر را فراهم می‌سازد تا بتوانند قضاوت و ادراک خود را درباره موضوع متمرکز سازند.
- ✓ همچنین با معرفی چارچوبی دقیق، مدل را می‌توان به عنوان ابزاری موثر در برقرار کردن ارتباط به عنوان کمک در کار تفکر روی موضوع به کار برد.

ویژگیهای یک مدل خوب

✓ آسان و قابل درک

✓ هدف محور

✓ استوار

✓ قابل کنترل

✓ کامل در موارد مهم

✓ قابل بهبود و به روز رسانی

روش صحیح مدل سازی

- ❖ شروع با مدلی بسیار ساده
- ❖ تکمیل تدریجی مدل

به منظور ایجاد مدلی مفید از یک فرایند دو مرحله‌ای استفاده می‌شود.

۱- تجزیه: ساده کردن سیستم از طریق حذف جزئیات یا از طریق پذیرش فرضهایی است که روابط حاکم بر عوامل را مهارپذیر می‌کند. عمل ساده کردن عموماً منجر به موارد زیر می‌شود:

✓ تبدیل متغیرها به مقادیر ثابت

✓ حذف یا ادغام متغیرها در یکدیگر

✓ فرض خطی بودن روابط

✓ افزودن محدودیت‌های بیش

۲- ترکیب

انواع مدل‌ها

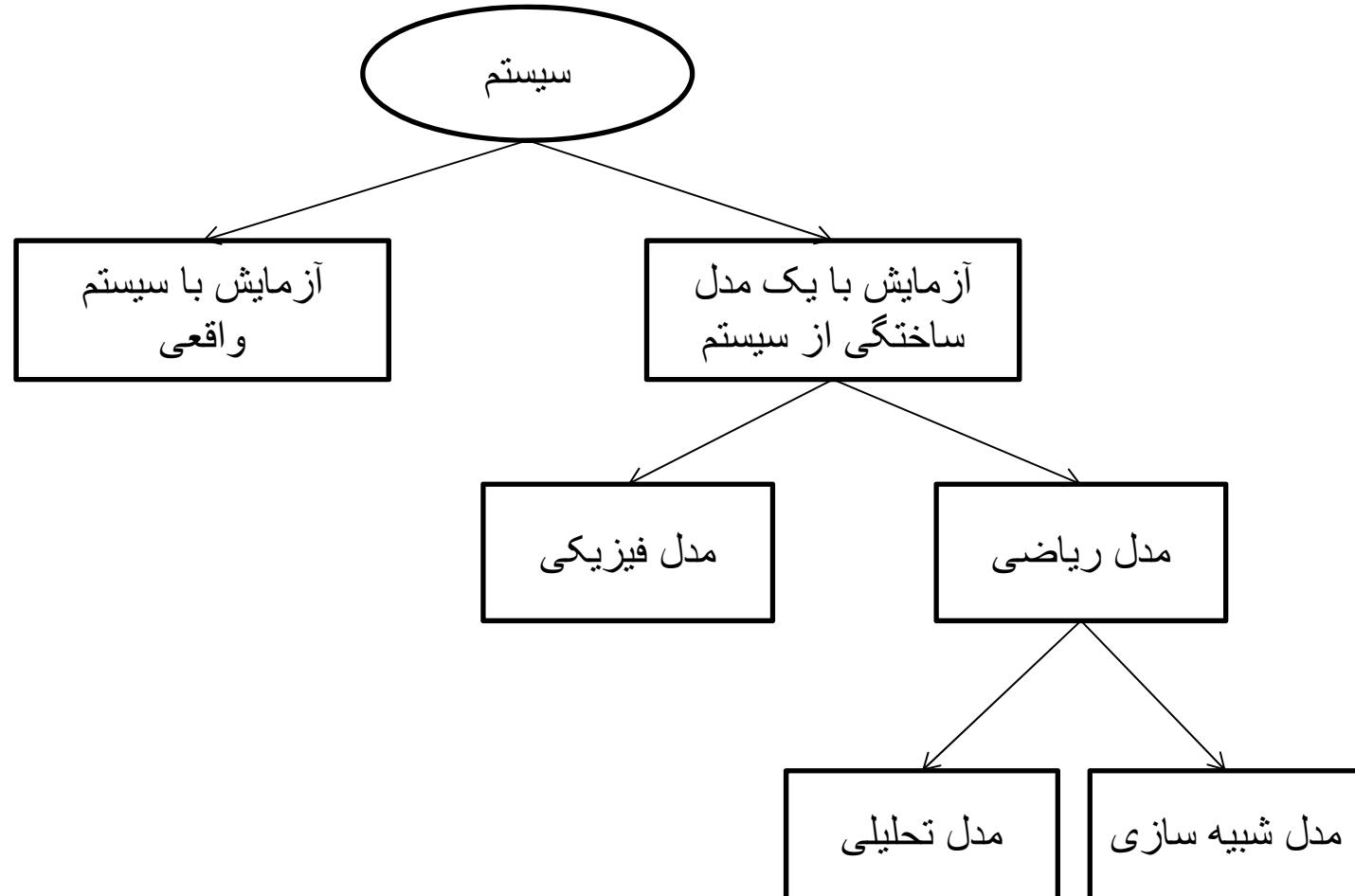
❖ مدل فیزیکی

یک شئ فیزیکی ساده شده با مقیاس کوچک شده می‌باشد. یک سیستم واقعی بصورت مادی و ملموس (فیزیکی) در مقیاس کوچک است (مانند: مدل هواپیما، یک نمونه کامل از رستوران غذای آماده در یک فروشگاه بزرگ)

❖ مدل تحلیلی یا ریاضی

مجموعه‌ای از معادلات و ارتباطات میان متغیرهای ریاضیاتی می‌باشد. ارائه یک سیستم واقعی با استفاده از نمادها و معادلات ریاضی است (مانند: مدل‌های پیش‌بینی، مجموعه‌ای از معادلات که توصیف کننده جریان کاری در خط تولید در کارخانه می‌باشد)

روشهای مطالعه سیستم



دسته بندی مدل‌ها

- ❖ پویا یا استاتیک
- ❖ قطعی یا غیرقطعی (صادفی)
- ❖ گسسته یا پیوسته

دسته بندی از نظر زمان

❖ استاتیک (مونت کارلو)

معرف سیستم در لحظه خاصی از زمان

❖ پویا

معرف سیستم با توجه به تغییرشان در طول زمان

دسته بندی از نظر تصادفی بودن

❖ قطعی

بدون هر گونه متغیر تصادفی

❖ تصادفی

وجود متغیر تصادفی

دسته بندی از نظر گستته یا پیوسته بودن

❖ گستته

تغیرات مدل فقط در مقاطع گستته ای از زمان اتفاق می افتد.

❖ پیوسته

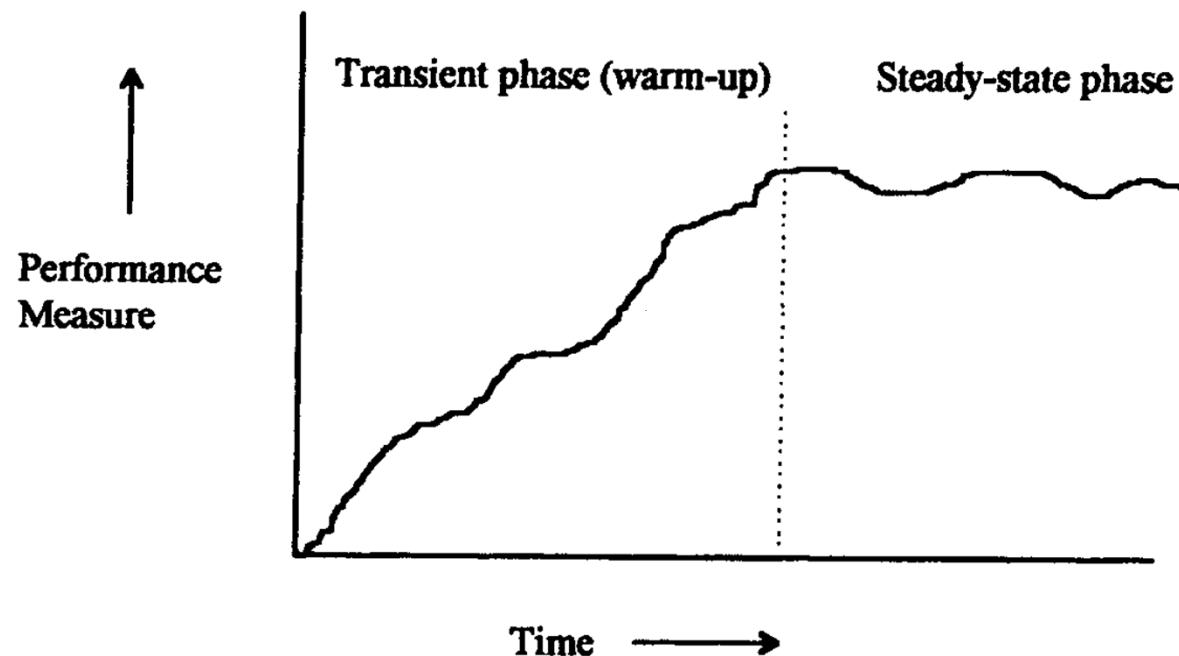
تغیرات مدل بصورت پیوسته با زمان رخ می دهد.

شبیه‌سازی

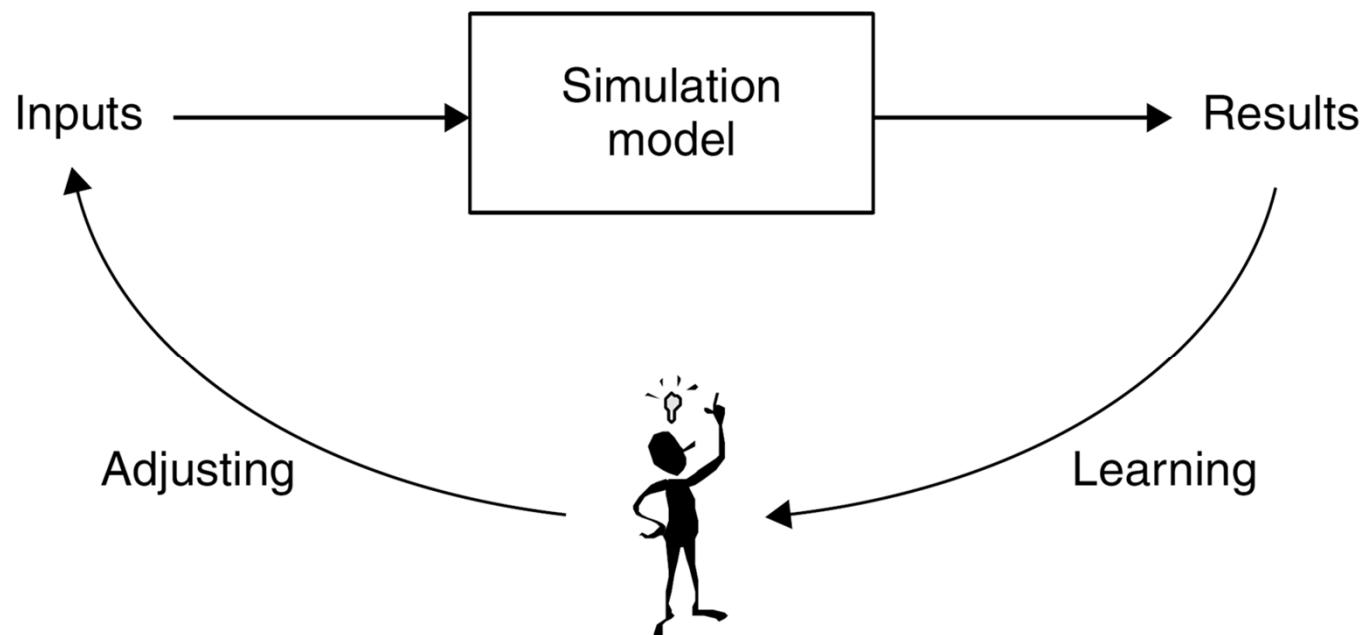
- شبیه‌سازی، بیان رفتار پویایی یک سیستم در حالت پایدار به واسطه حرکت آن از یک وضعیت به وضعیت دیگر بر اساس قواعد عملیاتی تعریف شده است. اصولاً در شبیه‌سازی، از کامپیوتر برای ارزیابی عددی یک مدل استفاده شده و در آن داده‌ها به جهت تخمین ویژگی‌های موردنظر مدل جمع‌آوری می‌شوند.
- شبیه‌سازی کامپیوتری در عامترین معنایش، فرایند طراحی مدلی ریاضی- منطقی از سیستم واقعی و آزمایش این مدل با کامپیوتر است. فرایند مدل‌سازی با استفاده از روابط ریاضی- منطقی و همچنین اجرای مدل به وسیله کامپیوتر به شبیه‌سازی کامپیوتر می‌گویند.

Steady State

حالت پایدار



شبیه سازی به عنوان یک سیستم



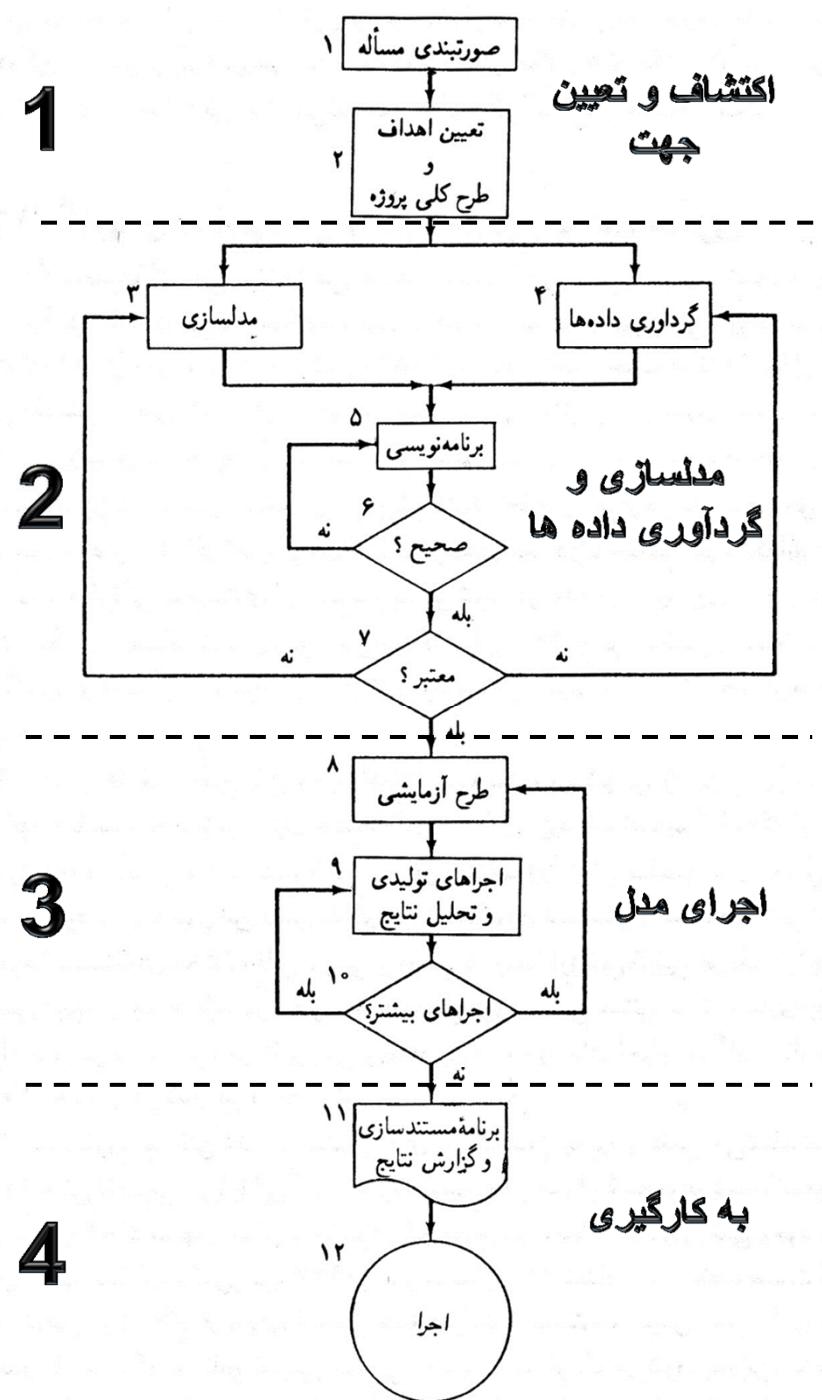
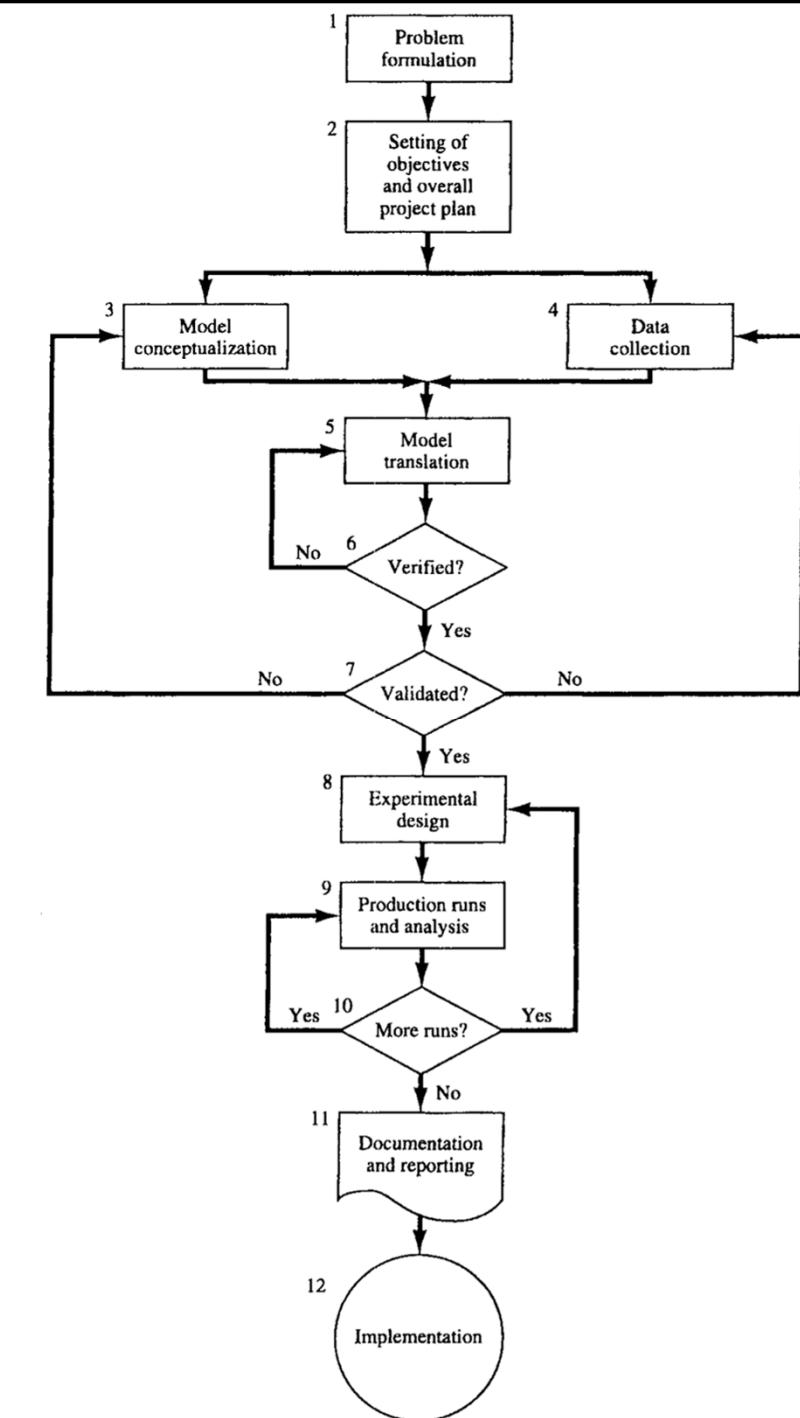
کامپیوتر در شبیه سازی

کامپیوتر داده‌های موردنظر در ارتباط با موجودیت‌های شبیه‌سازی شده را ثبت کرده و یک نمونه ترکیبی از داده‌های عملکردی سیستم را ایجاد می‌کند. سپس مفاهیم آماری برای تحلیل این نمونه داده‌ها در ارتباط با کمیتهای مختلفی چون موارد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- زمانهای انتظار
- توان عملیاتی
- طول صفحه
- زمانهای پردازش
- میزان استفاده از منابع

مراحل ساخت مدل شبیه‌سازی

- ❖ فرموله‌بندی و تعریف مساله
- ❖ تعیین اهداف و طرح کلی پروژه
- ❖ مدل‌سازی
- ❖ جمع آوری داده اطلاعات
- ❖ ساخت مدل (برنامه نویسی)
- ❖ ممیزی مدل (تست، وارسی و بررسی عملکرد برنامه)
- ❖ معترسازی مدل (احراز اعتبار (اعتبارسنجی) مدل)
- ❖ طراحی و اجرای آزمایش‌های شبیه‌سازی.
- ❖ تحلیل خروجی
- ❖ تفسیر و مستندسازی
- ❖ اجراء



فرموله‌بندی و تعریف مساله

- ❖ تحلیلگر (شبیه ساز) در کو واضحی از سیستم پیدا کند.
- ❖ متناسب با هدف حدالامکان دقیق باشد.

