

شبیه‌سازی کامپیوتری



جلسه اول

مهندس روح اله رحمانیان

Rahmanian@jia.ac.ir

- ▶ Discrete Event System Simulation, Jerry Banks et al, Fourth Edition, 2005, Prentice-Hall
- ▶ Handbook of Simulation, Edited by Jerry Banks, 1998, John-Wiley
- ▶ Stochastic Discrete Event Systems, Armin Zimmermann, 2008, Springer
- ▶ Simulation: The Practice of Model Development and Use, Robinson, 2004, John-Wiley
- ▶ Simulation and the Monte Carlo method, Second Edition, Rubinstein and Kroese, Second Edition, 2008, John-Wiley
- ▶ An Introduction to Computer Simulation, Woolfson and Pert, 1998, Oxford University Press

ادامه منابع

- ▶ Simulation modeling: Handbook A Practical Approach, Chung, 2004, CRC Press
- ▶ Simulation Modeling and Analysis with Arena, Altiook and Melamed, 2007, Academic Press
- ▶ Computer Simulation Techniques: The definitive introduction, Harry Perros, Computer Science Department, NC state university, Raleigh, NC, 2008, <http://www.csc.ncsu.edu/faculty/perros//simulation.pdf>
- ▶ شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد، هاشم محلوچی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف
- ▶ علم و هنر شبیه‌سازی، ترجمه علی اکبر عرب مازار، مرکز نشر دانشگاهی
- ▶ آموزش شبیه‌سازی عملیات با Arena، شهروز انتظامی و عبدالوحد خراسانی، انتشارات ناقوس

نحوه ارزیابی

- ▶ امتحان میان ترم ۷ نمره
- ▶ امتحان پایان ترم ۸ نمره
- ▶ تمرین و پروژه ۵ نمره

پیشگفتار

شبیه‌سازی چه به صورت دستی چه به صورت کامپیوتری، تقلیدی از عملکرد سیستم واقعی با گذشت زمان است که به ایجاد ساختگی تاریخچه سیستم و بررسی آن به منظور دستیابی به نتیجه‌گیری در مورد ویژگی‌های عملکرد واقعی آن می‌پردازد. شبیه‌سازی اصولاً به شکل مجموعه‌ای از فرض‌های مربوط به عملکرد سیستم در چارچوب رابطه‌های ریاضی و منطقی می‌باشد. شبیه‌سازی یکی از پرکاربردترین ابزار موجود علم تحقیق در عملیات است که:

- 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.

شبیه‌سازی در یک نگاه

گردآوری و تحلیل
صحیح داده‌ها

به کارگیری روش‌های
تحلیلی

آزمایش و معتبرسازی
مدل

طراحی مناسب
تجربه‌های شبیه‌سازی



فصل اول

مفاهیم و تعاریف

تعریف شبیه سازی

- ▶ شبیه سازی تقلیدی از عملکرد، فرآیند یا سیستم واقعی با گذشت زمان
- ▶ ابزاری است برای پیش بینی تاثیر تغییرات در سیستمهای موجود و هم ابزاری برای طراحی سیستمهای جدید است.

کاربردهای شبیه سازی

۱. بررسی و آزمایش روابط متقابل هر سیستم یا زیر سیستمهای پیچیده
۲. مشاهده تاثیر تغییرات اطلاعاتی، سازمانی و محیطی بر رفتار مدل‌های موجود
۳. ارائه پیشنهادهای مفید برای انجام اصلاحات در سیستم مورد مطالعه
۴. شناخت متغیرها و چگونگی رابطه متقابل آنها
۵. قابلیت استفاده به عنوان ابزاری آموزشی برای بهبود روش های تحلیلی
۶. برای آزمایش طرح ها و خط مشی های جدید، پیش از اجرای آنها
۷. تحقیق درباره پاسخهای تحلیلی سیستم

مزایای شبیه سازی

۱. مدیر سیستم می تواند به منظور تحلیل طرح ها یا خط مشی های پیشنهادی، پس از ساختن هر مدلی بارها و بارها شبیه سازی را بکار گیرد.
۲. در مواردی که داده های ورودی، تقریبی یا ناقص باشند، بازهم می توان از شبیه سازی برای تحلیل سیستم استفاده نمود.
۳. فراهم کردن داده های شبیه سازی کم هزینه تر از داده های واقعی است.
۴. به کاربردن روش های شبیه سازی در بیشتر موارد بسیار ساده تر از روشهای تحلیلی است.
۵. معمولا محدودیتهایی که در روش های تحلیلی وجود دارند در شبیه سازی کمتر به چشم می خورد
۶. در برخی مواقع شبیه سازی تنها راه یافتن جواب مساله است.

معایب شبیه سازی

۱. به دلیل پرهزینه بودن و نیاز به زمان ، استفاده از مدل‌های شبیه سازی کامپیوتری، ممکن است کارایی بالایی نداشته باشد.
۲. نیاز به اجزای فراوان برای هر مدل شبیه سازی منجر به افزایش هزینه استفاده از مدل شبیه سازی می شود.
۳. کاربرانی که تازه با شبیه سازی آشنا می شوند ممکن است برای کاربردهایی که روشهای تحلیلی و ریاضی کافی به نظر می رسد، از شبیه سازی استفاده کنند و هزینه زیادی بپردازند

زمینه های کاربرد شبیه سازی

- ▶ فرودگاهها (کنترل ترافیک ، ظرفیت و نگهداری و تعمیر، امکانات حمل و نقل مسافر و ...)
- ▶ حمل و نقل شهری (کنترل چراغهای راهنمایی و زمانبندی مناسب)
- ▶ عملیات نگهداری و تعمیر
- ▶ شبیه سازی در صنایع
- ▶ سیستم های اقتصادی کلان
- ▶ جنگهای نظامی
- ▶ و کاربردهای دیگر

سیستم و محدوده عمل

یک سیستم گروهی است از اشیا که در راستای تحقق مقصودی معین در چارچوب روابط یا وابستگی‌های متقابل، به یکدیگر پیوسته هستند.

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 تغییراتی است که در خارج سیستم اتفاق می‌افتد. این تغییرات اصطلاحاً در محیط یا پیرامون سیستم اتفاق می‌افتند. 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 برگیرد.

- عوامل بیرونی را نادیده گرفت.