تعیین اهداف و طرح کلی پروژه

طرح باید شامل موارد زیر باشد:

- ❖ تعیین سوالاتی که باید به آن ها پاسخ داد.
- ❖ تعیین سناریوهایی که باید بررسی شوند.
- ❖ تعیین معیارهای تصمیم گیری
- ❖ تعیین الزامات داده ای
- ❖ تعیین سخت افزار / نرم افزار و الزامات پرسنلی
- ❖ تعیین یک برنامه زمانی
- ❖ تعیین برنامه هزینه ای و مالی

مدل سازی

خلاصه سازی خصوصیات ضروری:

- ❖ تعیین فرضیات (سطح جزئیات)
- ❖ پیشامد ها
- ❖ موجودیتها
- ❖ خصوصیت ها
- ❖ متغیرها (بیرونی و درونی)
- ❖ روابط بین متغیرها
- ❖ معیارهای عملکردی
- ❖ داده های مورد نیاز

گردآوری داده ها

- ❖ بین ساختن مدل و گردآوری داده های ورودی مورد نیاز رابطه متقابل مداومی وجود دارد.
- ❖ پیشنهاد می شود حدالامکان زود و همراه با مرحله اولیه مدل سازی آغاز گردد.
- ❖ اهداف بررسی نیز تا حد زیادی نوع داده هایی را که باید گردآوری شوند تعیین می کند.

برنامه نویسی

- ❖ لزوم برنامه نویسی با توجه به حجم بالای محاسبات اطلاعاتی
- ❖ ذخیره سازی مربوطه

تفاوت Verification و Validation

- ❖ Verification: building the model right.
 - ❖ آیا برنامه به درستی کار می کند. (غلط گیری برنامه)
- ❖ Validation: building the right model.
 - ❖ آیا مدل معرف دقیقی از سیستم واقعی است (مقایسه مدل با رفتار واقعی سیستم)

طرح آزمایشی

گزینه هایی که قرار است شبیه سازی شوند را باید تعیین کرد:

- ❖ شرایط شروع
- ❖ شرایط پایانی
- ❖ تعداد نمونه آماری
- ❖ تعداد بار آزمایش

اجراهای مدل و تحلیل نتایج

اجراهای مکرر مدل و سپس تحلیل آنها به منظور برآورد معیارهای عملکرد طرحهایی از سیستم که شبیه سازی می‌شوند.

اجراهای بیشتر

بر اساس اجراهای کامل شده، تحلیلگر تعیین می‌کند که آیا اجراهای دیگری مورد نیاز است یا خیر.

مستند سازی برنامه و گزارش نتایج

- ❖ امکان در ک چگونگی کار کرد برنامه در صورت استفاده دوباره از آن
- ❖ امکان تغییر پارامتر های مدل توسط استفاده کنندگان به منظور در ک روابط بین پارامتر ها و خروجی ها و یا یافتن پارامتر های ورودی که معیار عملکرد خروجی خاصی را بهینه می کند.

اجرا

وابسته به گامهای قبلی

مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده

❖ یک آرایشگاه را در نظر بگیرید که یک آرایشگر (Server) دارد. چنانچه مشتری وارد شود و سیستم (آرایشگاه) را خالی ببیند مستقیم سرویس می بیند و چنانچه خالی نباشد در صف می ایستد (به این سیستمهای، سیستمهای صف می گویند).

❖ مدل زیر به طور شماتیک بیان کننده این سیستم است:



اهداف مطالعه شبیه سازی

- ❖ هر مطالعه شبیه سازی به منظور خاصی انجام می گیرد.
- ❖ در ابتدای هر مطالعه شبیه سازی باید هدف یا اهداف مطالعه کاملا مشخص شود.
- ❖ هدف شبیه سازی هر چه باشد با استفاده از مجموعه ای از معیارهای عملکرد خروجی
- ❖ به صورت کمی قابل محاسبه است Output Performance Measures

انواع معیارهای عملکرد خروجی

معیارهای عملکرد خروجی انواع مختلفی دارد:

- ❖ متغیرهایی مثل زمان انتظار، زمان پردازش و... که به ازای هر نهاد یک مقدار برای آن وجود دارد.
- ❖ متغیرهایی مانند متوسط افراد در صف، تعداد افراد در حال پردازش و.... که در هر لحظه از زمان ممکن است مقادیر آن تغییر کند.
- ❖ متغیر شمارنده که تعداد ورودی و خروجی را صرفاً می‌شمارد.

1. $d(n)$: متوسط زمان انتظار برای هر مشتری

$d(n)$ وابسته به متغیر تصادفی زمان بین دو ورود و زمان سرویس دهی است.

اگر D_1, D_2, \dots, D_n میزان انتظار مشتری اول تا n ام باشد به راحتی می‌توان $d(n)$ را

برآورد نمود:

$$\hat{d}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

2. ماکزیمم زمان انتظار در یک بازه زمانی

$$\max_{i=1 \dots N} D_i$$

3. متوسط تعداد نفرات در صف
queue

طول صف را در هر لحظه از زمان می توان اندازه گیری کرد.

$T(n)$: مجموع کل زمان برای n مشتری

p_i : احتمال اینکه i نفر در صف وجود داشته باشند

$$q(n) = \sum_{i=0}^{\infty} i p_i \Rightarrow \hat{q}(n) = \sum_{i=0}^{\infty} i \hat{p}_i$$

\hat{p}_i : نسبت مشاهده شده از زمانی که i نفر در صف وجود داشته باشند

: مدت زمانی که در طول شبیه سازی n نفر در صف وجود دارد.

$$T(n) = T_0 + T_1 + \dots \Rightarrow \hat{p}_i = {}^{T_i}/_{T(n)}$$

$$\hat{q}(n) = \sum_{i=0}^{\infty} i \hat{p}_i \Rightarrow \hat{q}(n) = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} iT_i}{T(n)}$$

$$\hat{q}(n) = \frac{\int_0^{T(n)} Q(t) dt}{T(n)}$$

4. ماکزیمم تعداد افراد در صف Maximum number of parts in queue

$$\max Q(t)$$

۵. متوسط تعداد نفرات در سیستم Time-average number of parts in System

$$\frac{\int_0^T S(t)dt}{T}$$

$T(n)$: مجموع کل زمان حضور در سیستم برای n مشتری

$S(t)$: تعداد مشتریان در سیستم در زمان t ($t > 0$)

۶. ماکزیمم تعداد افراد در سیستم Maximum number of parts in queue

$$\max S(t)$$

Utilization: نسبت مشغول بودن خدمت دهنده $u(n)$.

$$B(t) = \begin{cases} 1 & \text{if server is busy in time } t \\ 0 & \text{if server is idle in time } t \end{cases}$$

$$\hat{u}(n) = \frac{\int_0^{T(n)} B(t) dt}{T(n)}$$

اجزای مدل شبیه سازی گسسته پیشامد

System State -1: متغیرهای حالت سیستم

مجموعه ای از متغیرهای حالت مورد نیاز برای تشریح سیستم در هر لحظه خاص system state نامیده می شود.

مثال: تعداد مشتریانمنتظر در یک آرایشگاه و یا وضعیت آرایشگر در یک لحظه.

Simulation Clocks -2: ساعت شبیه سازی

متغیری که مقدار زمان فعلی شبیه سازی را نشان می دهد.

اجزای مدل شبیه سازی گسسته پیشامد

لیست پیشامدها EventLists -3

لیستی شامل تمام پیشامدهای که ممکن است در زمان بعدی رخ دهد.

مثال: وقتی ۴ آرایشگر در آرایشگاه هستند لیست پیشامد ۲ آیتم دارد:

۱- پیشامد ورود مشتری ۲- پیشامد خروج مشتری

شمارشگر آماری Statistical Counter -4

متغیرهای مورد استفاده برای ذخیره سازی اطلاعات آماری درباره عملکرد سیستم.

به عنوان مثال برای بررسی معیار متوسط زمان انتظار هر مشتری باید زمان ورود و شروع به خدمت گرفتن هر مشتری را داشته باشیم.

اجزای مدل شبیه سازی گستته پیشامد

روتین شروع شبیه سازی Initializing routine -5
یک زیربرنامه برای بیان وضعیت اولیه مدل در زمان

روتین زمانبندی Timing routine -6
یک زیربرنامه که پیشامد بعدی را مشخص نموده و ساعت شبیه سازی را تا رخداد
بعدی جلو می برد.

روتین پیشامد Event Routine -7
یک زیر برنامه که حالت سیستم را با توجه به پیشامد بعدی به روز می کند.

روتین کتابخانه Library routine-8
یک زیربرنامه برای تولید مشاهدات تصادفی از توزیع احتمالی

اجزای مدل شبیه سازی گستته پیشامد

Report Generator -9: گزارشگیری

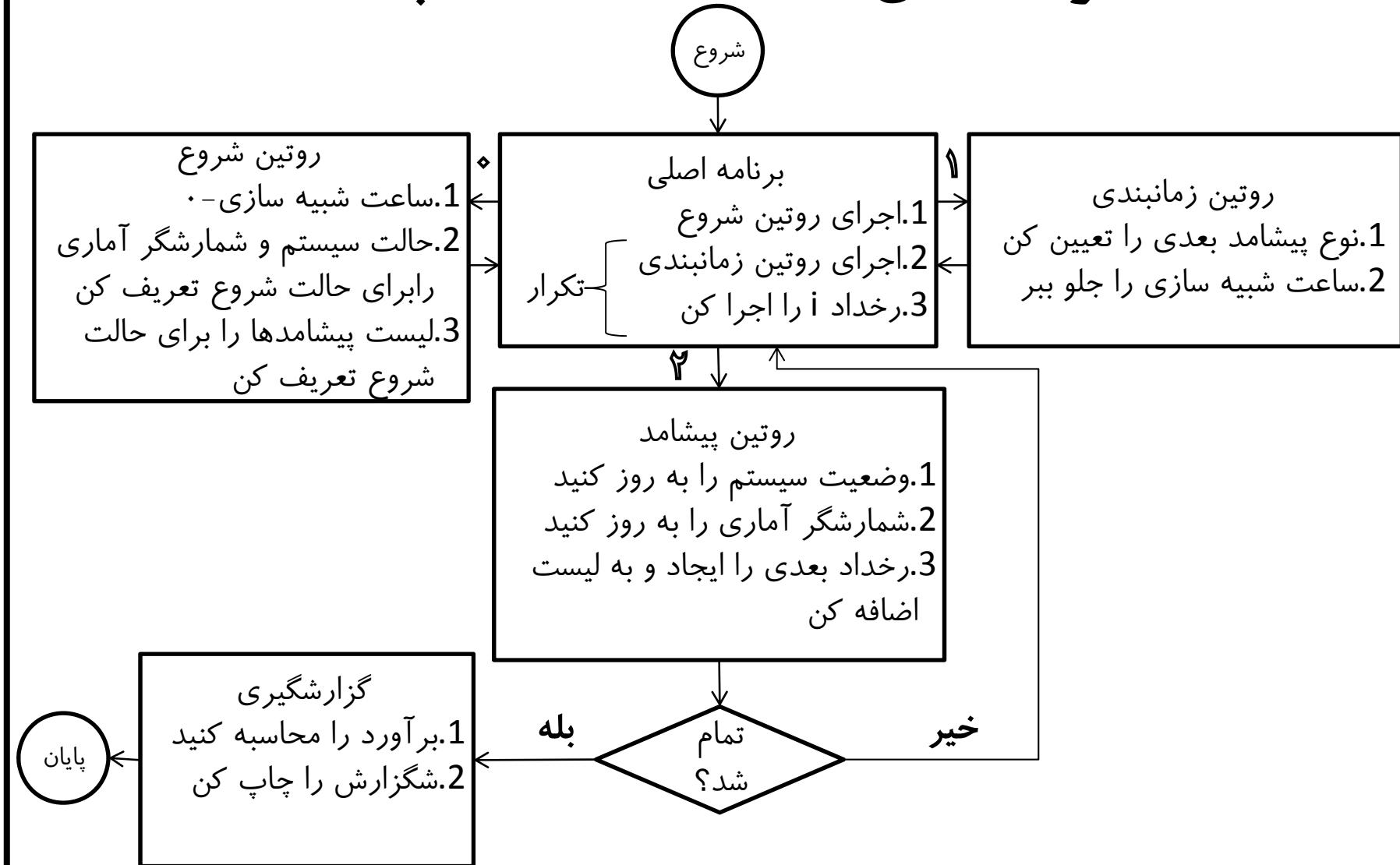
زیربرنامه ای برای محاسبه و نمایش گزارشات و خروجی تحلیلها

Main program -10: برنامه اصلی

یک برنامه فراخوان که زیربرنامه ها و روتینهای فوق را طی یک ساختار از پیش تعیین شده اجرا می کند.

ساختار تعامل این اجزا در ادامه نشان داده شده است.

اجزای مدل شبیه سازی گسسته پیشامد



مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده

شروع شبیه سازی:

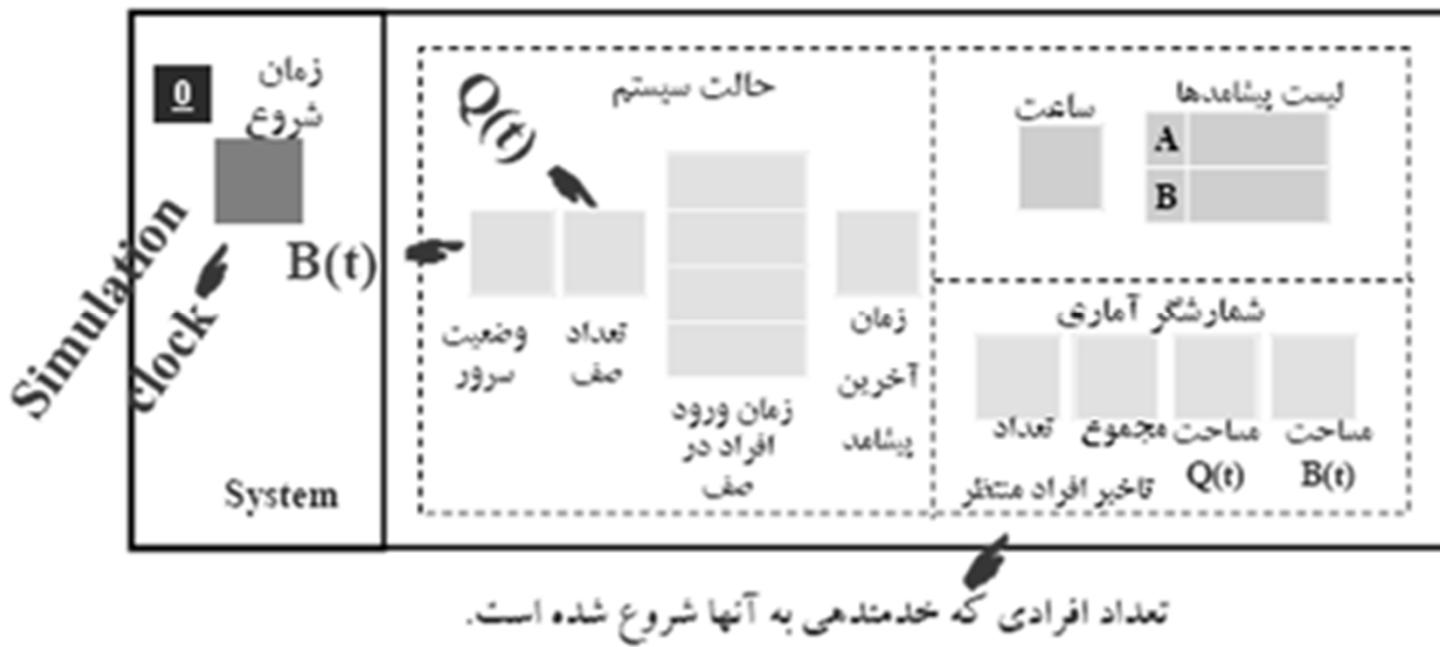
: زمان وقوع یک پیشامد (ورود یا خروج یک مشتری)

$$A_1=0.4, A_2=1.2, A_3=0.5, A_4=1.7, A_5=0.2, A_6=1.6, A_7=0.2, A_8=1.4$$

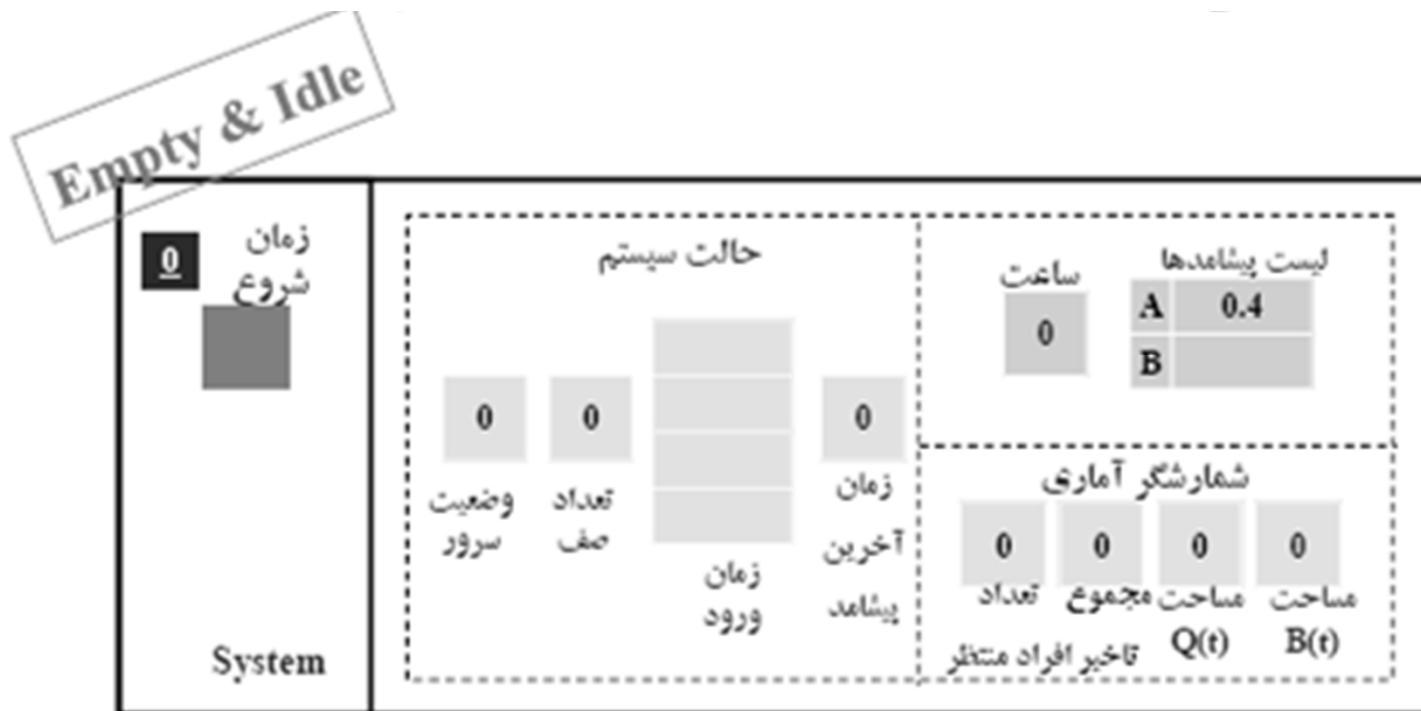
$$A_9=1.9, \dots$$

$$S_1=2.0, S_2=0.7, S_3=0.2, S_4=1.1, S_5=3.7, S_6=0.6, \dots$$

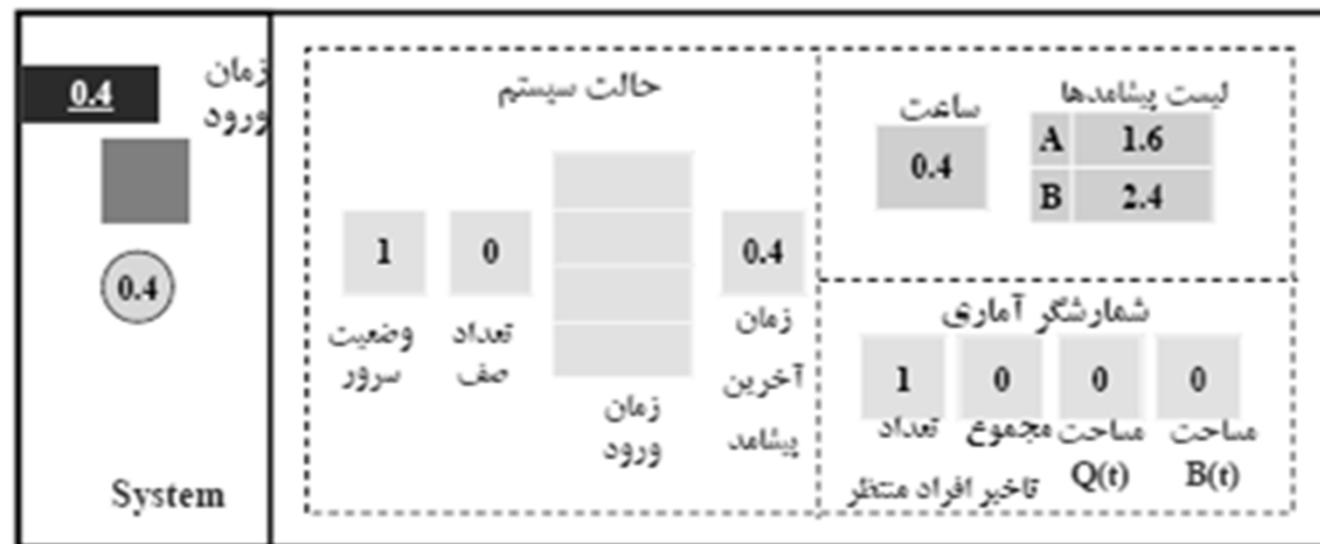
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



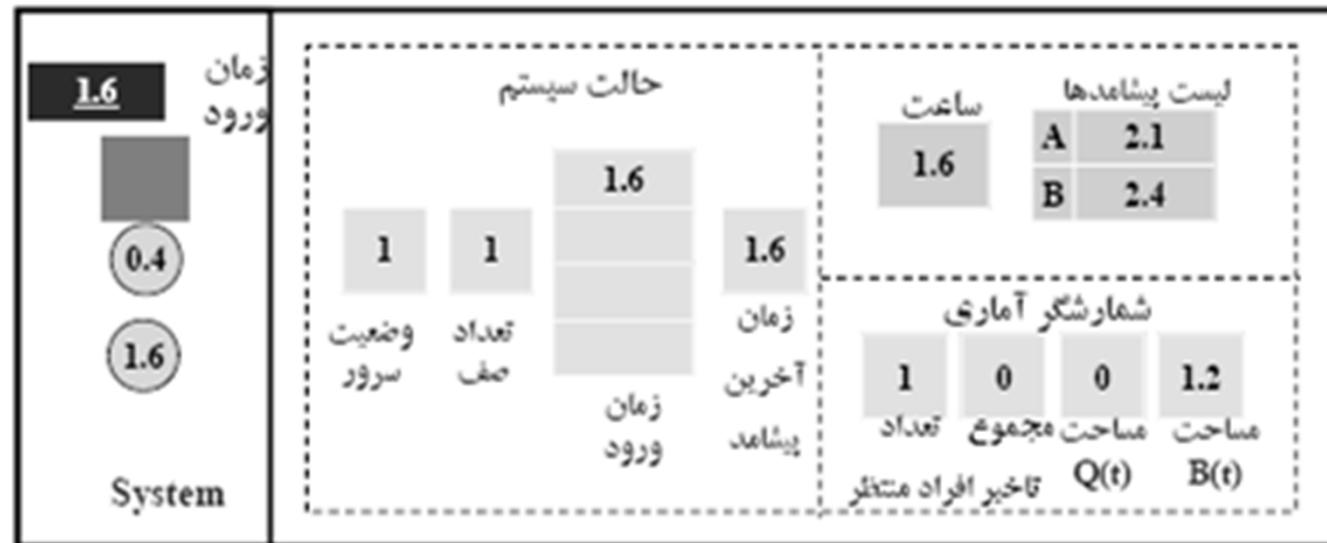
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



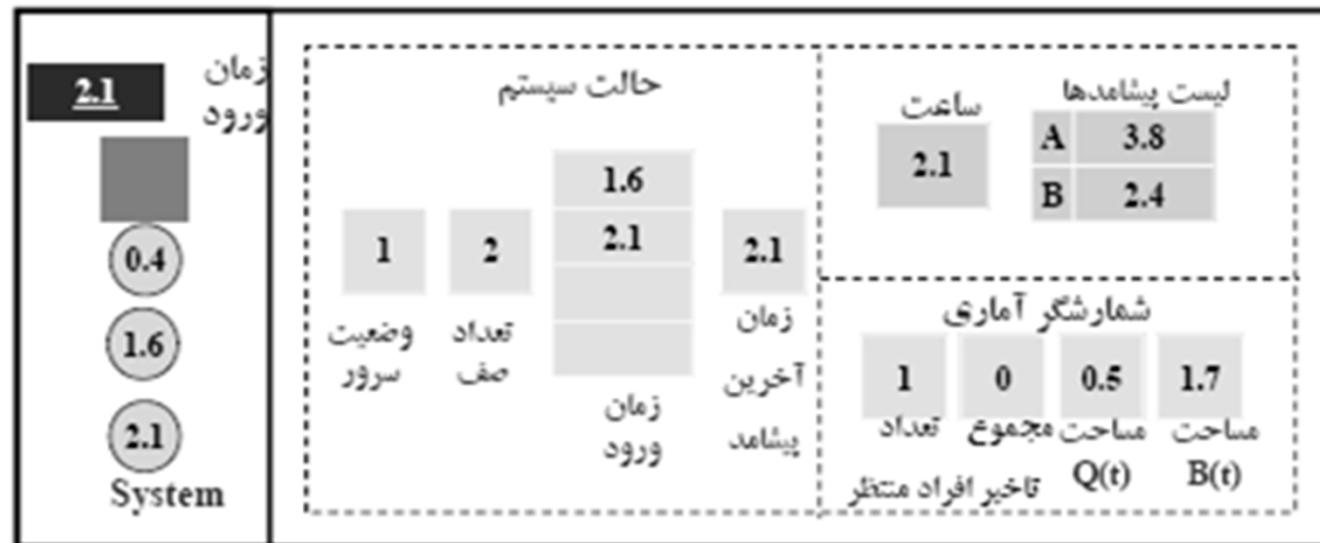
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



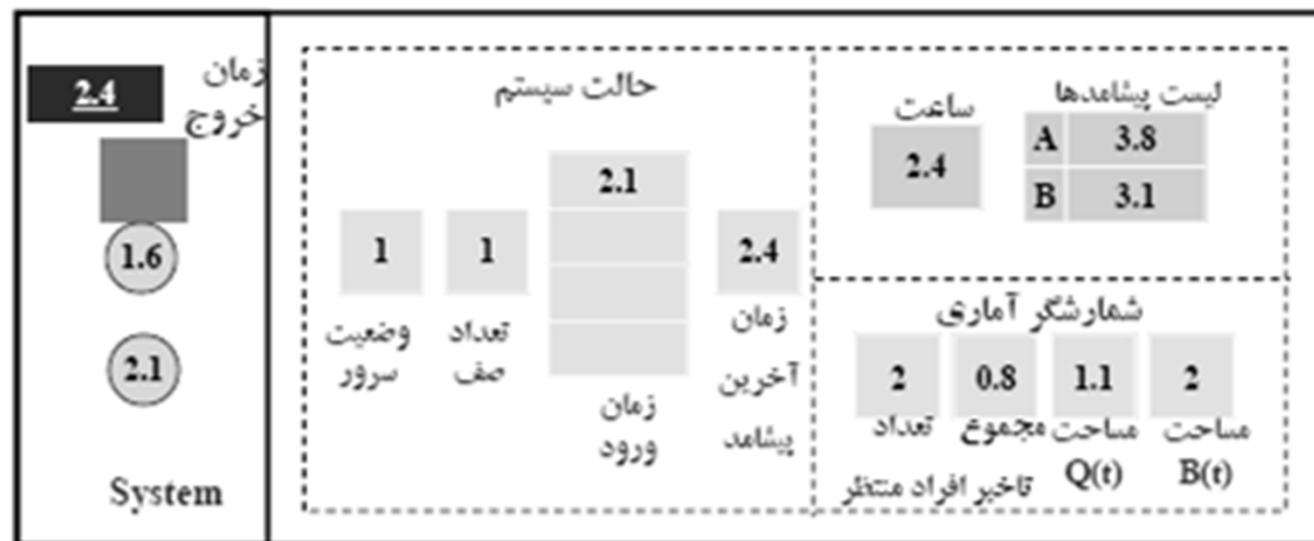
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



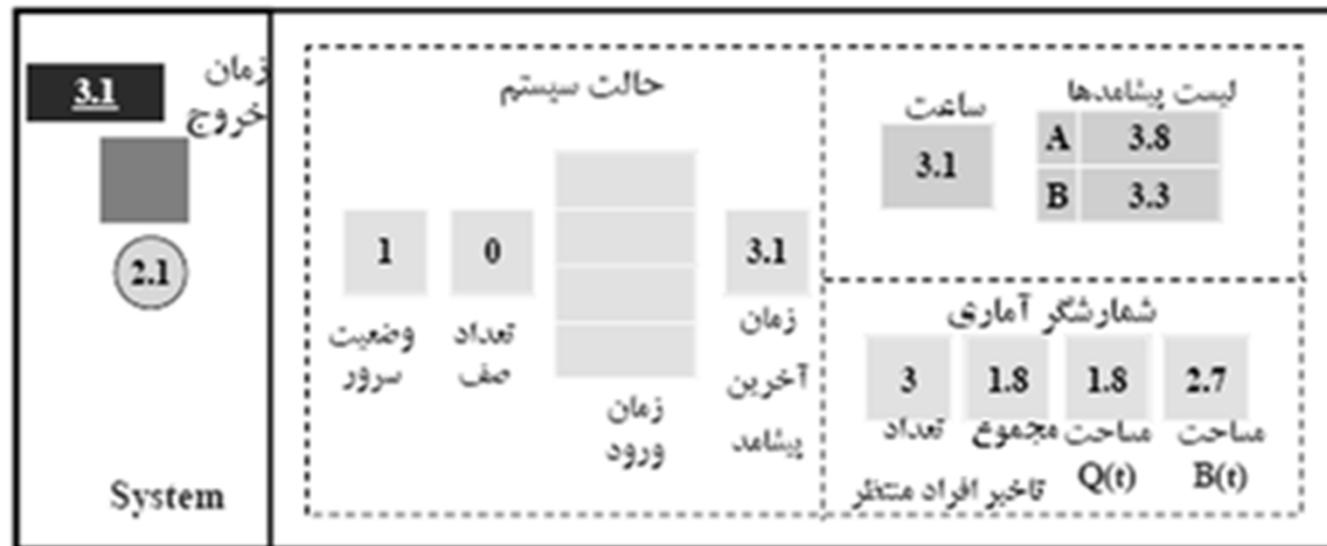
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



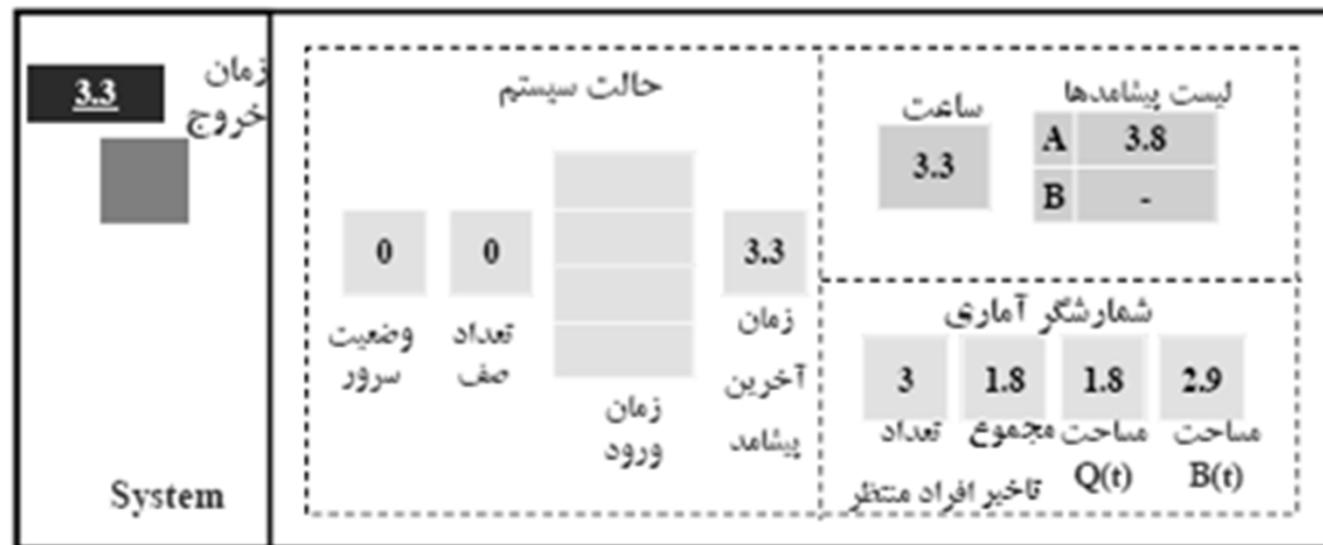
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



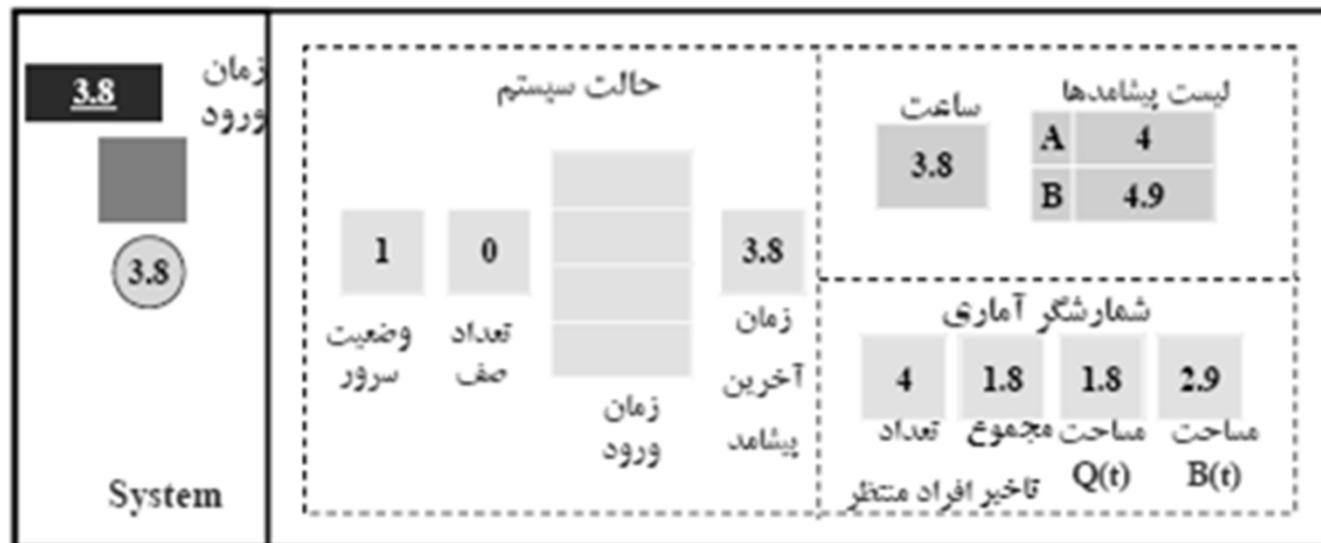
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



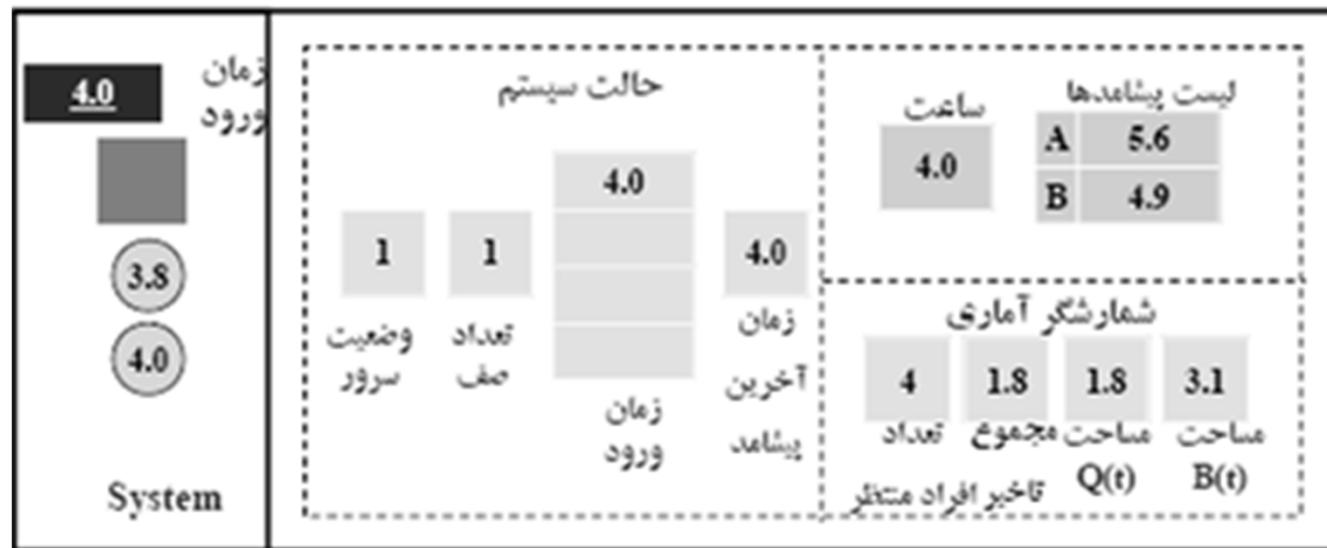
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



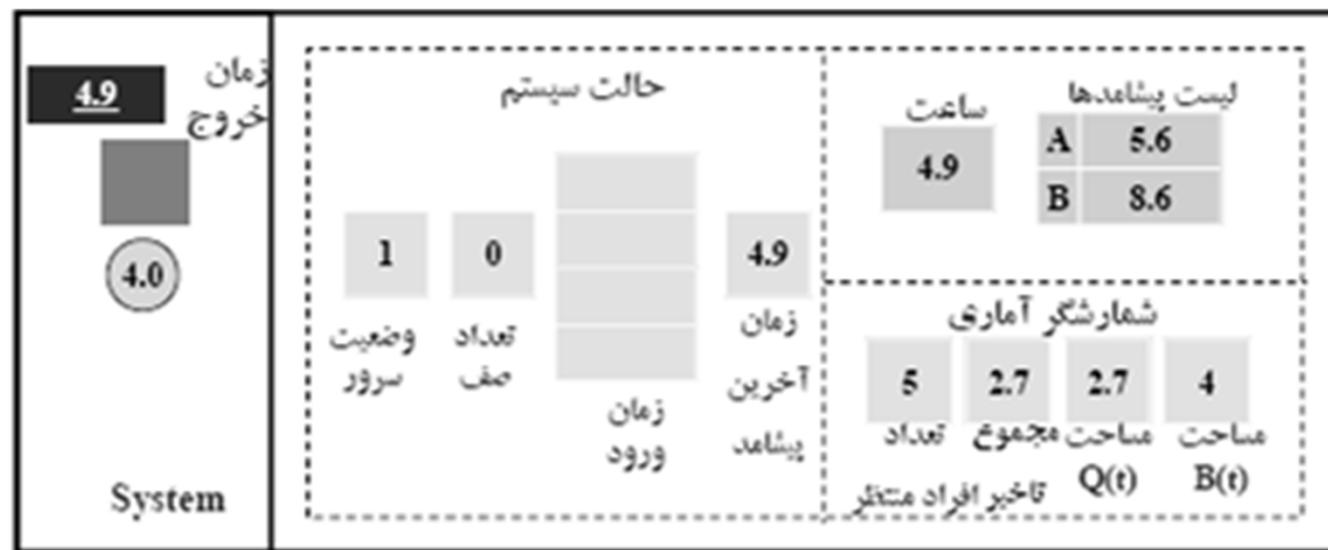
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