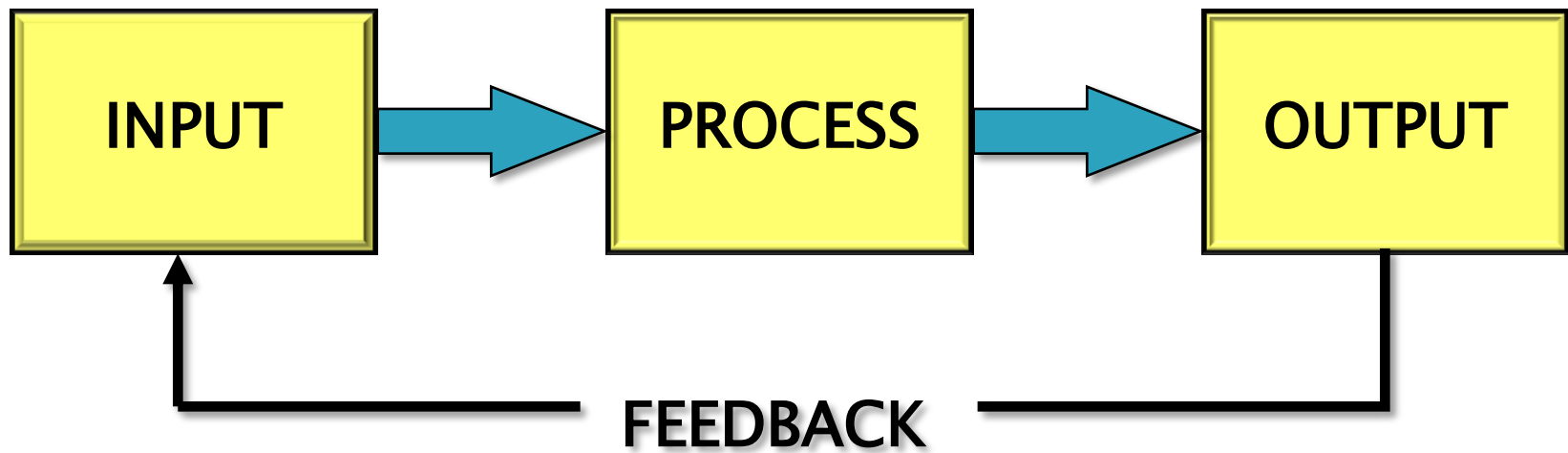
- می‌توان عوامل بیرونی را به عنوان ورودی‌های سیستم در نظر گرفت.

مثال : سیستم کارخانه

عوامل کنترل کننده سیستم ورود سفارشها خارج از کنترل کارخانه است.

تأثیر عرضه بر تقاضا جزء سیستم می باشد.

ارکان سیستم



اجزاء سیستم

▶ نهاد یا موجودیت (Entity)

عنصری مورد توجه در سیستم است. عناصر موقتی که در سیستم جاری شده و دارای دیمانسیون مشخص هستند.

▶ مشخصه یا خصیصه (Attribute)

ویژگی موجودیت است و آنرا توصیف می کند.

▶ فعالیت (activity)

هر فعالیت بیانگر یک پریود زمانی با طول مشخص است.

▶ وضعیت یا حالت سیستم: (State)

مجموعه متغیرهای لازم برای توصیف سیستم در هر لحظه از زمان با توجه به هدف مطالعه سیستم و معمولاً با مقادیر عددی تخصیصی به مشخصه‌های موجودیتها تعریف می شود.

▶ واقعه یا پیشامد (Event)

رویدادی لحظه‌ای است که می تواند وضعیت سیستم را تغییر دهد.

مثال

متغیرهای حالت	پیشامد	فعالیت	خصیصه ها	نهاد	سیستم
تعداد خدمت دهنده های مشغول تعداد مشتریان منتظر	ورود، خروج	سپرده گذاری	مانده حساب جاری	مشتری	بانک
تعداد مسافران منتظر در هر ایستگاه تعداد مسافران در سفر	ورود به ایستگاه رسیدن به مقصد	سفر	مبدأ، مقصد	مسافر	قطار سریع 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 مخابره	ورود به مقصد	مخابره	طول، مقصد	پیام ها	ارتباطات
سطوح موجودی تقاضای پس افت	تقاضا	خارج سازی کالا از انبار	ظرفیت	انبار	موجودی

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.

مثال هایی 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.

مثال هایی 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

موجودیت‌ها

کارگران

مشخصه‌ها

(a) وضعیت کاری (بیکار(۰) یا مشغول(۱))

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

ماشین‌آلات

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

(b) عمر

(c) زمان عملیات

ایستگاه‌های کاری

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

محصولات مونتاژی

(a) موعد تحویل

(b) استقرار

شبیه‌سازی کامپیوتری

جلسه دوم

مهندس روح اله رحمانیان

Rahmanian@jia.ac.ir

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. اصولاً یک مدل به منظور گرفتن جنبه های رفتاری خاص از یک سیستم و کسب آگاهی و بینش از رفتار سیستم طراحی می شود.

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

روش صحیح مدل سازی

▶ شروع با مدلی بسیار ساده

▶ تکمیل تدریجی مدل

به منظور ایجاد مدلی مفید از یک فرایند دو مرحله‌ای استفاده می‌شود. **تجزیه** و **ترکیب**

◦ تجزیه: ساده کردن سیستم از طریق حذف جزئیات یا از طریق پذیرش فرضیهایی 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 بیشتر

◦ ترکیب

انواع مدل‌ها

مدل فیزیکی

- یک شیء فیزیکی ساده شده با مقیاس کوچک شده می‌باشد. (مانند مدل هواپیما)

مدل تحلیلی یا ریاضی

- مجموعه‌ای از معادلات و ارتباطات میان متغیرهای ریاضیاتی می‌باشد. (مانند مجموعه‌ای از معادلات که توصیف‌کننده جریان کاری در خط تولید در کارخانه می‌باشد)

مدل کامپیوتری (شبیه‌سازی)