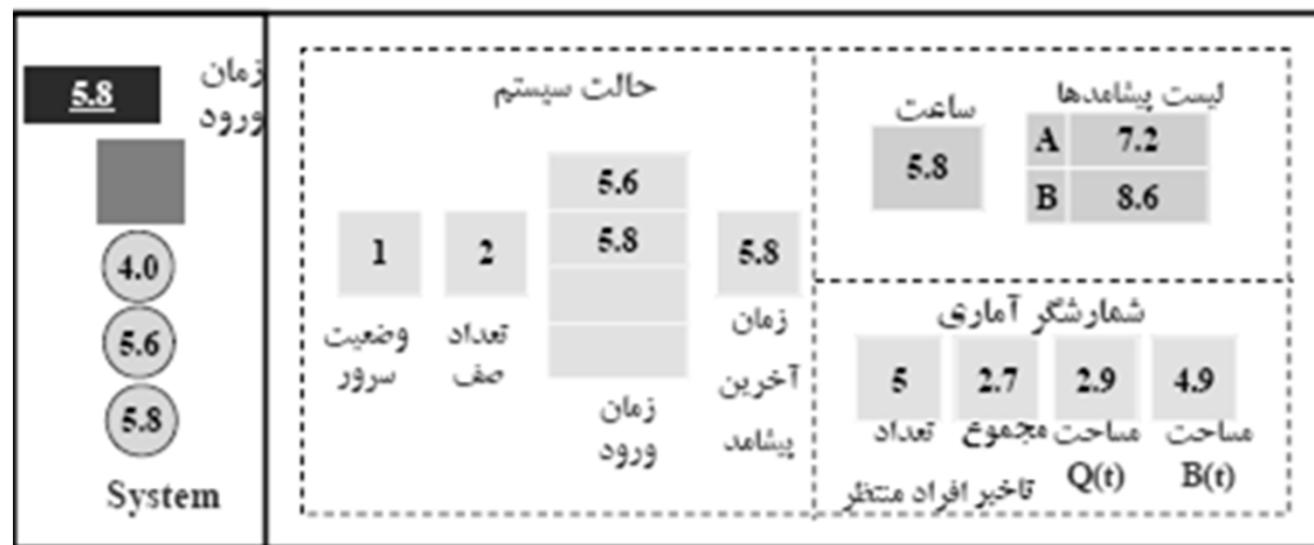
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



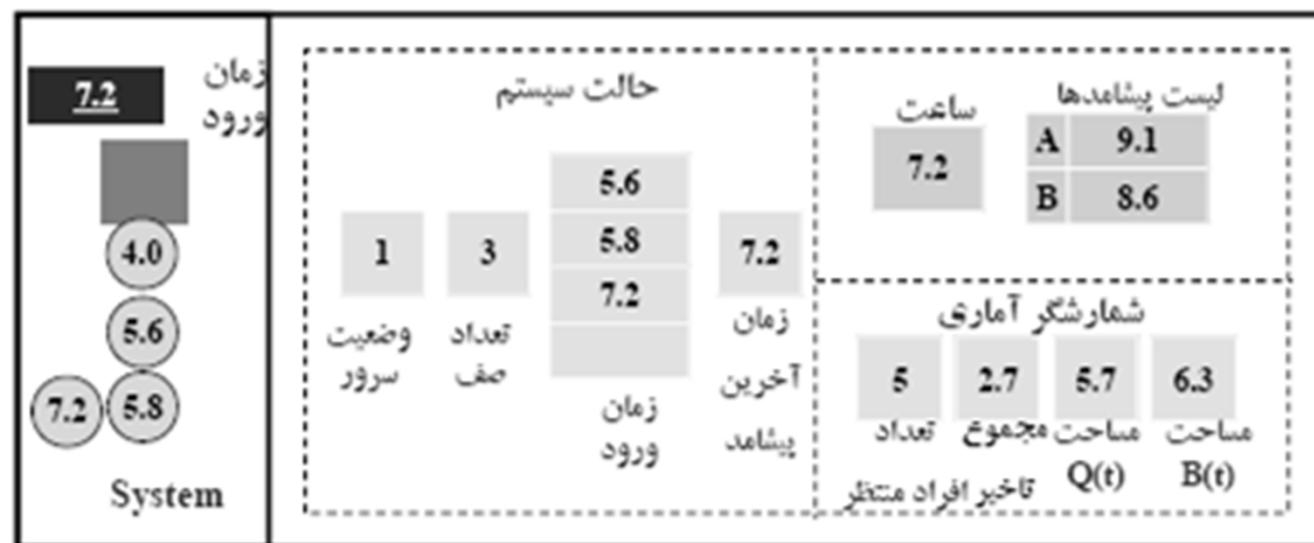
مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده



مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده

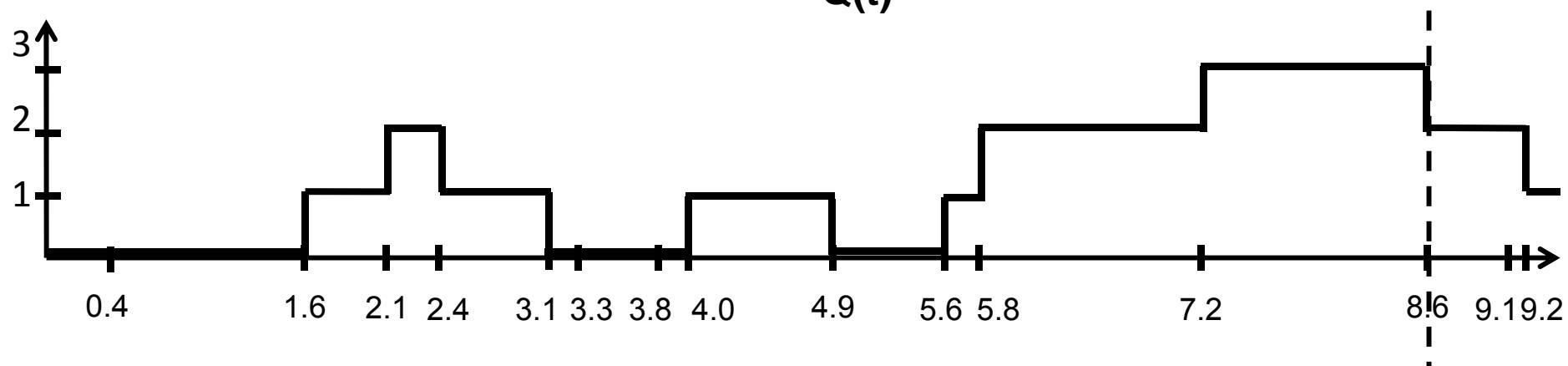
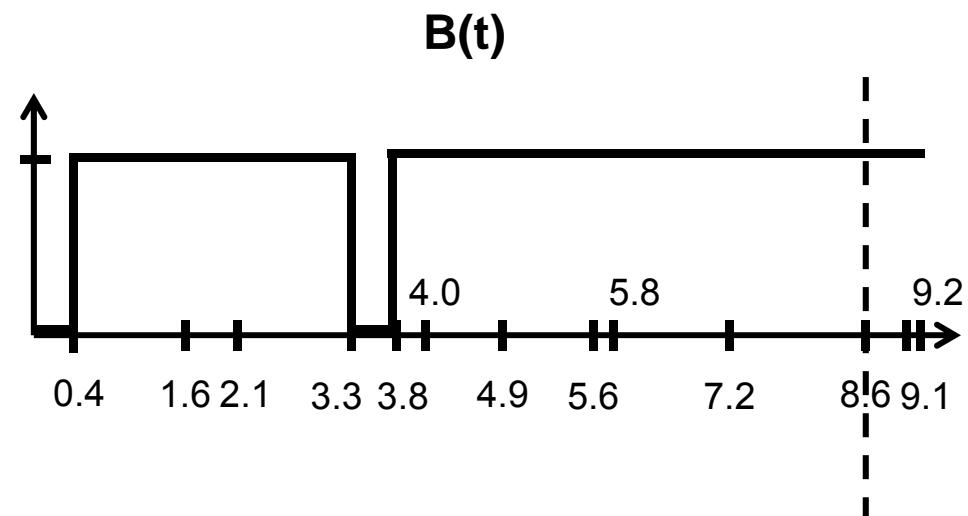


مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده

	زمان خروج پیشامد	زمان گرفتن سرویس (سرویس)	تعداد افراد منتظر	مجموع تاخیر	مدت زمانی اجرای پیشامد	زمان ورود قبلى	فاصله از پیشامد
1	0.4	0.4	2.0	0	1	0	0
2	1.2	1.6	0.7	$2.4 - 1.6 = 0.8$	2	2.4	0.5
3	0.5	2.1	0.2	$3.1 - 2.1 = 1$	3	3.1	0.2
4	1.7	3.8	1.1	0	4	3.8	1.7
5	0.2	4.0	3.7	$4.9 - 4 = 0.9$	5	4.9	0.2
6	1.6	5.6	0.6	$8.6 - 5.6 = 3$	6	8.6	1.6
7	0.2	5.8		$9.2 - 5.8 = 3.4$	7	9.2	0.2
8	1.4	7.2			8		
9	1.9	9.1			9		

مثال: یک مدل شبیه سازی گستته پیشامد با یک خدمت دهنده

	زمان خروج پیشامد	زمان گرفتن سرویس	زمان اجرای پیشامد	مدت زمانی ورود	فاصله از پیشامد قبلی
1	0.4	0.4	2.0	0.4	2.4
2	1.2	1.6	0.7	2.4	3.1
3	0.5	2.1	0.2	3.1	3.3
4	1.7	3.8	1.1	3.8	4.9
5	0.2	4.0	3.7	4.9	8.6
6	1.6	5.6	0.6	8.6	9.2
7	0.2	5.8		9.2	
8	1.4	7.2			
9	1.9	9.1			



اهداف مطالعه شبیه سازی

Average waiting time: متوسط زمان انتظار برای هر مشتری $d(n)$. 1

$$\hat{d}(6) = \frac{\sum_{i=1}^6 D_i}{6} = \frac{0 + 0.8 + 1 + 0 + 0.9 + 3}{6} = \frac{5.7}{6} = 0.95$$

Maximum waiting time: ماکزیمم زمان انتظار در یک بازه زمانی 2.

$$\max D_i = 3$$

Time-average number of parts in . 3 متوسط تعداد نفرات در صف queue

$$\hat{q}(n) = \frac{\int_0^{T(6)} Q(t) dt}{T(6)} = \frac{9.9}{8.6} = 1.15$$

(t>0: تعداد مشتریان در صف در زمان t باشد Q(t))

Maximum number of parts in queue . 4 ماکزیمم تعداد افراد در صف

$$\max_{i=6} Q(t) = 3$$

۷. $U(n)$: نسبت مشغول بودن خدمت دهنده

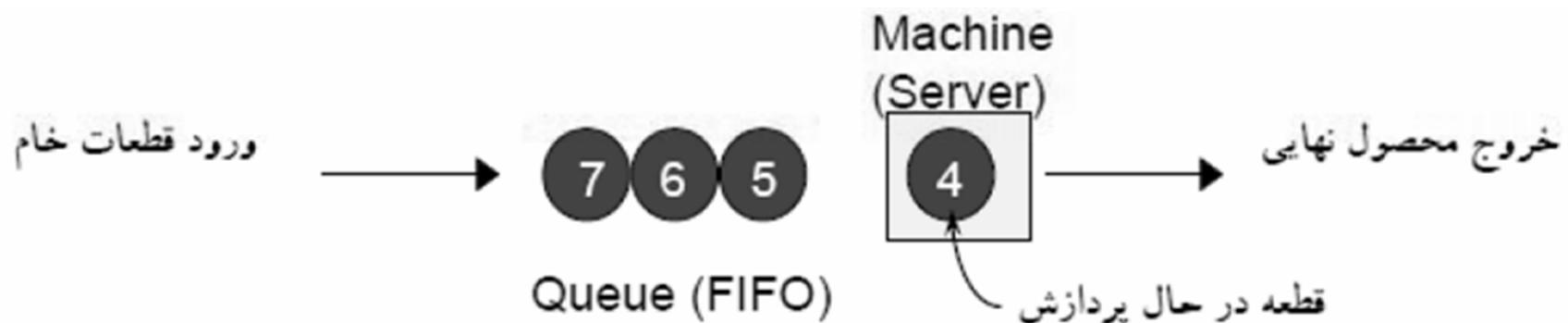
$U(n)$ لانیز مانند $d(n)$ یک معیار پیوسته است زیرا در هر لحظه از زمان سرور می تواند بیکار یا مشغول باشد.

$$\hat{U}(n) = \frac{\int_0^{T(6)} B(t) dt}{T(6)} = \frac{7.7}{8.6} = 0.9$$

یک سیستم ساده صف تک کاناله

هدف اصلی

- ✓ تخمین مقدار تولید مورد انتظار (میانگین)
- ✓ تعیین زمان انتظار در صف، طول صف و کسری از زمان که ماشین مشغول است.



یک سیستم ساده صفت کاناله

شماره قطعه	فاصله از پیشامد قبلی	مدت زمانی اجرای پیشامد
1	0	2.90
2	1.73	1.76
3	1.35	3.39
4	0.71	4.52
5	0.62	4.46
6	14.28	4.36
7	0.70	2.07
8	15.52	3.36
9	3.15	2.37
10	1.76	5.38
11	1	

مشخصات کanal

- ✓ در ابتدا (زمان صفر) سیستم خالی و ماشین بیکار است.
- ✓ واحد زمان دقیقه است. داده های ورودی بر حسب دقیقه است.
- ✓ توقف شبیه سازی: با گذشت ۲۰ دقیقه از زمان، شبیه سازی را متوقف کنید.

یک سیستم ساده صف تک کاناله

شماره قطعه	فاصله از پیشامد قبلی	مدت زمانی اجرای پیشامد
1	0	2.90
2	1.73	1.76
3	1.35	3.39
4	0.71	4.52
5	0.62	4.46
6	14.28	4.36
7	0.70	2.07
8	15.52	3.36
9	3.15	2.37
10	1.76	5.38
11	1	

پرسش

✓ متوسط زمان انتظار در صف

✓ متوسط تعداد قطعه در صف در واحد زمان

✓ درصد استفاده از ماشین

یک سیستم ساده صف تک کاناله

شبیه سازی دستی: آماده سازی

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue	Event calendar		
Number of completed waiting times in queue	Total of waiting times in queue		Area under $Q(t)$	Area under $B(t)$			
$Q(t)$ graph							
$B(t)$ graph							
Interarrival times	1.73, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.90, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

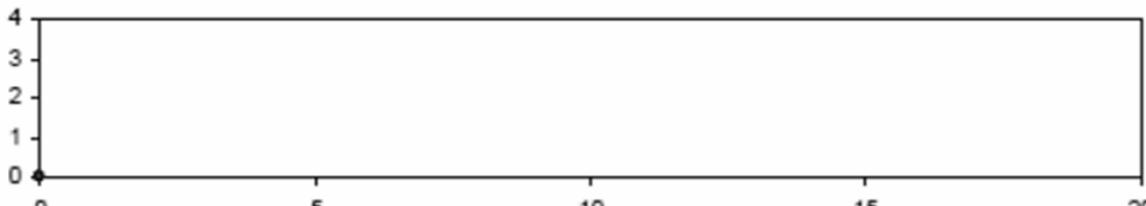
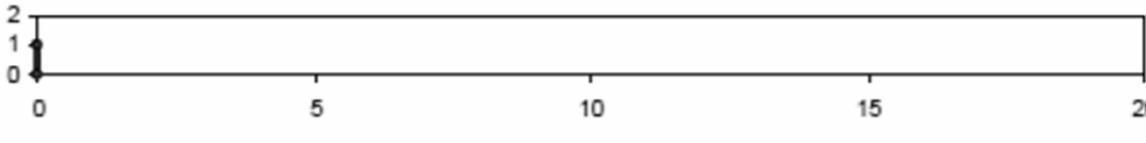
یک سیستم ساده صف تک کاناله

t=0.00 شبیه سازی دستی: شرایط اولیه در زمان

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue <empty>	Event calendar		
	0.00	0	0		[1, 0.00, Arr] [-, 20.00, End]		
Number of completed waiting times in queue 0	Total of waiting times in queue 0.00		Area under $Q(t)$ 0.00		Area under $B(t)$ 0.00		
$Q(t)$ graph							
$B(t)$ graph							
Interarrival times	1.73, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.90, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

یک سیستم ساده صفحہ کانالہ

شبیه سازی دستی: Arrival of part 1, t=0.00

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue <empty>	Event calendar		
1	0.00	1	0		[2, 1.73, Arr] [1, 2.90, Dep] [-, 20.00, End]		
Number of completed waiting times in queue	Total of waiting times in queue		Area under $Q(t)$	Area under $B(t)$			
1	0.00		0.00	0.00			
$Q(t)$ graph							
$B(t)$ graph							
Time (Minutes)							
Interarrival times	1.73 , 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.00 , 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

یک سیستم ساده صف تک کاناله

شبیه سازی دستی: Arrival of part 2, $t=1.73$

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (1.73)	Event calendar [1, 2.90, Dep] [3, 3.08, Arr] [-, 20.00, End]		
Number of completed waiting times in queue 1	Total of waiting times in queue 0.00	Area under $Q(t)$ 0.00	Area under $B(t)$ 1.73				
$Q(t)$ graph							
$B(t)$ graph							
Interarrival times	1.73, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.00, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

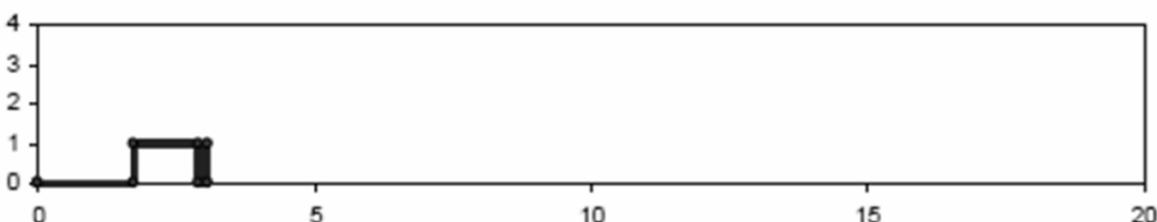
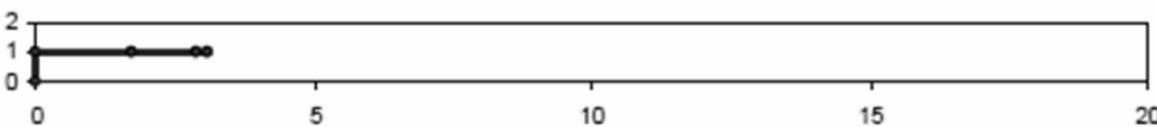
یک سیستم ساده صف تک کاناله

شبیه سازی دستی: Departure of part 1, $t=2.90$

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue <empty>	Event calendar		
2	2.90	1	0		[3, 3.08, Arr] [2, 4.66, Dep] [-, 20.00, End]		
Number of completed waiting times in queue 2	Total of waiting times in queue 1.17		Area under $Q(t)$ 1.17	Area under $B(t)$ 2.90			
$Q(t)$ graph							
$B(t)$ graph							
Interarrival times	1.73, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.90, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