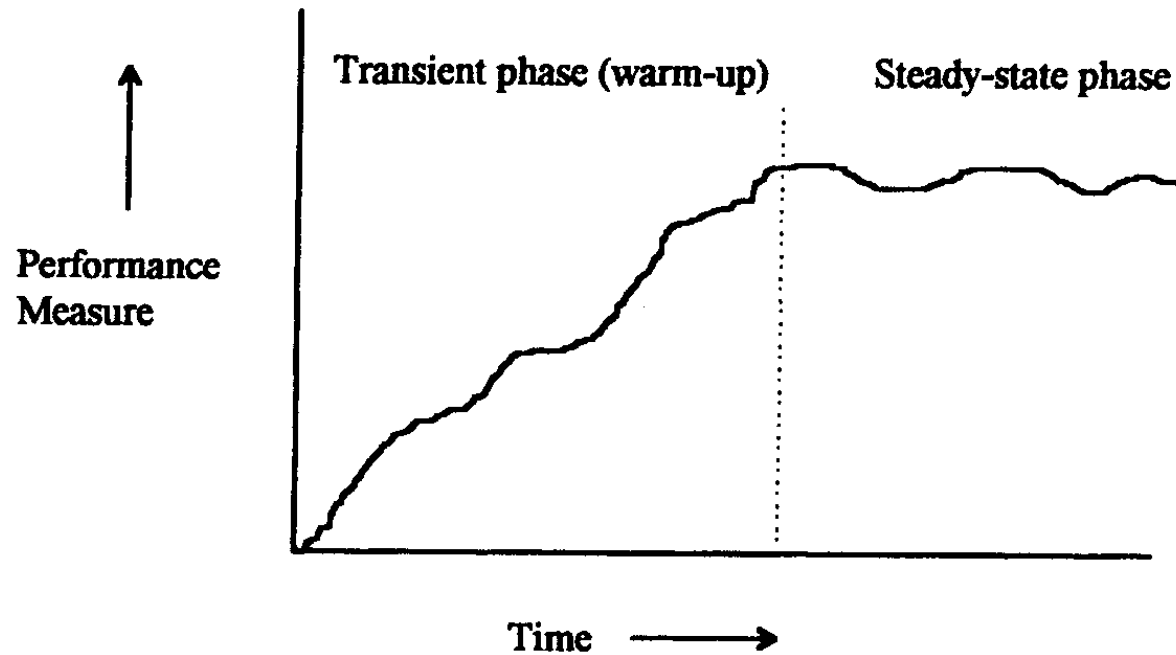
- شرح برنامه‌ای از سیستم می‌باشد.

شبیه‌سازی

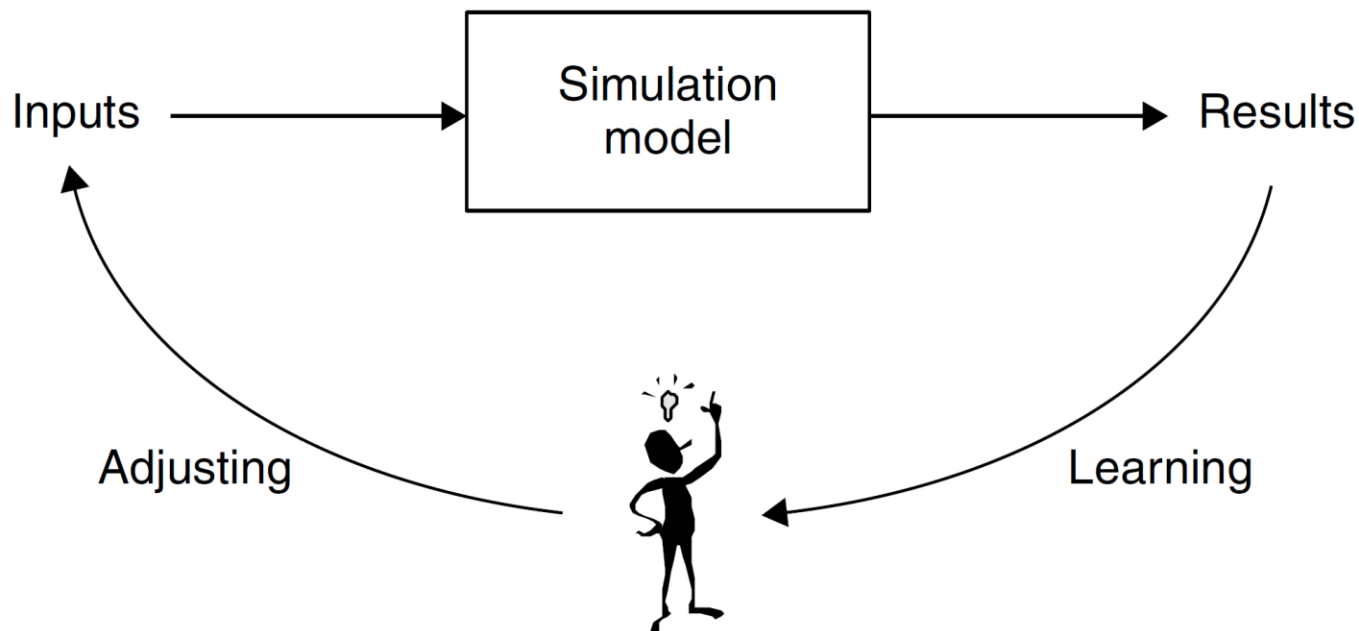
- ▶ شبیه‌سازی، بیان رفتار پویای یک سیستم در **حالت پایدار** به واسطه حرکت آن از یک وضعیت به وضعیت دیگر بر اساس قواعد عملیاتی تعریف شده است. اصولاً در شبیه‌سازی، از کامپیوتر برای ارزیابی عددی یک مدل استفاده شده و در آن داده‌ها به جهت تخمین ویژگی‌های موردنظر مدل جمع‌آوری می‌شوند.
- ▶ شبیه‌سازی کامپیوتری 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



مدلهای شبیه سازی

- ▶ **مدل ایستا**: این مدل به شبیه سازی مونت کارلو نیز معروف است که معرف سیستم در لحظه خاص از زمان است.
- ▶ **مدل پویا**: مدل را با توجه به تغییر زمان معرفی می کنند. (مانند شبیه سازی بانک از ۸ صبح تا ۲ بعد از ظهر)
- ▶ **مدل قطعی**: مدل‌های شبیه سازی که در آنها متغیر تصادفی وجود ندارد. در این مدل‌ها در صورت حضور ورودیها به صورت قطعی خروجی سیستم مشخص است. مانند سیستم مطب دندانپزشکی که از قبل به بیماران وقت داده و در موقع معین شده بیمار درمان می شود.
- ▶ **مدل گسسته**: مدل‌هایی که متغیر حالت آنها در مجموعه ای از مقاطع گسسته تغییر می کند.
- ▶ **مدل پیوسته**: مدلی که متغیر حالت آنها پیوسته می باشد.

مثال از شبیه سازی پیوسته : صید و صیاد (کوسه و ماهی)

► فرضیات مساله

$Y(t)$ - تعداد جمعیت صیاد در لحظه t

$X(t)$ - تعداد جمعیت صید در لحظه t

- جمعیت صید از منبع غذایی کافی برخوردار است.

- در صورت عدم وجود جمعیت صیاد ، جمعیت صید با آهنگ رشد $rX(t)$ توسعه یابد. $R > 0$

$X(t)Y(t)$ رابطه بین جمعیت صید و جمعیت صیاد

$dx/dt = rX(t) - aX(t)Y(t)$ آهنگ کلی تغییر در جمعیت صید

- جمعیت صیاد برای بقای خود به جمعیت صید متکی است در صورت نبود صید آهنگ تغییر جمعیت صیاد $SY(t)$ می شود ($s > 0$)

آهنگ افزایش جمعیت صید با $X(t) Y(t)$ نسبت مستقیم دارد

$dx/dt = -SY(t) + bX(t)Y(t)$ آهنگ کلی جمعیت صیاد

نتایج

هرگاه جمعیت صیاد رو به افزایش باشد ← جمعیت صید کاهش می یابد

کاهش جمعیت صید ← کند شدن آهنگ افزایش جمعیت صیاد

کاهش جمعیت صیاد ← افزایش جمعیت صید

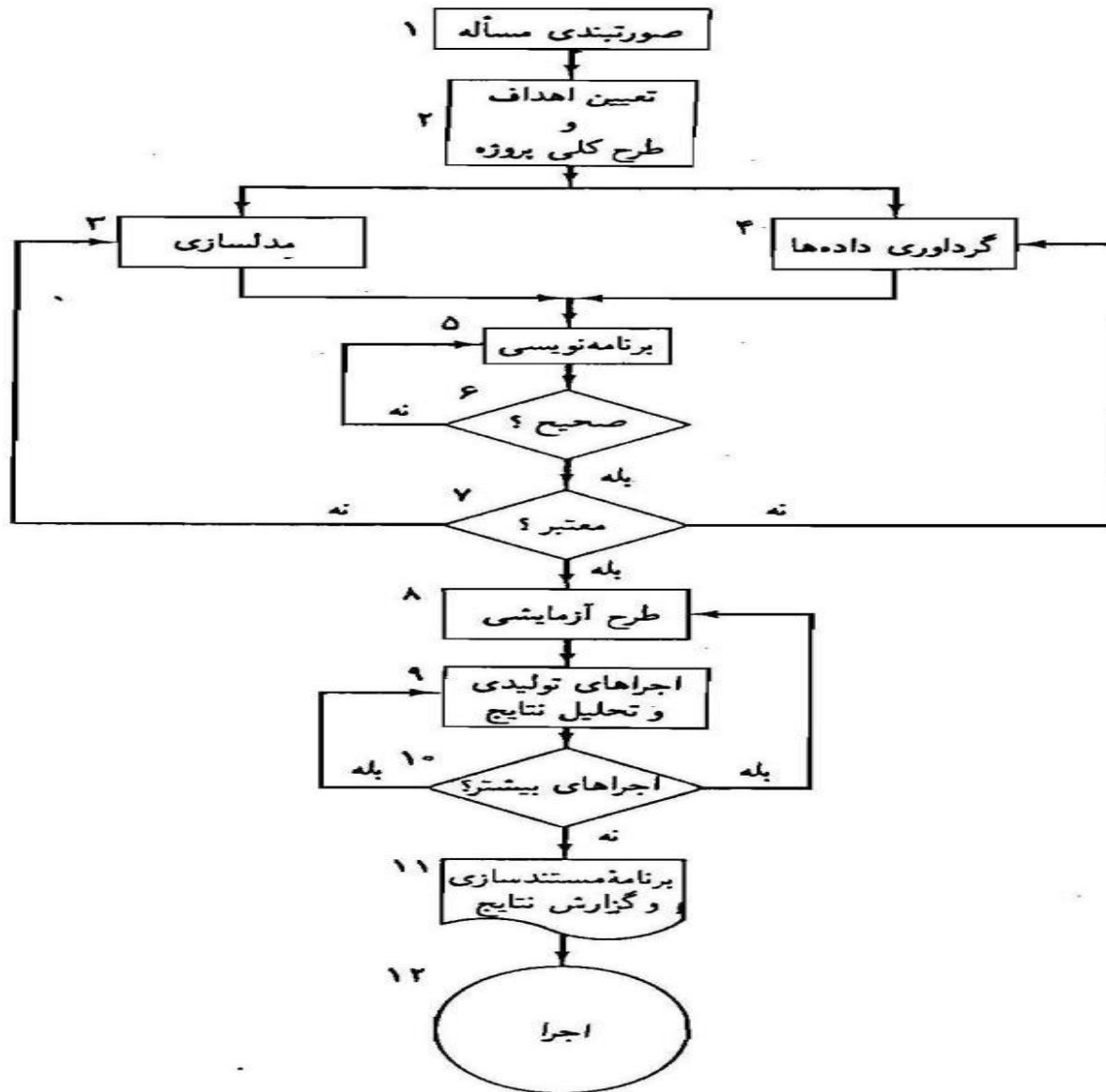
کامپیوتر در شبیه سازی

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 صف
- زمانهای پردازش
- میزان استفاده از منابع

مراحل ساخت مدل شبیه‌سازی

- ▶ فرموله‌بندی و تعریف مساله
- ▶ تعیین اهداف و طرح کلی پروژه
- ▶ تحلیل مسئله
- ▶ جمع آوری داده اطلاعات
- ▶ ساخت مدل
- ▶ معتبرسازی مدل
- ▶ طراحی و اجرای آزمایش های شبیه سازی.
- ▶ تحلیل خروجی
- ▶ تفسیر و مستندسازی
- ▶ اجراء



شکل ۱-۴ گامهای اساسی در بررسی مبتنی بر شبیه‌سازی.

انواع شبیه‌سازی

Discrete Event System Simulation

گسسته

Continuous System Simulation

پیوسته

شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد

Discrete Event System Simulation

شبیه‌سازی سیستمی که متغیرهای حالت آن فقط و فقط در نقاط گسسته‌ای از زمان “در لحظه وقوع رویداد” اتفاق بیفتد را شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد می‌نامند. در حقیقت وضعیت چنین سیستمی در لحظه‌های گسسته‌ای از زمان به روز رسانی می‌شود.