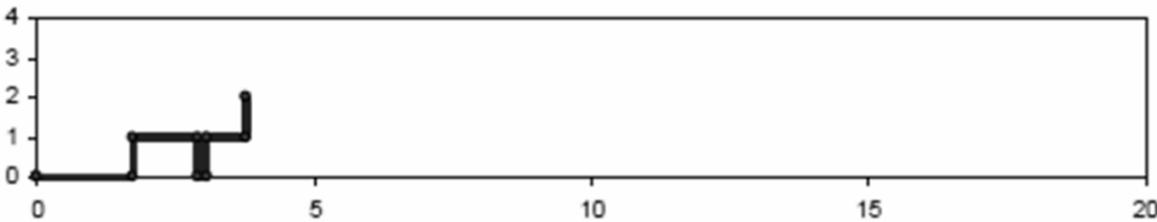
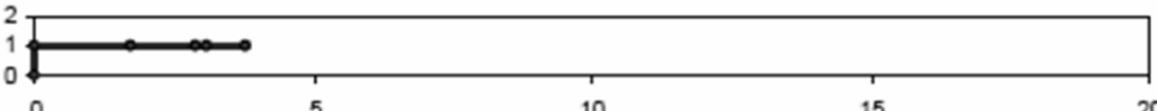
یک سیستم ساده صف تک کاناله

شبیه سازی دستی: Arrival of part 3, t=3.08

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (3.08)	Event calendar		
3 2	3.08	1	1		[4, 3.79, Arr] [2, 4.66, Dep] [-, 20.00, End]		
Number of completed waiting times in queue 2	Total of waiting times in queue 1.17		Area under $Q(t)$ 1.17	Area under $B(t)$ 3.08			
$Q(t)$ graph							
$B(t)$ graph							
Interarrival times	1.73, 1.35, 0.71 , 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.00, 1.76 , 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

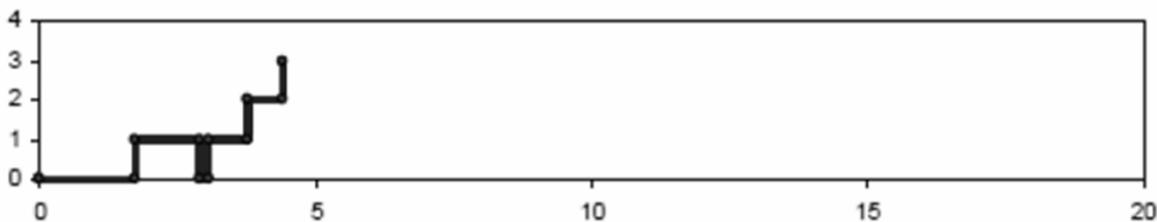
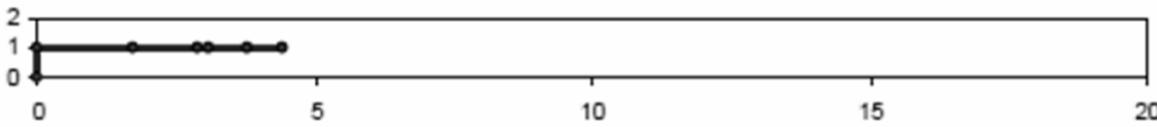
یک سیستم ساده صف تک کانالہ

شبیه سازی دستی: Arrival of part 4, $t=3.79$

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (3.79, 3.08)	Event calendar [5, 4.41, Arr] [2, 4.66, Dep] [-, 20.00, End]		
4 3 2	3.79	1	2				
Number of completed waiting times in queue 2	Total of waiting times in queue 1.17		Area under $Q(t)$ 1.88	Area under $B(t)$ 3.79			
Q(t) graph							
B(t) graph							
Interarrival times	1.73, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.00, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

یک سیستم ساده صفحہ کانالہ

شبیه سازی دستی: Arrival of part 5, t=4.41

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (4.41, 3.79, 3.08)	Event calendar [2, 4.66, Dep] [6, 18.69, Arr] [-, 20.00, End]		
5 4 3 2	4.41	1	3				
Number of completed waiting times in queue 2	Total of waiting times in queue 1.17		Area under $Q(t)$ 3.12	Area under $B(t)$ 4.41			
Q(t) graph							
B(t) graph							
Interarrival times	1.73, 1.25, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.00, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

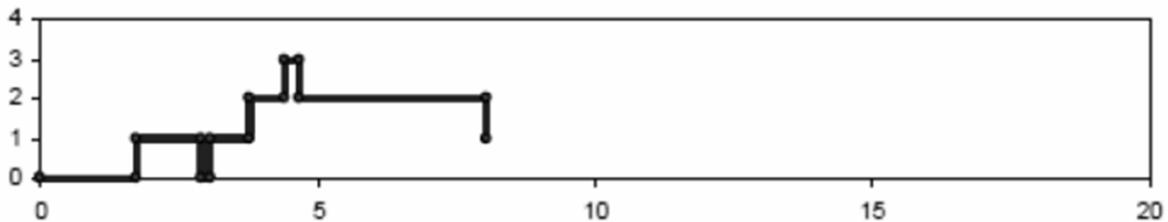
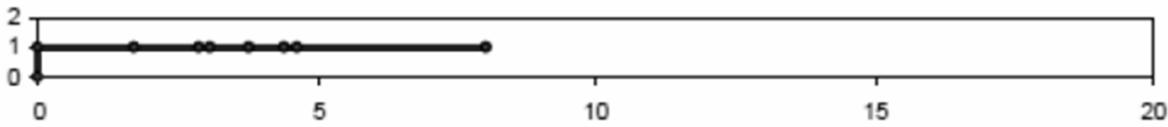
یک سیستم ساده صف تک کانالہ

شبیه سازی دستی: Departure of part 2, $t=4.66$

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (4.41, 3.79)	Event calendar [3, 8.05, Dep] [6, 18.69, Arr] [-, 20.00, End]
5 4 3	4.66	1	2		
Number of completed waiting times in queue 3	Total of waiting times in queue 2.75		Area under $Q(t)$ 3.87	Area under $B(t)$ 4.66	
Q(t) graph					
B(t) graph					
Time (Minutes)					
Interarrival times	1.78, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...				
Service times	2.90, 1.76, 3.59, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...				

یک سیستم ساده صف تک کانالہ

شبیه سازی دستی: Departure of part 3, $t=8.05$

System	 	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (4.41)	Event calendar				
Number of completed waiting times in queue 4		8.05	1	1	[4, 12.57, Dep] [6, 18.69, Arr] [-, 20.00, End]					
Total of waiting times in queue		Area under $Q(t)$		Area under $B(t)$						
7.01		10.65		8.05						
Q(t) graph										
B(t) graph										
Interarrival times		1.78, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...								
Service times		2.90, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...								

یک سیستم ساده صف تک کاناله

شبیه سازی دستی: Departure of part 4, $t=12.57$

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue	Event calendar		
5	12.57	1	0	()	[5, 17.03, Dep] [6, 18.69, Arr] [-, 20.00, End]		
Number of completed waiting times in queue 5	Total of waiting times in queue 15.17		Area under $Q(t)$ 15.17		Area under $B(t)$ 12.57		
Q(t) graph							
B(t) graph							
Interarrival times	1.78, 1.35, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.90, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

یک سیستم ساده صف تک کاناله

شبیه سازی دستی: Departure of part 5, t=17.03

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue ()	Event calendar [6, 18.69, Arr] [-, 20.00, End]
	17.03	0	0		
Number of completed waiting times in queue 5	Total of waiting times in queue 15.17		Area under $Q(t)$ 15.17	Area under $B(t)$ 17.03	
Q(t) graph					
B(t) graph					
Interarrival times	1.75, 1.25, 0.71, 0.02, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...				
Service times	2.00, 1.76, 3.35, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...				

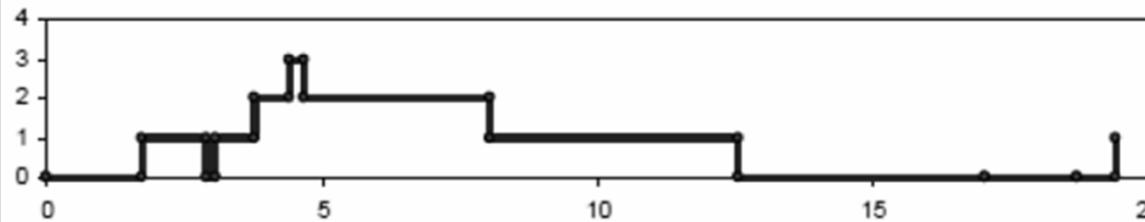
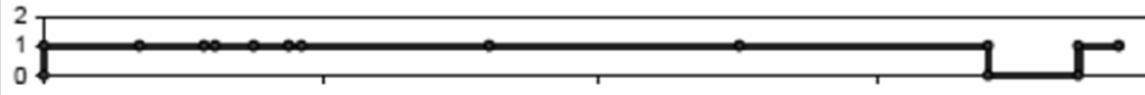
یک سیستم ساده صفحہ کانالہ

شبیه سازی دستی: Arrival of part 6, $t=18.69$

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue	Event calendar		
6	18.69	1	0	()	[7, 19.39, Arr] [-, 20.00, End] [6, 23.05, Dep]		
Number of completed waiting times in queue 6	Total of waiting times in queue 15.17		Area under $Q(t)$ 15.17		Area under $B(t)$ 17.03		
Q(t) graph							
B(t) graph							
Interarrival times	1.73, 1.25, 0.71, 0.62, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.00, 1.76, 3.35, 4.52, 4.46, 4.36, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

یک سیستم ساده صف تک کاناله

شبیه سازی دستی: Arrival of part 7, t=19.39

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (19.39)	Event calendar		
7 6	19.39	1	1		[-, 20.00, End] [6, 23.05, Dep] [8, 34.91, Arr]		
Number of completed waiting times in queue	Total of waiting times in queue		Area under $Q(t)$	Area under $B(t)$			
6	15.17		15.17	17.73			
Q(t) graph							
B(t) graph							
Interarrival times	1.23, 1.25, 0.71, 0.82, 14.28, 0.70, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...						
Service times	2.00, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.86, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...						

یک سیستم ساده صف تک کاناله

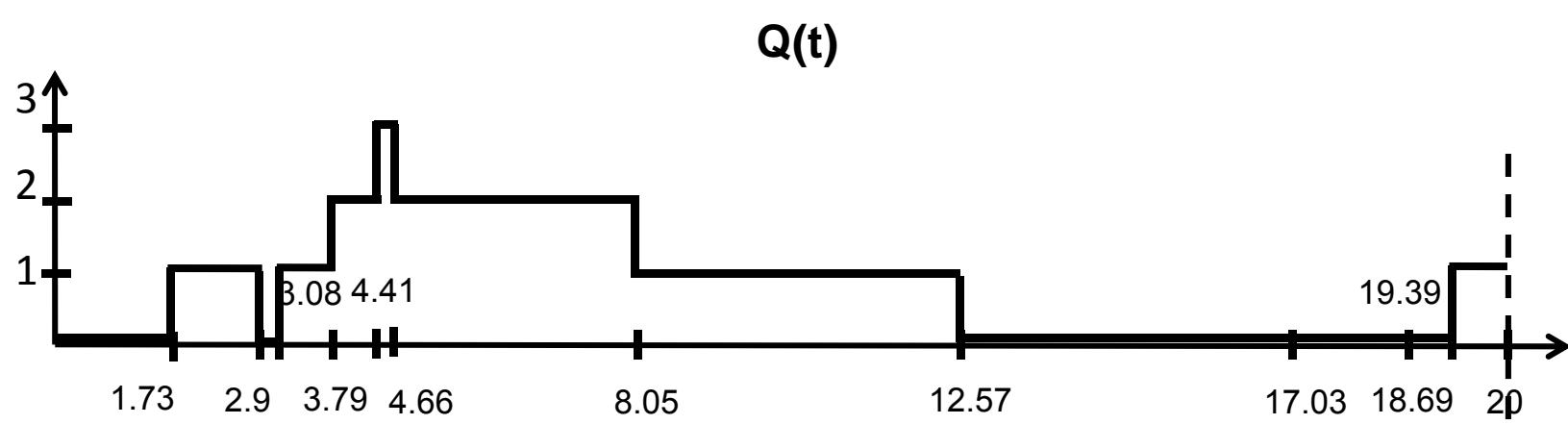
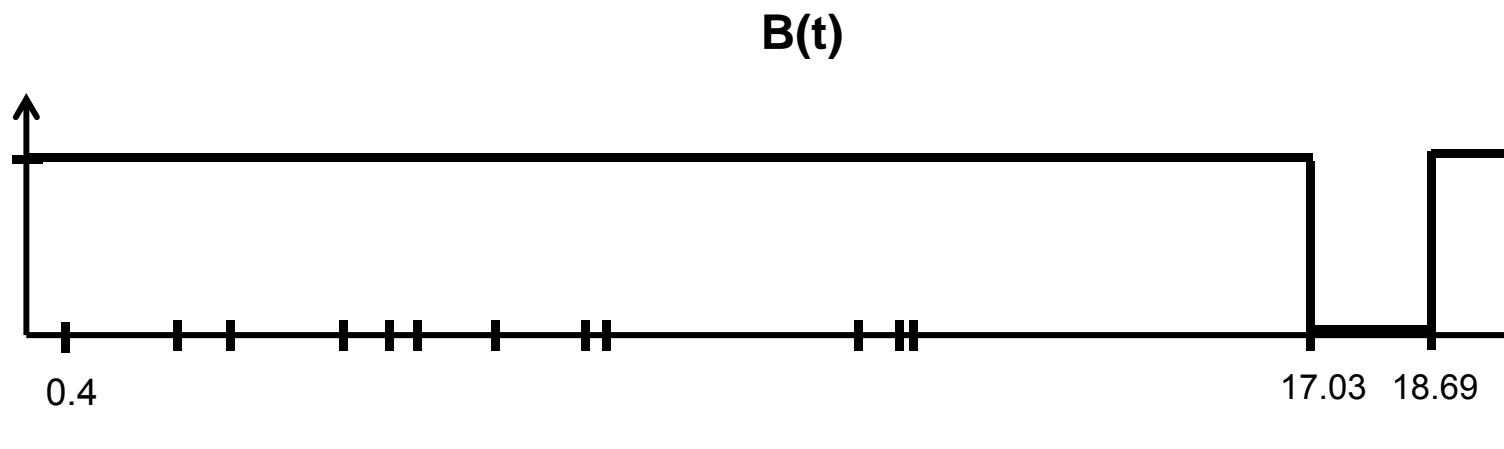
شبیه سازی دستی : The End, $t=20.00$

System	Clock	$B(t)$	$Q(t)$	Arrival times of custs. in queue (19.39)	Event calendar [6, 23.05, Dep] [8, 34.91, Arr]
7 6	20.00	1	1		
Number of completed waiting times in queue 6	Total of waiting times in queue 15.17		Area under $Q(t)$ 15.78	Area under $B(t)$ 18.34	
Q(t) graph					
B(t) graph					
Time (Minutes)					
Interarrival times	1.73, 1.25, 0.71, 0.62, 14.28, 0.10, 15.52, 3.15, 1.76, 1.00, ...				
Service times	2.00, 1.76, 3.39, 4.52, 4.46, 4.86, 2.07, 3.36, 2.37, 5.38, ...				

یک سیستم ساده صف تک کاناله

شماره قطعه	فاصله از قبلى	زمان پیشامد	مدت زمانی ورود	مجموع تاخیر اجرای پیشامد	تعداد افراد در صف	زمان گرفتن سرویس	خروج پیشامد
1	0	0	2.90	0	0	0	2.90
2	1.73	1.73	1.76	$2.90-1.73=1.17$	1	2.90	4.66
3	1.35	3.08	3.39	$4.66-3.08=1.58$	1	4.66	8.05
4	0.71	3.79	4.52	$8.05-3.79=4.26$	2	8.05	12.57
5	0.62	4.41	4.46	$12.57-4.41=8.16$	3	12.57	17.03
6	14.28	18.69	4.36	0	0	18.69	23.05
7	0.70	19.39	2.07				
8	15.52	34.91	3.36				
9	3.15	38.06	2.37				
10	1.76	39.82	5.38				
11	1	40.82					

یک سیستم ساده صفر تک کاناله



یک سیستم ساده صف تک کاناله

.1. متوسط زمان انتظار در صف

$$\frac{\text{Total of times in queue}}{\text{No.of times in queue}} = \frac{1.17 + 1.58 + 4.26 + 8.16 + 0}{6} = \frac{15.17}{6} = 2.53$$

minutes per part

.2. متوسط تعداد قطعه در صف در واحد زمان

$\frac{\text{Area under } Q(t)\text{curve}}{\text{Final clock value}}$

$\frac{1.17 \times 1 + 0.71 \times 1 + 0.62 \times 2 + 0.25 \times 3 + 3.39 \times 2 + 4.52 \times 1 + 0.61 \times 1}{6}$

$$= \frac{1.17 + 0.71 + 1.24 + 0.75 + 6.78 + 4.52 + 0.61}{6} = \frac{15.78}{20} = 0.79 \text{ part}$$

یک سیستم ساده صفر تک کاناله

.3 درصد استفاده از ماشین

$$\frac{\text{Area under } B(t) \text{ curve}}{\text{Final clock value}} = \frac{18.34}{20} = 0.92$$

مساله پسرک روزنامه فروش

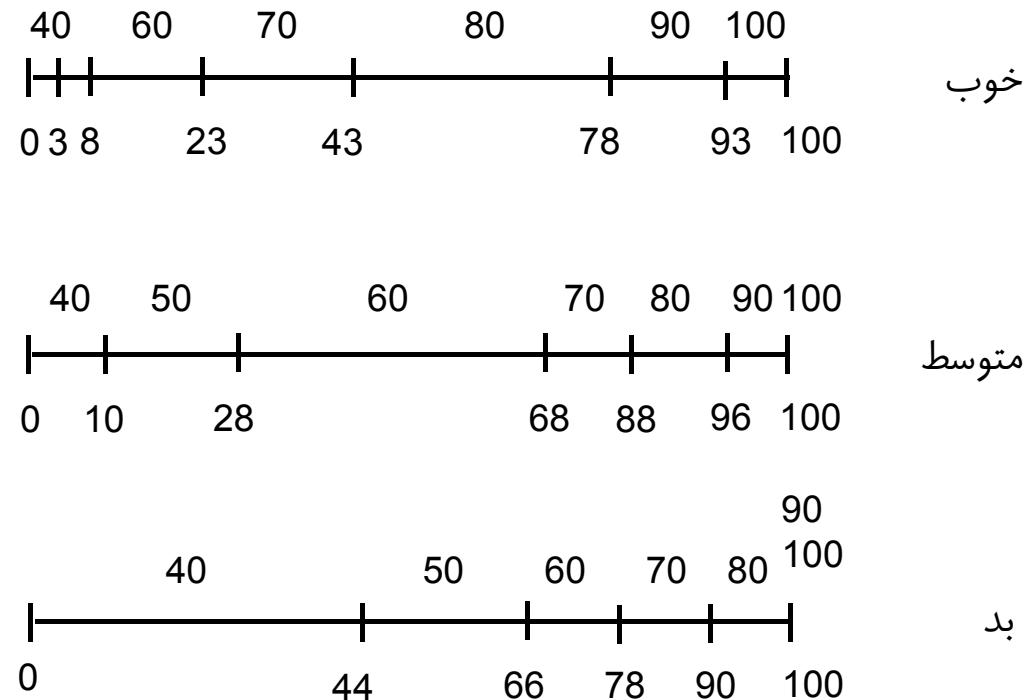
- ✓ پسرک روزنامه فروش هر نسخه روزنامه را به قیمت ۱۳ واحد خریداری می کند و به قیمت ۲۰ واحد می فروشد.
- ✓ روزنامه های فروش نرفته در پایان هر روز به عنوان کاغذ باطله به قیمت ۲ واحد به فروش می رود.
- ✓ روزنامه ها را پسرک فقط می تواند در بسته های ۱۰ تایی بفروشد.
- ✓ پسرک اخیرا به این نتیجه رسیده است که روزهای سال می تواند بد، متوسط یا خوب باشد.

مساله پسر ک روزنامه فروش

تقاضا در هر یک از انواع روزها به صورت زیر می باشد.

توزيع احتمال تقاضا

بد	متوسط	خوب	تقاضا
0.44	0.10	0.03	40
0.22	0.18	0.05	50
0.16	0.40	0.15	60
0.12	0.20	0.20	70
0.06	0.08	0.35	80
0.00	0.04	0.15	90
0.00	0.00	0.07	100

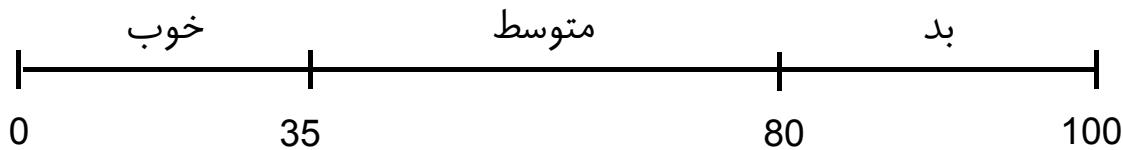


مساله پسر ک روزنامه فروش

توزیع احتمال نوع روز نیز به صورت زیر می باشد.