نرم افزارهای شبیه سازی

پیچیده بودن شبیه سازی سیستم های واقعی، استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری را باعث می شود. در اصل نرم افزار کامپیوتری چارچوبی را برای ساخت مدل فراهم می کند که کار مدل ساز را نسبت به موارد زیر راحت می کند:

- چگونگی پردازش ورودی ها
- عملیات ثبت داده ها
- گزارش های خروجی
- تسهیل در تولید داده های تصادفی
- جمع کردن داده ها در متغیرهای خروجی

نرم افزارهای شبیه سازی

Software	Supplier
Arena	Rockwell Software
AutoMod	Brooks-PRI Automation
Awe Sim	Frontstep, Inc.
Enterprise Dynamics	Incontrol Enterprise Dynamics
Extend	Imagine That, Inc.
Flexsim	Flexsim Software Products, Inc.
GPSS/H	Wolverine Software Corporation
Micro Saint	Micro Analysis and Design
ProModel (MedModel, ServiceModel)	ProModel Corporation
Quest	DELMIA Corporation
ShowFlow	Webb Systems Limited
SIGMA	Custom Simulation
Simprocess	CACI Products Company
Simul8	Visual8 Corporation
SLX	Wolverine Software Corporation
Visual Simulation Environment	Orca Computer, Inc.
Witness	Lanner Group, Inc.



فصل دوم

مثال‌هایی از شبیه‌سازی

شبیه سازیهای این فصل با برداشتن سه گام زیر انجام می شود

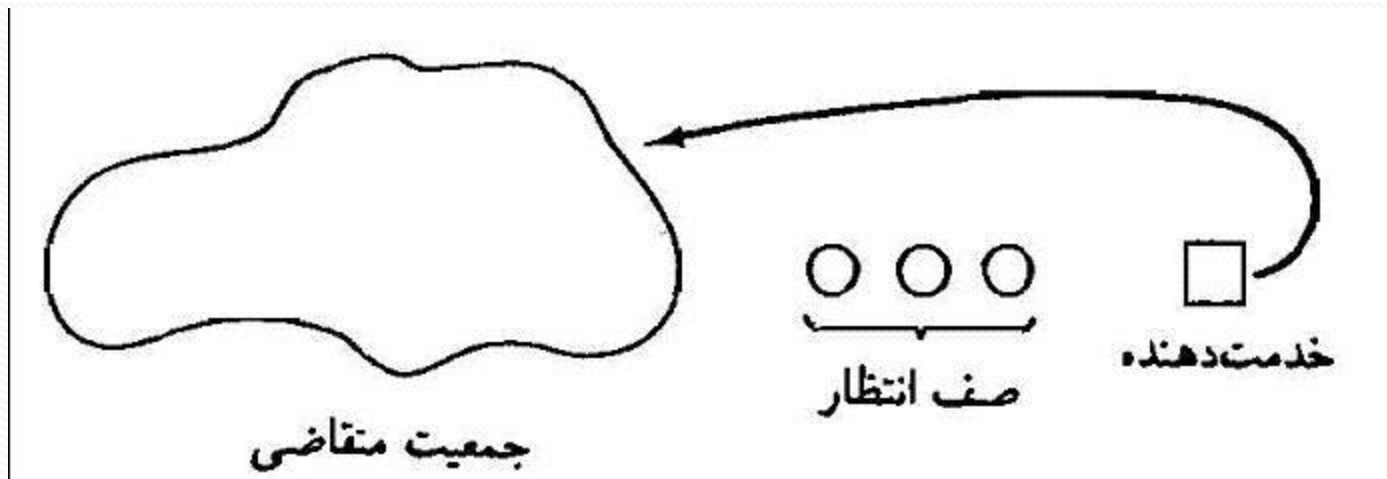
۱. ویژگیهای هر یک از ورودیهای شبیه سازی را تعیین کنید.
۲. یک جدول شبیه سازی ایجاد کنید.

دفعات تکرار	ورودیها					پاسخ (y_i)
	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	
۱						
۲						
۳						
⋮						
n						

۳. در نوبت i ام تکرار، مقداری برای هر یک از P ورودی تولید و تابع محاسبه کننده مقدار پاسخ Y_i | ارزیابی کنید