توزیع احتمال روز

بد	متوسط	خوب	نوع روز
0.20	0.45	0.35	



سود روزانه نیز به صورت زیر می توان یافت:

درآمد ناشی از فروش روزنامه باطله + سود از دست رفته - هزینه خرید روزنامه - درآمد ناشی از فروش = سود

سود از دست رفته: زمانی که پسر ک روزنامه فروش کمتر از تقاضا روزنامه خریده باشد

خلاصه نتایج شبیه سازی مسئله روزنامه فروش

فرض می کنیم که شبیه سازی را برای خرید ۷۰ روزنامه طی یک دوره ۲۰ روزه انجام می دهیم.

روزانه	پاتله	فروشنده	فرموده	درآمد حاصل	سود از دست	ارقام تصادفی		نوع روز	برای	روز
						فرموده	نها	برای	نها	
۳۱۰	۲۰	-	-	۱۲۰۰	۶۰	۸۰	۶۰	بد	۹۴	۱
۱۳۰	۲۰	-	-	۱۰۰۰	۵۰	۲۰	۵۰	متسط	۷۷	۲
۱۳۰	۲۰	-	-	۱۰۰۰	۵۰	۱۵	۱۵	متسط	۴۹	۳
۴۹۰	-	-	-	۱۲۰۰	۷۰	۸۸	۷۰	متسط	۲۵	۴
۳۵۰	-	۱۲۰	-	۱۲۰۰	۹۰	۹۸	۹۰	متسط	۲۲	۵
۴۲۰	-	۷۰	-	۱۲۰۰	۸۰	۶۵	۷۰	خوب	۳۲	۶
۴۹۰	-	-	-	۱۲۰۰	۷۰	۸۶	۷۰	متسط	۴۹	۷
۳۱۰	۲۰	-	-	۱۲۰۰	۶۰	۷۳	۶۰	بد	۰۰	۸
۴۹۰	-	-	-	۱۲۰۰	۷۰	۲۲	۷۰	خوب	۱۶	۹
۴۲۰	-	۷۰	-	۱۲۰۰	۸۰	۶۰	۷۰	خوب	۲۴	۱۰
۴۲۰	-	۷۰	-	۱۲۰۰	۸۰	۶۰	۷۰	خوب	۳۱	۱۱
۴۹۰	-	-	-	۱۲۰۰	۷۰	۲۹	۷۰	خوب	۱۲	۱۲
۱۳۰	۲۰	-	-	۱۰۰۰	۵۰	۱۸	۱۸	متسط	۲۱	۱۳
۴۲۰	-	۷۰	-	۱۲۰۰	۸۰	۹۰	۸۰	متسط	۶۱	۱۴
۴۹۰	-	-	-	۱۲۰۰	۷۰	۱۳	۷۰	بد	۸۵	۱۵
۴۲۰	-	۷۰	-	۱۲۰۰	۸۰	۷۳	۷۰	خوب	۰۸	۱۶
۳۱۰	۲۰	-	-	۱۲۰۰	۶۰	۲۱	۷۰	خوب	۱۵	۱۷
۱۳۰	۲۰	-	-	۱۰۰۰	۵۰	۴۵	۷۰	بد	۱۷	۱۸
۴۹۰	-	-	-	۱۲۰۰	۷۰	۷۶	۷۰	متسط	۵۲	۱۹
۴۲۰	-	۷۰	-	۱۲۰۰	۸۰	۹۶	۷۰	متسط	۷۸	۲۰
۷۷۶۰	۲۲۰	۵۶۰	۲۵۸۰۰							

مساله پایا یی

عمر برینگ	احتمال احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی	
۰-۱۰	۰,۱	۰,۱	۱۰۰
۱۱-۲۳	۰,۲۳	۰,۱۳	۱۱۰
۲۴-۴۸	۰,۴۸	۰,۲۵	۱۲۰
۴۹-۶۱	۰,۶۱	۰,۱۳	۱۳۰
۶۲-۷۰	۰,۷	۰,۰۹	۱۴۰
۷۱-۸۲	۰,۸۲	۰,۱۲	۱۵۰
۸۳-۸۴	۰,۸۴	۰,۰۲	۱۶۰
۸۵-۹۰	۰,۹	۰,۰۶	۱۷۰
۹۱-۹۵	۰,۹۵	۰,۰۵	۱۸۰
۹۶-۱۰۰	۱	۰,۰۵	۱۹۰

یک ماشین فرز بزرگ، سه برینگ مختلف دارد که در جریان کار دچار خرابی می شوند، با خرابی برینگ فرز از کار افتاده و تعمیر کار برای نصب برینگ تازه احضار می شود. مدت عمر هر برینگ و مدت تأخیر تعمیر کار در ورود به محل برای تعمیر برینگ ها متغیرهای تصادفی به شرح زیر می باشند:

مدت تأخیر(دقیقه)	احتمال احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی	
۱-۶	۰,۶	۰,۶	۵
۷-۹	۰,۹	۰,۳	۱۰
۱۰	۱	۰,۱	۱۵

مساله پایایی

► در حال حاضر هر برینگی که از کار می‌افتد، تعویض می‌گردد. با توجه به هزینه‌های زیر چنین وضعیتی را تحلیل کنید. سیاست بهبود دهنده‌ای برای تغییر وضعیت این دستگاه پیشنهاد داده و با استفاده از شبیه‌سازی آن را تحلیل کنید.

- ۱۶ : هزینه هر برینگ
- ۱۲ واحد پول در ساعت: دستمزد تعمیر کار
- ۵ واحد پول در دقیقه: هزینه مدت از کار ماندگی فرز
- ۲۰ دقیقه = ۱ برینگ
- ۳۰ دقیقه = ۲ برینگ
- ۴۰ دقیقه = ۳ برینگ

مسئله پایا یی (۲۰۰۰۰ ساعت)

برینگ ۳					برینگ ۲					برینگ ۱					
ارقام تأثیر	عمر تجمعی	ارقام تأثیر	عمر تجمعی	ارقام تأثیر	عمر تجمعی	ارقام تأثیر	عمر تجمعی	ارقام تأثیر	عمر تجمعی	ارقام تأثیر	عمر تجمعی	ارقام تأثیر	عمر تجمعی	تصادفی (دقیقه)	
تصادفی (ساعت)	(ساعت)	تصادفی (ساعت)	(ساعت)	تصادفی (دقیقه)		تصادفی (ساعت)	(ساعت)	تصادفی (دقیقه)		تصادفی (ساعت)	(ساعت)	تصادفی (دقیقه)			
۱۵	۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۷۶	۱۵	۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۷۱	۵	۲	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۶۷	۱
۵	۲	۲۹۰۰	۱۴۰۰	۶۵	۱۰	۷	۲۷۰۰	۱۲۰۰	۴۳	۵	۳	۲۴۰۰	۱۰۰۰	۰۸	۲
۱۰	۷	۴۳۰۰	۱۴۰۰	۶۱	۵	۳	۴۴۰۰	۱۷۰۰	۸۶	۵	۱	۳۷۰۰	۱۳۰۰	۴۹	۳
۵	۱	۶۲۰۰	۱۹۰۰	۹۶	۵	۱	۶۲۰۰	۱۸۰۰	۹۳	۱۰	۷	۵۳۰۰	۱۶۰۰	۸۴	۴
۵	۳	۷۶۰۰	۱۴۰۰	۶۵	۵	۲	۷۸۰۰	۱۶۰۰	۸۱	۱۰	۸	۶۵۰۰	۱۲۰۰	۴۴	۵
۵	۳	۸۹۰۰	۱۳۰۰	۵۶	۱۰	۸	۹۰۰۰	۱۲۰۰	۴۴	۵	۱	۷۷۰۰	۱۲۰۰	۳۰	۶
۵	۶	۱۰۰۰۰	۱۱۰۰	۱۱	۵	۱	۱۰۱۰۰	۱۱۰۰	۱۹	۵	۲	۸۷۰۰	۱۰۰۰	۱۰	۷
۵	۳	۱۱۷۰۰	۱۷۰۰	۸۶	۵	۱	۱۱۴۰۰	۱۳۰۰	۵۱	۱۰	۸	۱۰۱۰۰	۱۴۰۰	۶۳	۸
۵	۱	۱۳۰۰۰	۱۳۰۰	۵۷	۱۰	۷	۱۲۷۰۰	۱۳۰۰	۴۵	۵	۳	۱۱۱۰۰	۱۰۰۰	۰۲	۹
۵	۴	۱۴۳۰۰	۱۳۰۰	۴۹	۵	۸	۱۳۸۰۰	۱۱۰۰	۱۲	۱۰	۸	۱۲۱۰۰	۱۰۰۰	۰۲	۱۰
۱۰	۸	۱۵۵۰۰	۱۲۰۰	۳۶	۱۵	۰	۱۵۱۰۰	۱۳۰۰	۴۸	۱۰	۷	۱۳۶۰۰	۱۵۰۰	۷۷	۱۱
۵	۲	۱۶۷۰۰	۱۲۰۰	۴۴	۱۰	۸	۱۶۱۰۰	۱۰۰۰	۰۹	۵	۵	۱۴۹۰۰	۱۳۰۰	۰۹	۱۲
۵	۱	۱۸۵۰۰	۱۸۰۰	۹۴	۵	۱	۱۷۳۰۰	۱۲۰۰	۴۴	۵	۵	۱۶۰۰۰	۱۱۰۰	۲۳	۱۳
۱۰	۷	۲۰۰۰۰	۱۵۰۰	۸۷	۵	۲	۱۸۵۰۰	۱۲۰۰	۴۶	۱۰	۹	۱۷۳۰۰	۱۳۰۰	۰۳	۱۴
					۱۰	۸	۱۹۷۰۰	۱۲۰۰	۴۰	۵	۶	۱۹۰۰۰	۱۷۰۰	۸۰	۱۵
۹۰					۵	۵	۲۱۰۰۰	۱۳۰۰	۵۲	۵	۴	۲۰۵۰۰	۱۵۰۰	۷۵	۱۶
					۱۲۵					۱۱۰					

مساله پایایی (هزینه ها در وضعیت فعلی)

$$\text{هزینه برینگ} = 46 * 16 = 736$$

$$\text{هزینه مدت تأخیر} = (110 + 125 + 95) * 5 = 1650$$

$$\text{هزینه مدت از کارافتادگی حین تعمیر} = 46 * 20 * 5 = 4600$$

$$\text{هزینه تعمیر کار} = 46 * 20 * (12/60) = 184$$

$$\text{هزینه کل} = 736 + 1650 + 4600 + 184 = 7170$$

مسئله پایا یی (پیشنهاد)

تاریخ تاریخ (دقیقه)	ارقام تصادفی (ساعت)	عمر برینگ خرابی (ساعت)	عمر برینگ تجمیع (ساعت)	اولین عمر (ساعت)	عمر برینگ تجمیع (ساعت)	عمر برینگ خرابی (ساعت)	تاریخ تاریخ (دقیقه)
		۱	۲	۳			
۵	۳	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۴۰۰	۱
۱۰	۷	۲۴۰۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۲
۵	۵	۳۷۰۰	۱۳۰۰	۱۴۰۰	۱۷۰۰	۱۳۰۰	۳
۵	۱	۵۳۰۰	۱۶۰۰	۱۹۰۰	۱۸۰۰	۱۶۰۰	۴
۵	۴	۶۵۰۰	۱۲۰۰	۱۴۰۰	۱۶۰۰	۱۲۰۰	۵
۵	۳	۷۷۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۶
۱۰	۷	۸۷۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰	۷
۱۰	۸	۱۰۰۰۰	۱۳۰۰	۱۷۰۰	۱۳۰۰	۱۴۰۰	۸
۱۰	۸	۱۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۰۰۰	۹
۵	۳	۱۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰
۵	۲	۱۳۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰	۱۱
۵	۴	۱۴۲۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۲
۵	۱	۱۵۳۰۰	۱۱۰۰	۱۸۰۰	۱۲۰۰	۱۱۰۰	۱۳
۵	۶	۱۶۵۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱۴
۵	۲	۱۷۷۰۰	۱۲۰۰	(۶۳) ۱۴۰۰	۱۲۰۰	۱۷۰۰	۱۵
۱۰	۷	۱۸۸۰۰	۱۱۰۰	(۲۱) ۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰	۱۶
۱۵	۰	۱۹۹۰۰	۱۱۰۰	(۲۲) ۱۱۰۰	(۵۳) ۱۳۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	۱۷
۵	۵	۲۰۹۰۰	۱۰۰۰	(۵۱) ۱۳۰۰	(۲۹) ۱۲۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	۱۸

تعویض
هر سه
برینگ
در
صورت
رخداد
یک
خرابی

مساله پایا یی (هزینه ها در وضعیت پیشنهادی)

$$\text{هزینه برینگها} = ۵۴ * ۱۶ = ۸۶۴$$

$$\text{هزینه تأخیر} = ۱۲۵ * ۵ = ۶۲۵$$

$$\text{هزینه مدت از کار افتادگی} = ۱۸ * ۴۰ * ۵ = ۳۶۰۰$$

$$\text{هزینه تعمیر کار} = ۱۸ * ۴۰ * (۱۲ / ۶۰) = ۱۴۴$$

$$\text{هزینه کل} = ۸۶۴ + ۶۲۵ + ۳۶۰۰ + ۱۴۴ = ۵۲۳۳$$

مکانیزم پیشرفت زمان

- ✓ به دلیل اینکه شبیه سازی گستته پیشامد پویاست بنابراین نیاز به تعریف مکانیزمی است که در آن زمان شبیه سازی را تعریف نمود و پیش برد.
- ✓ دو روش اساسی و پایه ای برای این کار وجود دارد:
 1. (next-event time advance) پیشرفت زمان براساس پیشامد بعدی
 2. (Fixed increment time advance) پیشرفت زمان با افزایش ثابت

مکانیزم پیشرفت زمان

1. (next-event time advance) پیشرفت زمان براساس پیشامد بعدی

- در این رویکرد متغیر ساعت شبیه سازی هر بار که پیشامدی رخ می دهد جلو می رود، و در زمانیکه اتفاقی رخ نداده است مقدار این متغیر تغییری نمی کند.
- مقدار اولیه ساعت شبیه سازی صفر خواهد بود. سپس زمان تصادفی همه پیشامدهای آتی مشخص می شود و هر بار ساعت شبیه سازی زمان نزدیکترین اتفاقی را که قرار است رخ دهد مشخص می کند.
- اکثر نرم افزارها با این روش کار می کنند.

مکانیزم پیشرفت زمان

2. (Fixed increment time advance) پیشرفت زمان با افزایش ثابت

- در این رویکرد متغیر ساعت شبیه سازی در فاصله های زمانی مساوی به جلو می رود و هر بار براساس تمام پیشامدهایی که در این بازه های زمانی برابر، رخ داده است متغیرهای حالت به روز می شوند.
- عیب این روش این است که:
- اگر بازه ها را کوچک بگیریم دفعات زیادی باید بیهوده متغیرهای سیستم را حساب کنیم بنابراین زمان محاسبات طولانی تر است. اگر بازه ها را بزرگ بگیریم برخی از مشخصه ها را نمی توان به دقت محاسبه نمود.
- نرم افزارها معمولاً با این روش کار نمی کنند.

مراحل اجرای شبیه سازی

- فاز یک (صفر): آماده سازی و تعریف مساله
- فاز دو: جمع آوری و تحلیل داده های ورودی
- فاز سه: اجرای شبیه سازی
- فاز چهار: تجزیه تحلیل نتایج به دست آمده

مراحل اجرای شبیه سازی

- فاز یک: آماده سازی
 - . 1. تعریف مساله و بیان اهداف مساله
 - . 2. تعریف سیستم و اجزای آن
 - . 3. مدلسازی
 - . 4. تهیه منشور پروژه شبیه سازی

مراحل اجرای شبیه سازی

تعریف مساله و بیان اهداف مساله

ویژگیهای یک مساله مناسب شبیه سازی گستته پیشامد

۱. مساله شایسته تحلیل با شبیه سازی باشد.

- نتوان آن را به صورت تحلیلی حل نمود.
- به اندازه کافی پیچیده باشد.
- سیستم گستته پیشامد باشد.

۲. مساله پویا باشد.

- زمان در آنها نقش داشته باشد (متغیرهای حالت تابعی از زمان باشند).
- نهاد و جریان حرکت نهاد در سیستم را بتوان پی گیری کرد..

مراحل اجرای شبیه سازی

تعریف مساله و بیان اهداف مساله

ویژگیهای یک مساله مناسب شبیه سازی گستته پیشامد

۳. انجام مساله و اجرای شبیه سازی ممکن باشند.

- روش‌های جمع آوری داده‌ها ممکن باشد.

- ابزار شبیه سازی کامپیوتری مناسب با ابعاد مساله وجود داشته باشد.

۴. حل مساله از طریق شبیه سازی توجیه اقتصادی داشته باشد.

- از روش‌های تجزیه و تحلیل مالی و حتی روش‌های اقتصاد مهندسی استفاده شود.

۵. زمانبندی هر فاز و تاریخ اختتام تعیین شده باشد. زمان انجام پروژه محدود باشد.

مراحل اجرای شبیه سازی

تعریف سیستم و اجزای سیستم

یکی از مهمترین فعالیتهای که در مرحله آماده سازی انجام می گیرد، تعیین مرز و حدود پردازشی است که در حال انجام است که به آن محدوده سیستم گفته می شود. اجزای هر سیستم نیز باید به صورتی که قبلاً بیان شد تعریف شود.

اجزای یک سیستم:

۱. نهاد **Entity**
۲. خصوصیت، صفت یا خصیصه **Attribute**
۳. فعالیت **Activities/Operations**
۴. پیشامد **Event**
۵. متغیر های حالت **State**

مراحل اجرای شبیه سازی

مدلسازی

در شبیه سازی گستته پیشامد هر سه مرحله مدلسازی (مدل مفهومی، مدل مشخص و مدل کامپیوتری) باید به طور کامل و دقیق تعیین شود.

۱- مدلسازی مفهومی

یک طرح کلی کامل از مدل ارائه می شود این طرح باید شامل موارد زیر باشد:

1. نهادها و طبقه بندی بر اساس خصوصیات
2. منابع، خدمت دهنده ها و به طور کلی جایی که به واسطه آن نهادها در سیستم حضور دارند.
سرور، تعمیر کار، میز غذا، یا بخشی از انبار، ایستگاه کاری و ...
3. ورودیها و خروجیها
4. محلهای بالفعل و بالقوه تشکیل صفت
5. نقاط تصمیمیم

مراحل اجرای شبیه سازی

مدلسازی

۲- مدلسازی مشخص

در مدل مشخص اطلاعات تمام بخش‌های ورودی، خروجی، سرویس دهی و پردازش به صورت کمی باید جمع آوری شود:

- .1 ورودیها و خروجیها
- .2 منابع شامل نقاط خدمتدهی، مکانهای پردازش، ایستگاههای کاری و ...
- .3 صفات و علل آن
- .4 نقاط تصمیم

در این بخش دو جزء باید کاملاً مشخص شود:

- الف - تمام خصوصیات سیستم صفات تعیین می‌گردد.
- ب - با استفاده از یک ابزار ترسیمی-تحلیلی مناسب نحوه حضور و فعالیت نهاد در سیستم تعیین می‌شود.

مراحل اجرای شبیه سازی

مدلسازی

۲- مدلسازی مشخص

- ب- ابزار ترسیمی- تحلیلی جریان نهاد
- فلوچارت‌ها
- نمودار جریان فرآیند
- نمودار جریان داده‌ها
- نمودار مونتاژ
- و....

الف- خصوصیات سیستم

- نحوه ورود و سرویس دهی
- ظرفیت سیستم و ظرفیت صفات
- تعداد سرورها
- نظم الوبیت
- نحوه خدمت رسانی
- وضعیت محیط

مراحل اجرای شبیه سازی

مدلسازی

۳- مدلسازی کامپیووتری

نرم افزارهای کامپیووتری نمادها، محیط و امکاناتی را دارد که به کمک آن می توان مدل مشخص را وارد کامپیووتر کرد:

- مدلهای کامپیووتری تعمیمی از مدلهای مشخص هستند که مشخصات آماری هر عنصر را نیز به همراه دارند.
- در مدلهای کامپیووتری مسیر حرکت و جریان نهاد در سیستم معلوم می باشد.
- طراحی یک مدل کامپیووتری تا مرحله Run ادامه دارد.

مراحل اجرای شبیه سازی

تهیه منشور پروژه شبیه سازی

منشور پروژه چیست؟ منشور مدرکی مكتوب است و بعنوان یک توافق نامه بین مدیریت و تیم پروژه، از نظر انتظاراتی که وجود دارد، به کار می رود.

منشور پروژه :

- انتظاراتی که از تیم وجود دارد را مشخص می کند.
- تیم را بصورت مرکز کنار هم نگه می دارد.
- تیم را با اولویتهای انجام پروژه هم راستا می کند.
- به صورت یک قرارداد مكتوب بین تیم مجری و مسئولین سیستم عمل میکند.
- هر کس با مشاهده منشور می تواند با کلیات پروژه آشنا شود.

مراحل اجرای شبیه سازی

تهییه منشور پروژه شبیه سازی

- ✓ عناصر منشور پروژه
- ✓ شماره پروژه و شماره بازنگری آن
- ✓ شرح عنوان پروژه
- ✓ هدف اجرای پروژه
- ✓ تعیین سیستم مورد مطالعه
- ✓ نتایج کسب و کار (مالی) مورد انتظار
- ✓ اعضاء تیم
- ✓ حمایت های مورد نیاز
- ✓ منافع مورد انتظار برای مشتری
- ✓ برنامه زمانبندی (گانت چارت)
- ✓ اجزاء سیستم

مثال عملی برای فاز آماده سازی

تعریف مساله و بیان اهداف مساله

تبیین مساله

- ✓ یکی از سیستمهای صفت معروف پمپ بنزین می باشد که به پاره ای از دلایل مطالعه روی آن می تواند مفید و اثر بخش باشد.
- ✓ وجود هزینه های بالای ناشی از وجود صفت، ترافیک در خیابان مجاور، کاهش سوددهی ناشی از اتلاف زمان و بازده کارکنان از دلایل مطالعه روی این سیستم می باشد.
- ✓ در این مطالعه می خواهیم اثر تغییر پارامترهای اساسی پمپ بنزین را در بهبود عملکرد این سیستم مورد مطالعه و ارزیابی قرار دهیم و در صورت امکان یک طرح مناسب برای افزایش اثربخشی و بهبود عملکرد این سیستم پیشنهاد کنیم.

مثال عملی برای فاز آماده سازی

تعریف مساله و بیان اهداف مساله

عنوان پروژه

بررسی و تحلیل اثر تغییر پارامترهای سیستم پمپ بنزین (مثل تعداد پمپها، توسعه فضای جایگاه و....) بر اثربخشی و بهبود عملکرد پمپ بنزین.

- ✓ مساله راه حل دقیق و از پیش تعیین شده ندارد، زیرا پمپ بنزین یک سیستم پیچیده تلقی می شود.
- ✓ مساله پویاست.
- ✓ اجرا، جمع آوری و تحلیل اطلاعات و استفاده از نرم افزار مناسب مقدور است.
- ✓ مساله اقتصادی است.
- ✓ زمان اجرای پروژه طبق زمانبندی آتی مناسب است.

مثال عملی برای فاز آماده سازی

تعریف مساله و بیان اهداف مساله

اهداف اجرای پروژه

- ✓ تعیین پارامتر کلیدی متوسط طول صف و ماکزیمم صف با در نظر گرفتن حد مجاز.
- ✓ تجزیه تحلیل هزینه/منفعت با تعریف سناریوهای مختلف و تغییر پارامترها
- ✓ تعیین میزان بهره وری کارکنان و میزان بهره وری کل سیستم.
- ✓ بررسی متوسط زمان انتظار، متوسط زمان ارزش افزوده و غیرارزش افزا در سیستم.

مثال عملی برای فاز آماده سازی

تعریف مساله و بیان اهداف مساله

سناریوها برای اجرا

- ✓ سیستم عملکرد مناسبی دارد و نیاز به تغییر پارامترها وجود ندارد.
- ✓ افزایش پمپ
- ✓ توسعه جایگاه
- ✓ تعدیل کارکنان و افزایش بهره وری
- ✓ تعمیر و توسعه فضای مفید برای صف

نکته

- ✓ برای تعریف سناریوهای دیگر می‌توان از گامهای دیگر به این گام برگشت داشت.
- ✓ سناریوها باید کاملاً تعریف شده و شدنی باشند.

مثال عملی برای فاز آماده سازی

تعریف سیستم و اجزای سیستم

اجزای سیستم

نام سیستم: پمپ بنزین (مشخصات کامل آن ذکر شود)

نهاد	خصوصیت	فعالیت	پیشامد	متغیرهای حالت
۱- میزان بنزین مورد نیاز ۲- نوع سوخت مورد نیاز ۳- نوع وسیله نقلیه: کامیون، سواری، موتورسیکلت ۴- جنسیت راننده	اتومبیلها	ساختگیری پایان ساختگیری و خروج وضعیت خدمت دهنده	ماکزیمم طول صف ورود یک اتومبیل	تعداد مشتریان در صف

مثال عملی برای فاز آماده سازی

مدلسازی (مدل مفهومی)

مدل مفهومی

- ✓ نهادها و طبقه بندی بر اساس خصوصیات: میزان زمان سرویس گیری می تواند تابعی از میزان سوخت مورد نیاز باشد.
- ✓ منابع: پمپهای بنزین و اپراتورها
- ✓ ورودیها و خروجیها: کل ورودیها و خروجیهای ممکن شناسایی شود.
- ✓ محلهای بالفعل و بالقوه تشکیل صفت: ابتدا یک صفت دو خطه تشکیل می شود در صفت مجزا تقسیم می شود. کزمان ورود این صفت به تعداد
- ✓ نقاط تصمیم: لحظه ورود برای انتخاب یکی از دو صفت، لحظه انتخاب صفت سوختگیری

مثال عملی برای فاز آماده سازی

مدلسازی (مدل مفهومی)

مدل مفهومی

لیست کل فعالیتها در زمان سوختگیری

- ✓ خاموش شدن خودرو
- ✓ خروج و بازکردن درب باک
- ✓ برداشتن وسیله انتقال سوخت و قرار دادن آن در باک
- ✓ سوختگیری
- ✓ قرار دادن وسیله انتقال در روی پمپ
- ✓ بستن در باک
- ✓ پرداخت پول
- ✓ روشن کردن خودرو
- ✓ حرکت

ترسیم یک الگوی شماتیک مفهومی و استفاده از عکسها و فیلم می تواند بسیار مفید باشد.

مثال عملی برای فاز آماده سازی

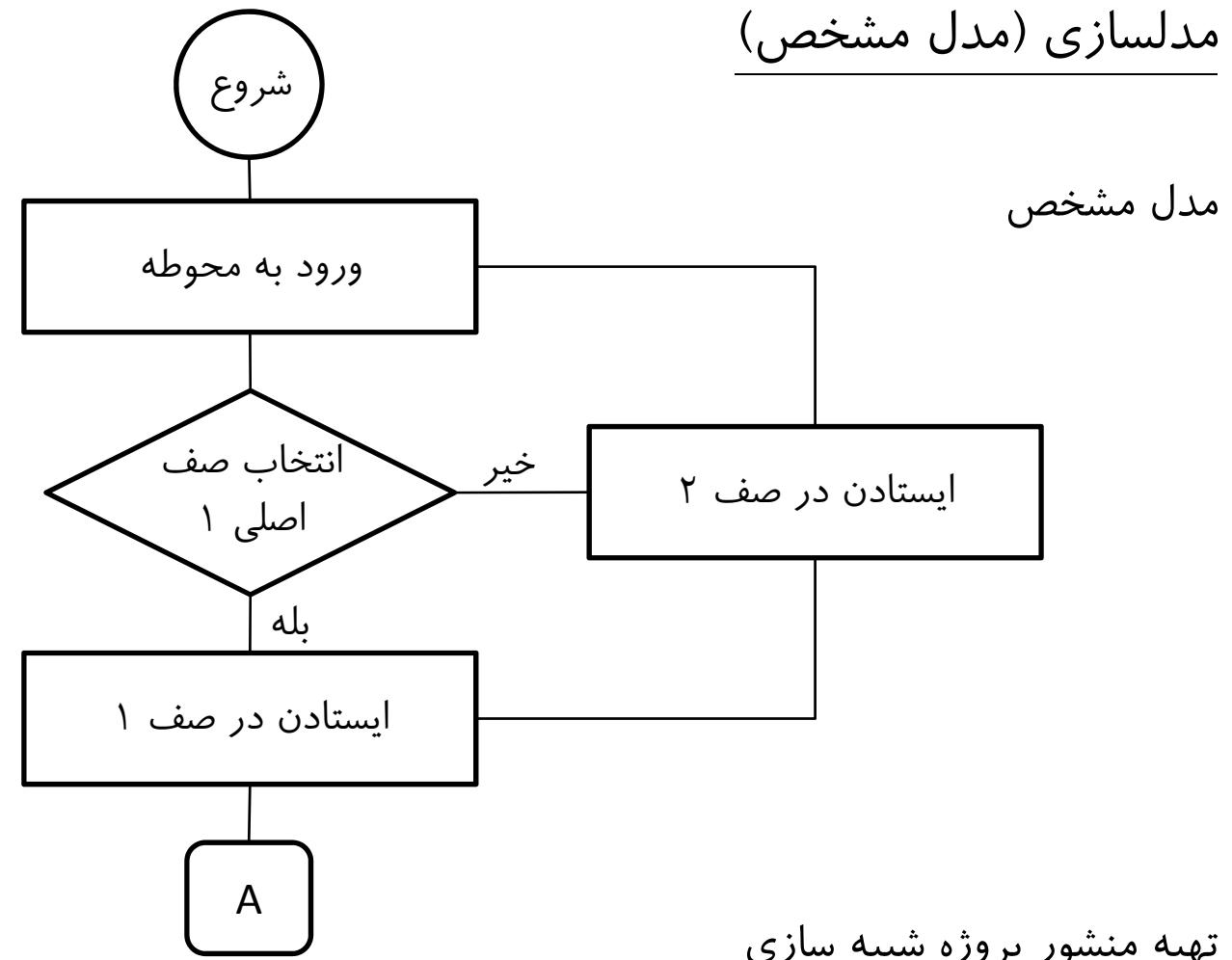
مدلسازی (مدل مشخص)

مدل مشخص

خصوصیات سیستم

- ✓ نحوه ورود و سرویس دهی: بر اساس نظم FIFO
- ✓ ظرفیت سیستم و ظرفیت صف: فرض می شود بینهایت است.
- ✓ تعداد سرورها: ۱۱ نفر
- ✓ نظم الوبیت : FIFO برای هر صف مجزا. صف دوم امکان استفاده از جایگاه ۱ و ۲ را دارد اما صف اول امکان استفاده از جایگاه ۳ تا ۶ را داراست.
- ✓ نحوه خدمت رسانی: سلف سرویس در ۶۵ درصد اوقات، در لحظه پرداخت پول اپراتور
- ✓ وضعیت محیط

مثال عملی برای فاز آماده سازی



جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

فاز دوم: جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

- .1 برنامه اجرایی جمع آوری داده ها
- .2 مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی
- .3 بررسی استقلال مشاهدات
- .4 بررسی ثبات داده ها
- .5 تعیین تابع توزیع مشاهدات
- .6 تجزیه و تحلیل وصفی برای داده های ورودی به مدل

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

1. برنامه اجرایی جمع آوری داده ها

فرم جمع آوری داده ها چیست؟

فرمی برای انتقال و ذخیره سازی داده های سیستم که توسط تحلیلگر ایجاد می شود.

اجزای فرم جمع آوری داده ها

- ✓ مشخصات سیستم
- ✓ مشخصات نهاد (نام یا شناسه نهاد ، خصوصیات نهاد و...)
- ✓ واحد اندازه گیری (معمولًاً تعداد یا زمان است).
- ✓ نوع بخش یا جزئی که از آن اطلاعات کسب می شود. همچنین سایر مشخصات مانند نام ، شناسه و....
- ✓ اطلاعات مربوط به ثبت، زمان پیشامد، نوع نهاد ، نوع خصوصیت، ملاحظات و....
- ✓ اطلاعات مربوط به تحلیلگر و شخص یا اشخاصی که داده ها را جمع می کنند.
- ✓ و هر نوع اطلاعات مفید دیگر....

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدلهای آماری در شبیه سازی

توزیع های رایج متغیرهای تصادفی گستته

توزیع های رایج متغیرهای تصادفی پیوسته

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع یکنواخت

تابع چگالی به شکل زیر می باشد:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \Rightarrow F(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases}$$

$$p(x_1 < X < x_2) = \frac{x_2 - x_1}{b-a}$$

$$E(x) = \frac{a+b}{2}$$

$$\text{var}(x) = \frac{(b-a)^2}{12}$$

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع یکنواخت (کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ برای تولید مقادیر تصادفی کاربرد بسیار زیادی دارد و بوجود آورنده اکثر مقادیر مربوط توزیعهای آماری مختلف است.
- ✓ در طراحی فرآیندها و شبیه سازی سیستمها یی که موجود نیستند کاربرد دارد.
- ✓ برای مدت های بین دو ورود که حد بالا و حد پایین دارند نیز کاربرد دارد.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

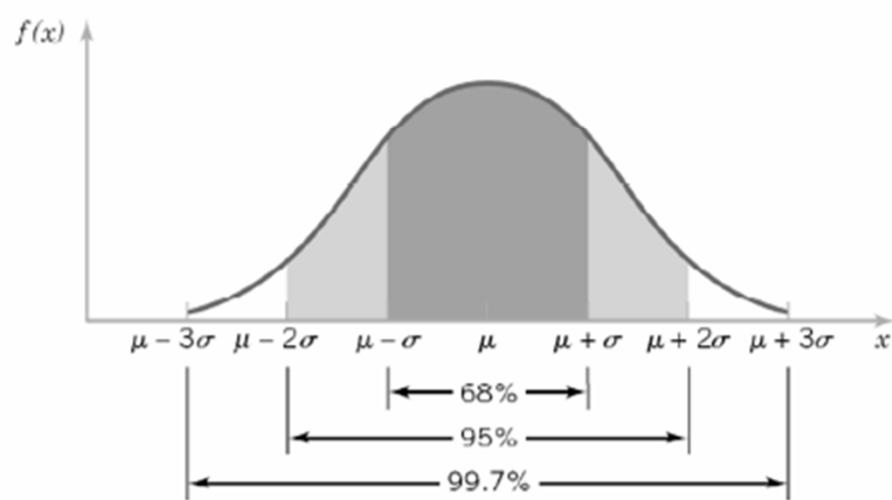
توزیع نرمال

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$-\infty < x < \infty$$

$$\text{mean} = \mu$$

$$\text{variance} = \sigma^2$$



جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

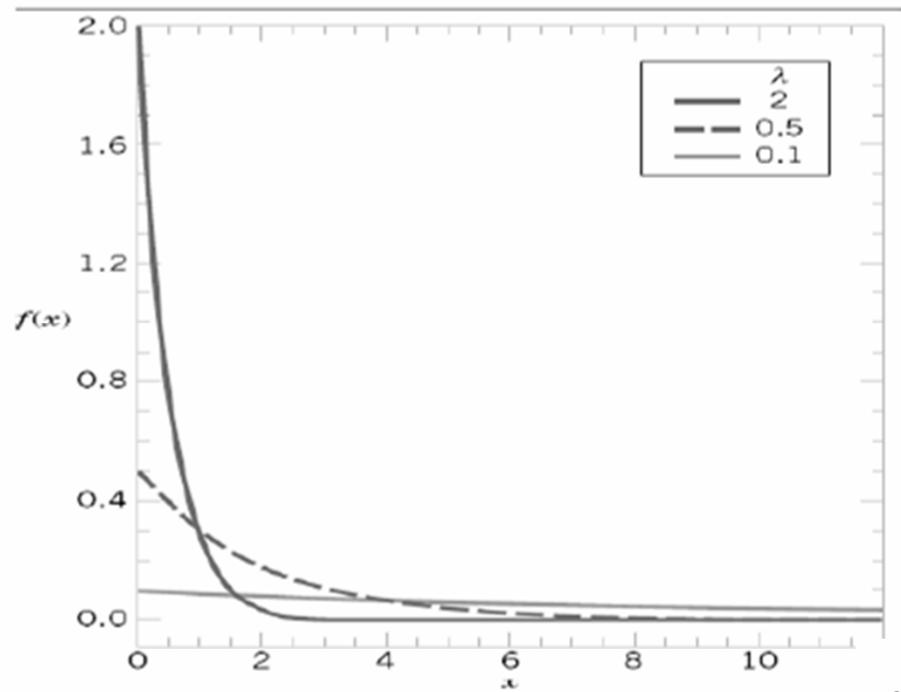
2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع نرمال (کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ در فرآیندهای اتوماتیک که در آن زمان خدمتدهی نسبتاً ثابت است اما زمانهای خدمتدهی با مجموعه نوسانات کوچک و تصادفی نیز وجود دارند، توزیع نرمال یک مدل مناسب برای برازش داده هاست.
- ✓ به طور کلی برای زمانهایی که تعداد زیادی خطای بسیار کوچک در آن وجود دارد و این خطاهای کوچک و مختلف عامل تصادفی بودن هستند از این توزیع به خوبی می توان استفاده نمود.
- ✓ استفاده از قضیه حد مرکزی. مثلاً وقتی یک فعالیت از تعداد زیادی عملیات مشابه تشکیل شده است مجموع کل زمان فعالیت می تواند با توزیع نرمال برآورد شود.
- ✓ این توزیع یک تقریب خوب برای توزیعهای دیگر است.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی



توزیع نمایی

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \Rightarrow F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad x \geq 0$$

خاصیت بی حافظگی توزیع نمایی

$$P(X > s + t | X > s) = P(X > t)$$

$$E(x) = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{var}(x) = \frac{1}{\lambda^2}$$

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع نمایی (کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ در شبیه سازی سیستمهای گستته مدل نمایی یک مدل بسیار مناسب و در بسیاری موارد منطبق با توزیع مدت زمان بین دو ورود و مدت زمان خدمتدهی است (مخصوصا هنگامیکه زمانهای بین دو پیشامد اغلب کوتاه یا خیلی کوتاه هستند).
- ✓ وقتی مدت زمانهای ورود نرخ ثابتی در طول زمان داشته باشند توزیع نمایی است.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

$$\Gamma(B) = \int_0^{\infty} x^{\beta-1} e^{-x} dx = (\beta-1)\Gamma(\beta-1)$$

$$\beta \in \mathbb{N} \Rightarrow \Gamma(\beta) = (\beta-1)!$$

• تابع گاما
توزیع گاما

• تابع توزیع گاما

$$\beta = 1 \Rightarrow f(x) = \frac{\lambda'}{\Gamma(1)} x^{1-1} e^{-\lambda x} = \lambda e^{-\lambda x}$$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\lambda^\beta}{\Gamma(\beta)} x^{\beta-1} e^{-\lambda x} & x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{cases} E(x) = \frac{\beta}{\lambda} \\ Var(x) = \frac{\beta}{\lambda^2} \end{cases}$$