شبیه سازی سیستم های صف

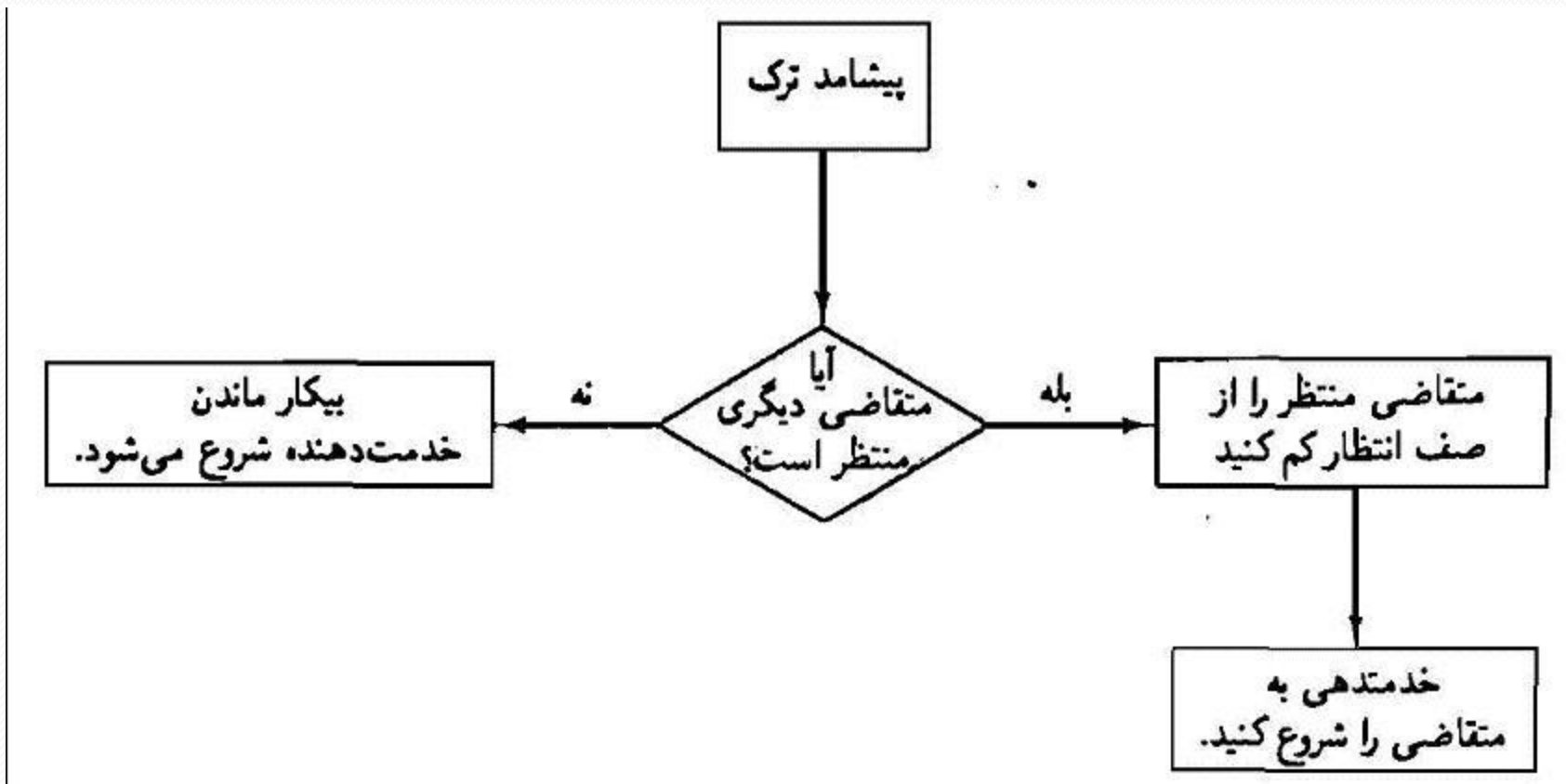
- سیستم صف با جمعیت متقاضی، چگونگی ورود و خدمتدهی، ظرفیت سیستم و نظام صف مشخص می شود.



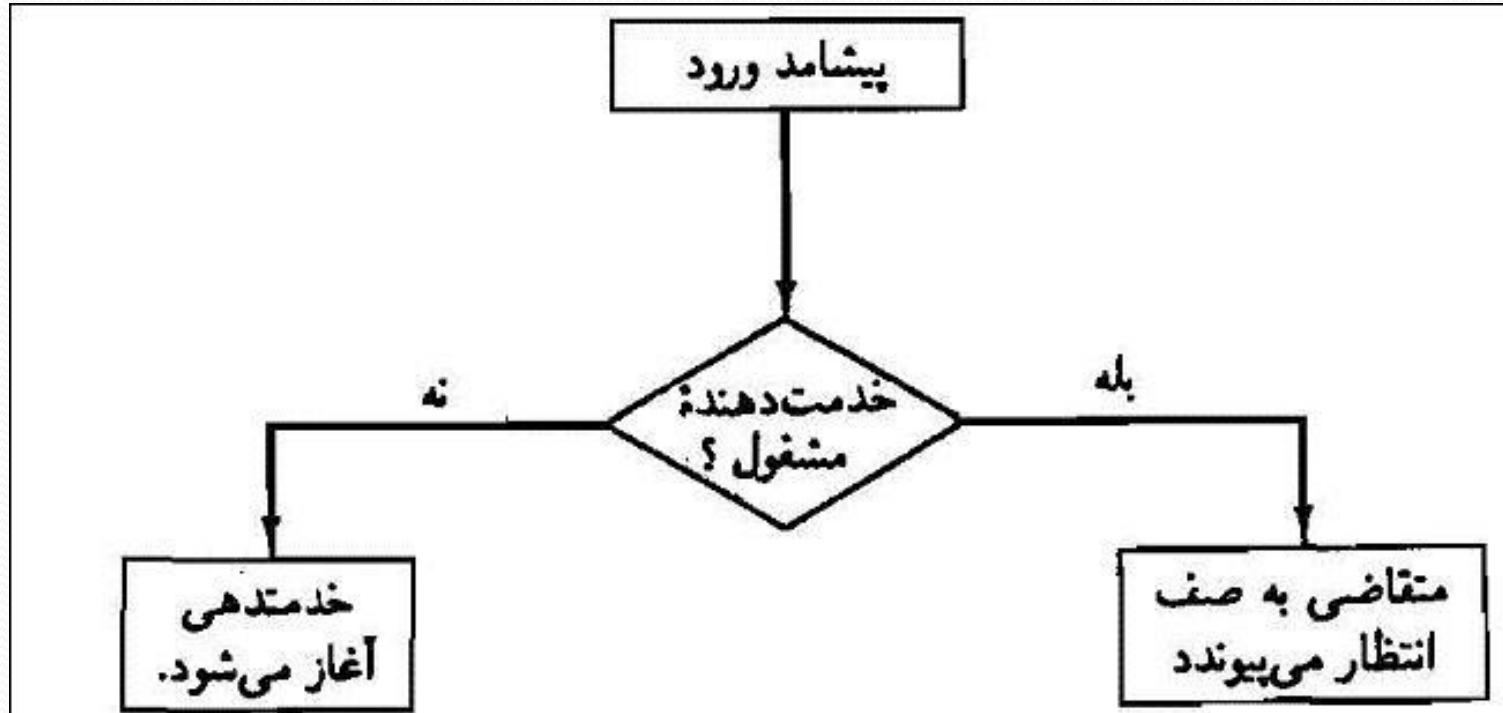
مفاهیم صف

- **حالت سیستم** : تعداد حاضران در سیستم ، وضعیت خدمت دهنده (مشغول یا بیکار)
- **پیشامد** : شرایطی که موجب تغییری لحظه ای در حالت سیستم شود دو پیشامد دارد : ۱- پیشامد ورود ۲- پیشامد ترک (خروج)

دیاگرام جریان مربوط به خدمتدهی تازه تکمیل شده خدمت دهنده دو وضعیت دارد مشغول یا بیکار



دیاگرام جریان ورود به سیستم



- اگر صف خالی نباشد، متقاضی دیگری به خدمت دهنده می رسد و خدمت دهنده مشغول می ماند. اگر صف خالی باشد، پس از کامل کردن خدمتدهی، خدمت دهنده بیکار خواهد شد. (قسمت هاشور خورده).
- با کامل شدن هر خدمتدهی، اگر صف خالی باشد، **امکان ندارد** که خدمت دهنده مشغول بماند. همچنین پس از کامل شدن خدمتدهی ، اگر صف خالی نباشد، **امکان ندارد** که خدمت دهنده بیکار بماند.