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدلهای آماری در شبیه سازی

توزیع ارلنگ

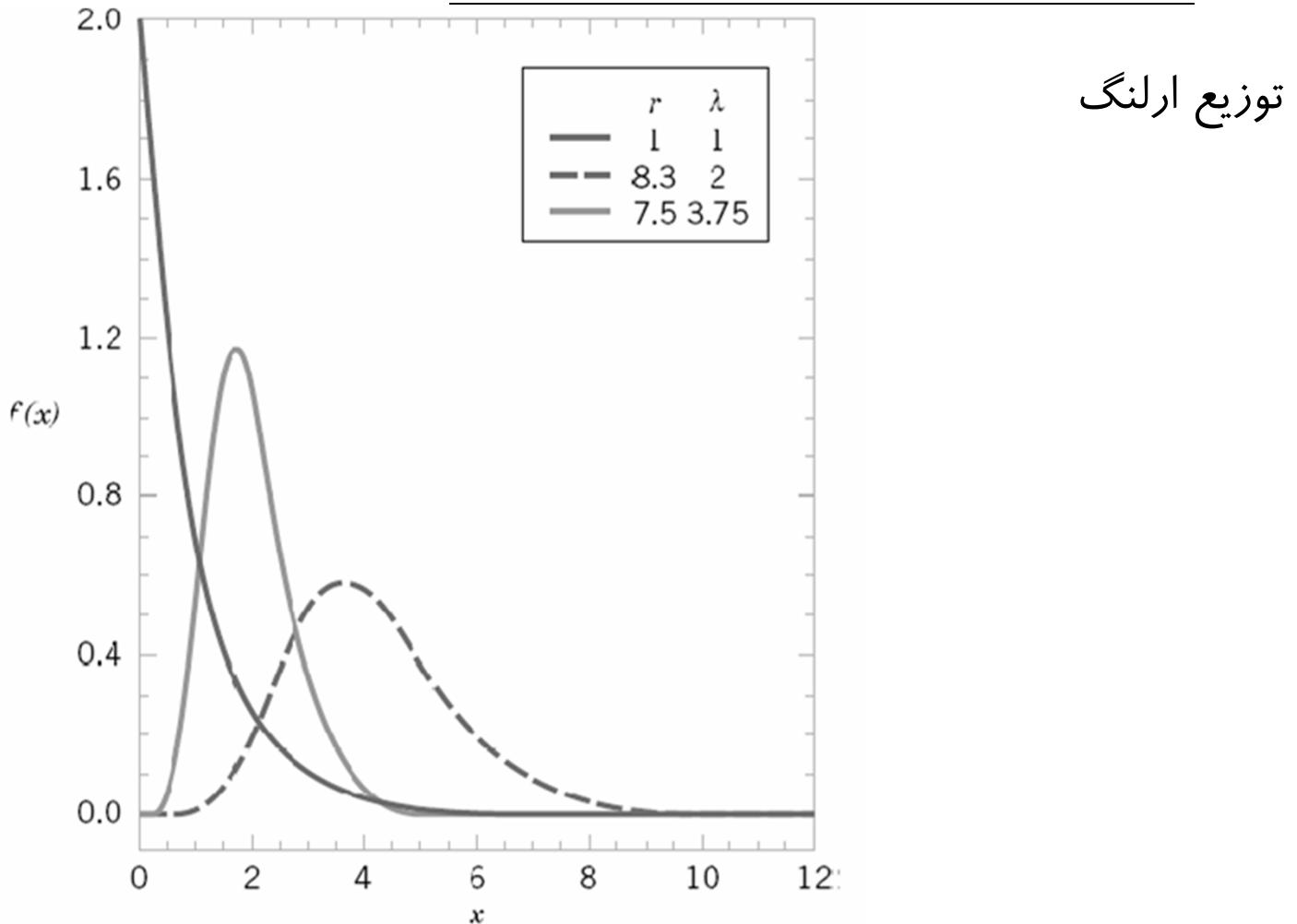
همان تابع توزیع گاما در حالتی است که $\beta \in N$ است:

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta}{(\beta-1)!} x^{\beta-1} e^{-\lambda x} \Rightarrow F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \sum_{i=0}^{\beta-1} \frac{(\lambda x)^i}{i!}$$

در ادامه به جای β از r استفاده می کنیم.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی



جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع ارلنگ (کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ در شبیه سازی سیستمهای گستته فرآیندهای چند فعالیته و یا فرآیندهای سری که هر جزء هم توزیع و نمایی هستند دارای توزیع ارلنگ است.
- ✓ مد توزیع ارلنگ صفر نیست بنابراین دامنه بیشتری از ورودها را می تواند در برگیرد. همچنین، اگر مدت های بزرگ خدمت دهی تعداد رخداد بیشتری داشته باشد توزیع ارلنگ انتخاب مفیدی است.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

مثال: یک معاینه پزشک سه مرحله دارد که هر کدام دارای توزیع نمایی با میانگین ۲۰ دقیقه است. با این فرضیات احتمال مدت معاینه کمتر از ۵۰ دقیقه باشد را بیابید.

$$X = X_1 + X_2 + X_3$$

$$- X_1 \sim EXP\left(\frac{1}{20}\right)$$

$$- X_2 \sim EXP\left(\frac{1}{20}\right)$$

$$- X_3 \sim EXP\left(\frac{1}{20}\right)$$

$$\begin{aligned} F(50) &= 1 - e^{\frac{-1}{20} \times 50} \times \sum_{i=0}^2 \frac{(1/20 \times 50)^i}{i!} = 1 - e^{-2.5} \sum_{i=0}^2 \frac{(2.5)^i}{i!} = 1 - 0.543 \\ &= 0.457 \end{aligned}$$

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع وایبل

The random variable X with probability density function

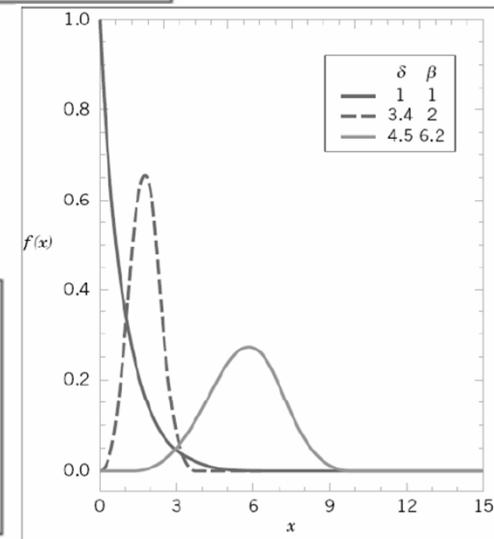
$$f(x) = \frac{\beta}{\delta} \left(\frac{x}{\delta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\delta}\right)^\beta\right], \quad \text{for } x > 0$$

is a Weibull random variable with scale parameter $\delta > 0$ and shape parameter $\beta > 0$.

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad x > 0$$

$$E(x) = (\beta / \alpha) \Gamma(1 / \alpha)$$

$$\text{var}(x) = (\beta^2 / \alpha) \left\{ 2\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha} (\Gamma(1/\alpha))^2 \right\}$$



جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدلهای آماری در شبیه سازی

توزیع وایبل (کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ در شبیه سازی یک کاندیدای خوب برای جاهایی که توزیع نمایی و ارلنگ به خوبی جواب نمی دهند است.
- ✓ انعطاف پذیری بسیار بالایی دارد (مثلًا توزیع وایبول با پارامترهای α و β دارای توزیع نمایی با پارامتر β/α است).
- ✓ بسیاری از مدلهای خرابی ماشین آلات دارای توزیع وایبل است.
- ✓ به طور کلی برای توزیع طول عمرها بسیار مفید است.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

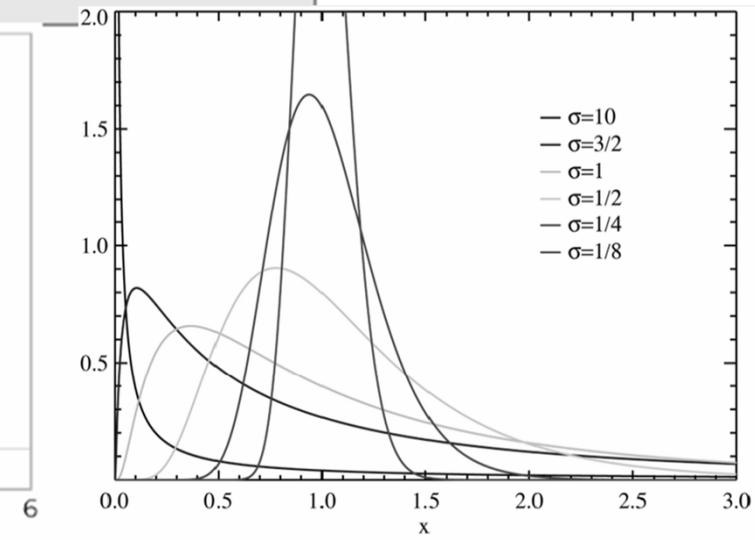
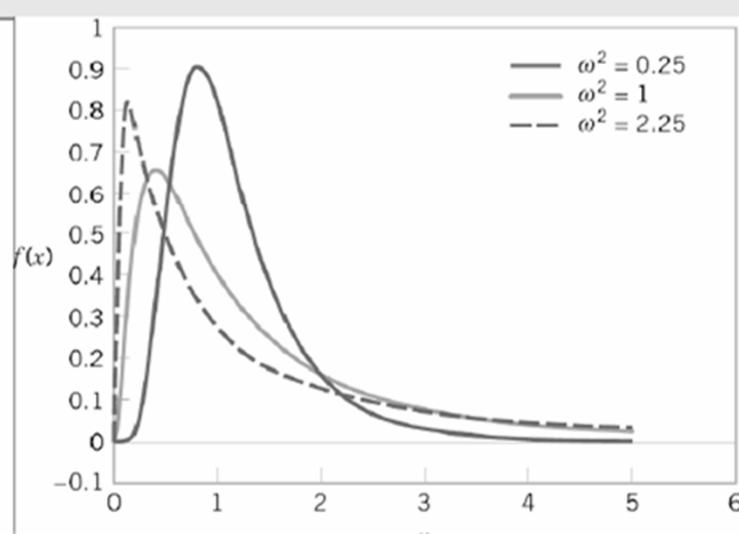
Let W have a normal distribution mean θ and variance ω^2 ; then $X = \exp(W)$ is a log-normal random variable with probability density function

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \theta)^2}{2\omega^2}\right] \quad 0 < x < \infty$$

The mean and variance of X are

$$E(X) = e^{\theta + \omega^2/2} \quad \text{and} \quad V(X) = e^{2\theta + \omega^2} (e^{\omega^2} - 1) \quad (4-25)$$

توزیع لگ نرمال



جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدلهای آماری در شبیه سازی

توزیع لگ نرمال (کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ طول عمر بسیاری از پدیده های طبیعی از توزیع لگ نرمال پیروی می کند.
- ✓ برای مدلسازی فرآیندهای تصادفی مالی نیز به کار می رود.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

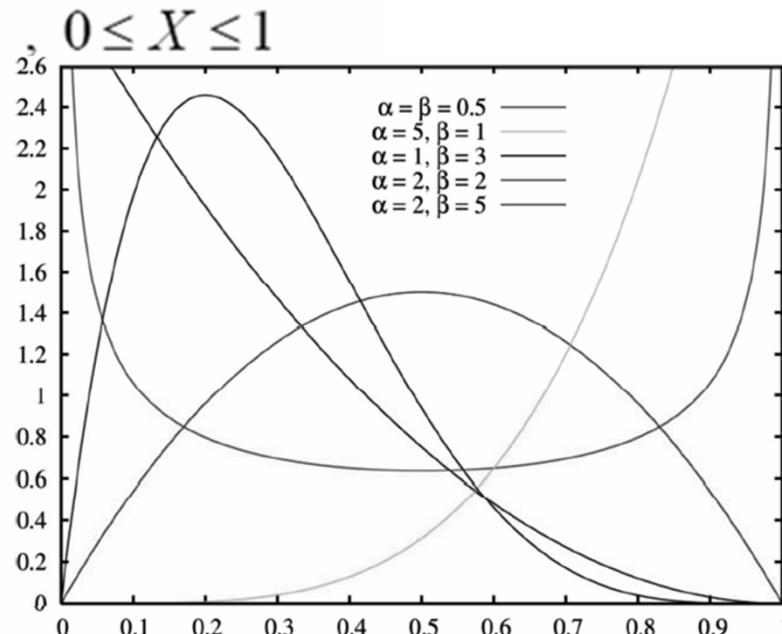
2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

BETA Function: $B(\alpha, \beta) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha + \beta)}$ توزیع بتا

BETA Distribution: $f(x) = \frac{x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)}$

$$E(x) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$Var(x) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}$$



جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع بتا(کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ این توزیع بسیار منعطف است بنابراین به مقدار زیاد برای سیستم هایی که مشاهدات زیادی از آن نیست به کار می رود.
- ✓ برای مشاهدات محدود که مقدار بالا و پایین آن را می دانیم قابل استفاده است.
- ✓ برای بیان مقادیر بین صفر و یک (مانند رصد قطعاتی که پس از خدمت دهی خراب نشده اند و موارد مشابه) کاربرد فراوان دارد.

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدلهای آماری در شبیه سازی

توزیع مثلثی

متغیر تصادفی توزیع مثلثی X مقادیر موجود در بازه $S=[a,b]$ را اختیار می کند. احتمال در زیربازه $[a,c]$ به صورت خطی افزایش می یابد و در زیربازه $[c,b]$ به صورت خطی کاهش می یابد. بنابراین تابع چگالی این متغیر دارای شکل مثلثی می باشد. توزیع مثلثی با نماد $\text{Tria}(a,c,b)$ نشان می دهد. تابع چگالی آن به صورت زیر به دست می آید:

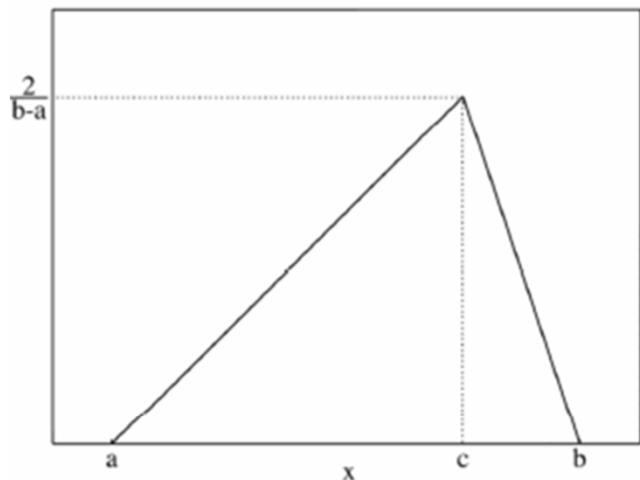
$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & c \leq x \leq b \\ 0 & x > b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E(x) = \frac{a+b+c}{3} \\ Var(x) = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18} \end{cases}$$

جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع مثلثی

تغییرات در پارامتر مکانی



مکانی

a

$-\infty < a < \infty$

شكل

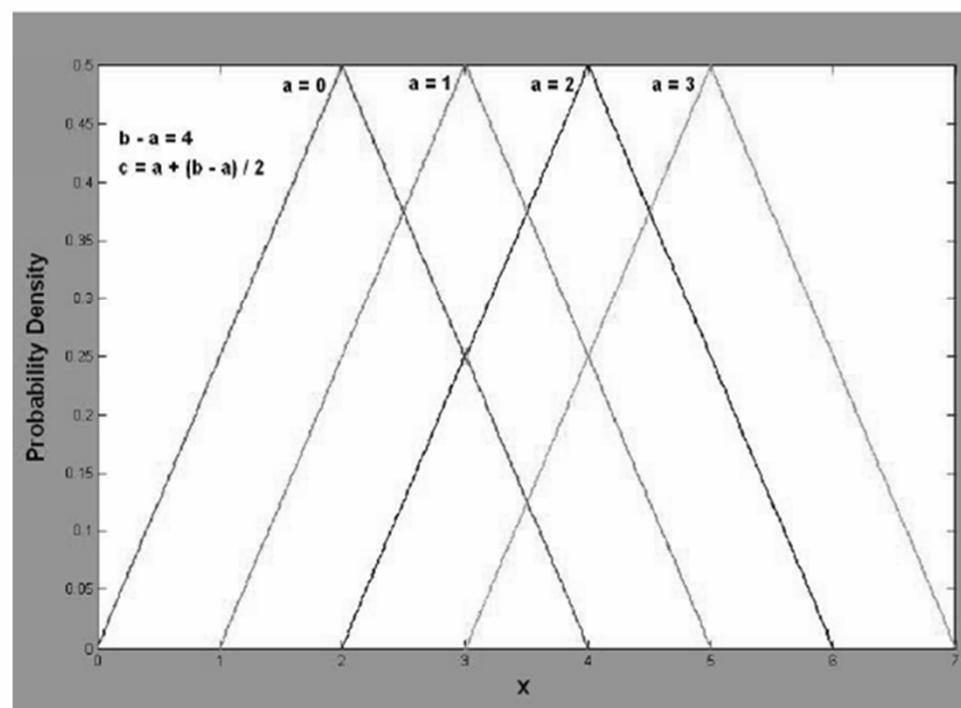
c

$a \leq c \leq b$

مقیاس

b - a

$b > a$

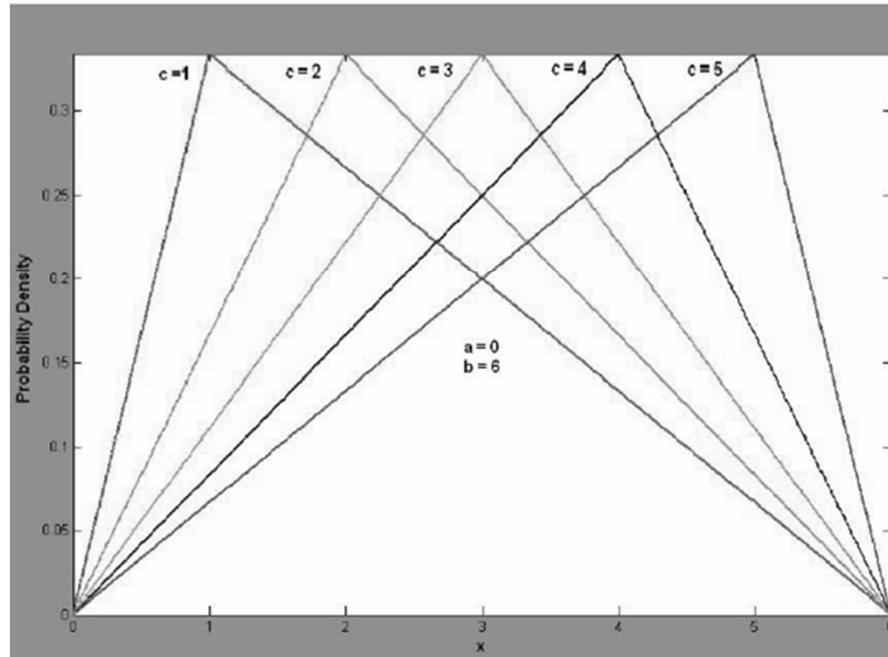


جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

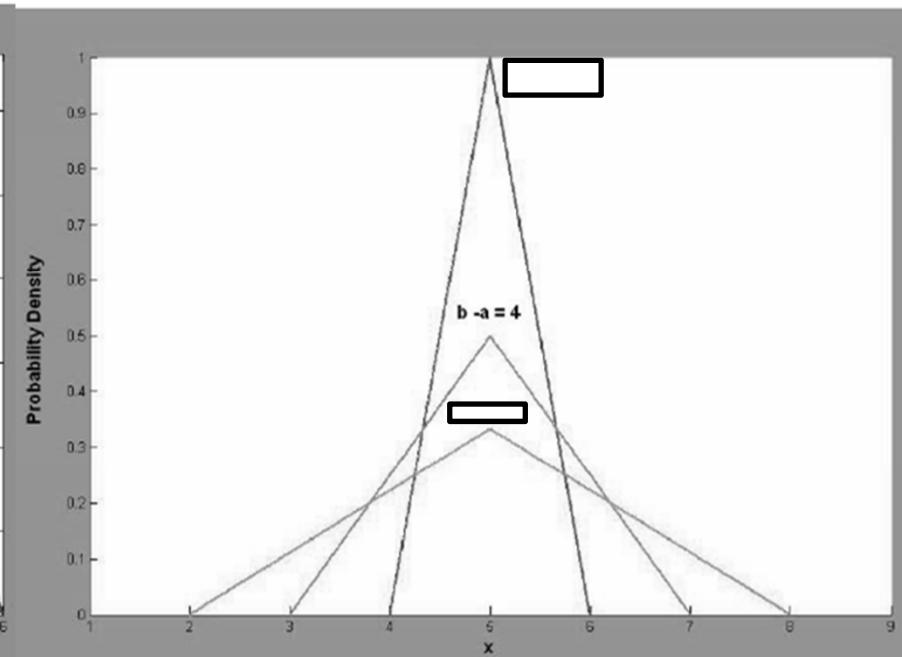
2. مروری بر مدل های آماری در شبیه سازی

توزیع مثلثی

تغییرات در پارامتر شکل



تغییرات در پارامتر مقیاس



جمع آوری و تحلیل داده های ورودی

2. مروری بر مدلهای آماری در شبیه سازی

توزیع مثلثی(کاربردها در شبیه سازی)

- ✓ این توزیع زمانی که ما هیچ آگاهی نسبت به توزیع نمونه آماری نداشته باشیم برای آن سه حالت زیر را در نظر می گیریم:
 - ✓ کمترین حالت احتمال رخداد
 - ✓ محتملترین حالت رخداد
 - ✓ ماکزیمم حالت احتمال رخداد