شبیه‌سازی کامپیوتری

جلسه سوم
ادامه مثالهایی از شبیه‌سازی

مهندس روح‌اله رحمانیان
Rahmanian@jia.ac.ir

مثال صف تک مجرای

فرض کنید مدت ورود دو مشتری متوالی به صفی ۱ تا ۸ دقیقه با احتمال‌های یکسان می‌باشد. همچنین مدت زمان خدمت‌دهی نیز بین ۱ تا ۶ دقیقه با احتمال‌های مشخص در جدول زیر است. برای ۲۰ مشتری شبیه سازی می‌شود. از دو ستون آخر جدول‌های زیر برای تولیدو مدت خدمت‌دهی تصادفی استفاده می‌شود.

توزیع مدت‌های بین دو ورود متوالی

توزیع مدت‌های خدمت‌دهی

مدت بین ورود	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۱۲۵	۰.۱۲۵	۰۰۱-۱۲۵
۲	۰.۱۲۵	۰.۲۵۰	۱۲۶-۲۵۰
۳	۰.۱۲۵	۰.۳۷۵	۲۵۱-۳۷۵
۴	۰.۱۲۵	۰.۵۰۰	۳۷۶-۵۰۰
۵	۰.۱۲۵	۰.۶۲۵	۵۰۱-۶۲۵
۶	۰.۱۲۵	۰.۷۵۰	۶۲۶-۷۵۰
۷	۰.۱۲۵	۰.۸۷۵	۷۵۱-۸۷۵
۸	۰.۱۲۵	۱.۰۰۰	۸۷۶-۱۰۰۰

مدت خدمت‌دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۱	۰.۱	۰۱-۱۰
۲	۰.۲	۰.۳	۱۱-۳۰
۳	۰.۳	۰.۶	۳۱-۶۰
۴	۰.۲۵	۰.۸۵	۶۱-۸۵
۵	۰.۱	۰.۹۵	۸۶-۹۵
۶	۰.۰۵	۱	۹۶-۱۰۰

پیش بینی وضعیت سیستم

مدت سیری مشتری	مدت شده از آخرین ورود	زمان ورود	مدت خدمتدهی	زمان شروع خدمت	مدت ماندن مشتری در صف خدمت	زمان پایان مشتری در خدمت	مدت ماندن مشتری در سیستم	مدت بیکاری خدمت دهنده
(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)
۱	-	۰	۴	۰	۰	۴	۴	۰
۲	۸	۸	۱	۸	۰	۹	۱	۴
۳	۶	۱۴	۲	۱۴	۰	۱۸	۲	۵
۴	۱	۱۵	۳	۱۸	۳	۲۱	۶	۰
۵	۸	۲۳	۲	۲۳	۰	۲۵	۲	۲
۶	۳	۲۶	۴	۲۶	۰	۳۰	۴	۱
۷	۸	۳۴	۵	۳۴	۰	۳۹	۵	۴
۸	۷	۴۱	۴	۴۱	۰	۴۵	۴	۲
۹	۲	۴۳	۵	۴۵	۲	۵۰	۷	۰
۱۰	۳	۴۶	۳	۵۰	۴	۵۳	۷	۰
۱۱	۱	۴۷	۳	۵۳	۶	۵۹	۹	۰
۱۲	۱	۴۸	۵	۵۶	۸	۶۱	۱۳	۰
۱۳	۵	۵۳	۴	۶۱	۸	۶۵	۱۲	۰
۱۴	۶	۵۹	۱	۶۵	۶	۶۶	۷	۰
۱۵	۳	۶۲	۵	۶۶	۴	۷۱	۹	۰
۱۶	۸	۷۰	۴	۷۱	۱	۷۵	۵	۰
۱۷	۱	۷۱	۳	۷۵	۴	۷۸	۷	۰
۱۸	۲	۷۳	۳	۷۸	۵	۸۱	۸	۰
۱۹	۴	۷۷	۲	۸۱	۴	۸۳	۶	۰
۲۰	۵	۸۲	۳	۸۳	۱	۸۶	۴	۰
۱۸	۱۲۴	۵۶	۶۸					

برخی از یافته های شبیه سازی مثال

$$2.8 = \frac{\text{مجموع مدت انتظار مشتریان در صف}}{\text{مجموع تعداد مشتریان}} = \text{متوسط مدت انتظار (دقیقه)}$$

$$65\% = \frac{\text{تعداد مشتریانی که در انتظار می مانند}}{\text{مجموع تعداد مشتریان}} = \text{احتمال مجبور شدن هر مشتری به انتظار}$$

$$21\% = \frac{\text{مجموع مدت بیکاری خدمت دهنده}}{\text{مجموع مدت اجرای شبیه سازی}} = \text{احتمال بیکاری خدمت دهنده}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{\text{مجموع مدت خدمتدهی}}{\text{مجموع تعداد مشتریان}} = \text{متوسط مدت خدمت دهی}$$

و محاسبات دیگر در کتاب آمده است

صف با دو خدمت دهنده

یک رستوران را با دو تحویل (هابیل و خباز) دهنده غذا به مشتریان در نظر بگیرید. هنگام ورود سفارش جدید به رستوران هر خدمت دهنده که بیکار باشد کار را انجام می دهد و در زمانی که هر دو بیکارند هابیل به دلیل تجربه بیشتر در این امر سفارش دهی به مشتریان را به عهده می گیرد. با توجه به این که زمان خدمت هر خدمت دهنده و زمان ورود متوالی مشتریان دارای توزیع احتمالی مشخص است سیستم فعلی را تحلیل کنید.

توزیع مدت‌های بین سفارش مشتریان

مدت بین دو سفارش	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۲۵	۰.۲۵	۰۱-۲۵
۲	۰.۴	۰.۶۵	۲۶-۶۵
۳	۰.۲	۰.۸۵	۶۶-۸۵
۴	۰.۱۵	۱	۸۶-۱۰۰

توزیع خدمت دهی خباز

مدت خدمت دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۳	۰.۳۵	۰.۳۵	۰۱-۳۵
۴	۰.۲۵	۰.۶	۳۶-۶۰
۵	۰.۲	۰.۸	۶۱-۸۰
۶	۰.۲	۱	۸۱-۱۰۰

توزیع خدمت دهی هابیل

مدت خدمت دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۲	۰.۳	۰.۳	۰۱-۳۰
۳	۰.۲۸	۰.۵۸	۳۱-۵۸
۴	۰.۲۵	۰.۸۳	۵۹-۸۳
۵	۰.۱۷	۱	۸۴-۱۰۰

خلاصه نتایج شبیه‌سازی مسأله رستوران

مدت انتظار در صف	خیاب			هابیل			ارقام تصادفی خدمتدهی	ارقام تصادفی ورود برحسب شبیه‌سازی	ارقام تصادفی بین دو ورود	مشتری	
	زمانهای مدتهای خدمتدهی پایان خدمت	زمانهای مدتهای شروع خدمت	زمانهای مدتهای پایان خدمت	زمانهای مدتهای شروع خدمت	زمانهای مدتهای پایان خدمت						
۰				۵	۵	۰	۹۵	۰	-	۱	
۰	۵	۳	۲				۲۱	۲	۲	۲۶	۲
۰				۹	۳	۶	۵۱	۶	۴	۹۸	۳
۰				۱۵	۵	۱۰	۹۲	۱۰	۴	۹۰	۴
۰	۱۸	۶	۱۲				۸۹	۱۲	۲	۲۶	۵
۱				۱۸	۳	۱۵	۳۸	۱۴	۲	۴۲	۶
۱				۲۰	۲	۱۸	۱۳	۱۷	۳	۷۴	۷
۰				۲۴	۴	۲۰	۶۱	۲۰	۳	۸۰	۸
۰	۲۷	۴	۲۳				۵۰	۲۳	۳	۶۸	۹
۰				۲۷	۳	۲۴	۴۹	۲۴	۱	۲۲	۱۰
۱				۳۰	۳	۲۷	۳۹	۲۶	۲	۴۸	۱۱
۰	۳۲	۴	۲۸				۵۳	۲۸	۲	۳۴	۱۲
۰				۳۵	۵	۳۰	۸۸	۳۰	۲	۴۵	۱۳
۱	۳۵	۳	۳۲				۰۱	۳۱	۱	۲۴	۱۴
۲				۳۹	۴	۳۵	۸۱	۳۳	۲	۳۴	۱۵
۰	۳۹	۴	۳۵				۵۳	۳۵	۲	۶۳	۱۶
۲				۴۳	۴	۳۹	۸۱	۳۷	۲	۳۸	۱۷
۰	۴۵	۵	۴۰				۶۴	۴۰	۳	۸۰	۱۸
۱				۴۵	۲	۴۳	۰۱	۴۲	۲	۴۲	۱۹
۱				۴۹	۴	۴۵	۶۷	۴۴	۲	۵۶	۲۰
۰	۵۱	۳	۴۸				۰۱	۴۸	۴	۸۹	۲۱
۰				۵۲	۳	۴۹	۴۷	۴۹	۱	۱۸	۲۲
۰	۵۶	۵	۵۱				۷۵	۵۱	۲	۵۱	۲۳
۰				۵۷	۳	۵۴	۵۷	۵۴	۳	۷۱	۲۴
۱	۶۲	۶	۵۶				۸۷	۵۵	۱	۱۶	۲۵
۰				۶۲	۳	۵۹	۴۷	۵۹	۴	۹۲	۲۶
۱۱		۴۳			۵۶						

آمار حاصله از شبیه‌سازی

$$\text{درصد مشغولیت هاییل} = \frac{56}{62} = 90\%$$

$$\text{درصد مشغولیت خباز} = \frac{43}{62} = 69\%$$

$$\text{درصد افراد انتظار کشیده} = \frac{9}{26} = 35\%$$

$$\text{مدت وسط زمان انتظار افراد در صف} = \frac{11}{9} = 1/22$$

مسأله پسرک روزنامه فروش

- فردی تعدادی روزنامه برای فروش در یک دوره می‌خرد. نکته قابل توجه در این مسأله این است که روزنامه فروش در انتهای دوره روزنامه‌های باقیمانده را بایستی به قیمت کاغذ باطله بفروشد.

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

۲۰

۱۳

۷

۲

فرضیات

توزیع احتمالی نوع روز

نوع روز	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
خوب	۰.۳۵	۰.۳۵	۰۱-۳۵
متوسط	۰.۴۵	۰.۸۰	۳۶-۸۰
بد	۰.۲۰	۱	۸۱-۰۰

توزیع روزنامه‌های مورد تقاضا

توزیع احتمال تقاضا			تقاضا
بد	متوسط	خوب	
۰.۴۲	۰.۱۰	۰.۰۳	۴۰
۰.۲۲	۰.۱۸	۰.۰۵	۵۰
۰.۱۶	۰.۴۰	۰.۱۵	۶۰
۰.۱۲	۰.۲۰	۰.۲۰	۷۰
۰.۰۶	۰.۰۸	۰.۳۵	۸۰
۰.۰۰	۰.۰۴	۰.۱۵	۹۰
۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۷	۱۰۰

خلاصه نتایج شبیه‌سازی مسأله روزنامه فروش

فرض می‌کنیم که شبیه‌سازی را برای خرید ۷۰ روزنامه طی یک دوره ۲۰ روزه انجام می‌دهیم

روز	ارقام تصادفی برای تعیین نوع روز	نوع روز	ارقام تصادفی برای تقاضا		درآمد حاصل از فروش	سود از دست رفته به خاطر فزونی تقاضا	درآمد ناشی از فروش به قیمت باطله	سود روزانه
			تقاضا	برای تقاضا				
۱	۹۴	بد	۸۰	۶۰	۱۲۰۰	-	۲۰	۳۱۰
۲	۷۷	متوسط	۲۰	۵۰	۱۰۰۰	-	۴۰	۱۳۰
۳	۴۹	متوسط	۱۵	۵۰	۱۰۰۰	-	۴۰	۱۳۰
۴	۴۵	متوسط	۸۸	۷۰	۱۴۰۰	-	-	۴۹۰
۵	۴۳	متوسط	۹۸	۹۰	۱۴۰۰	۱۴۰	-	۳۵۰
۶	۳۲	خوب	۶۵	۸۰	۱۴۰۰	۷۰	-	۴۲۰
۷	۴۹	متوسط	۸۶	۷۰	۱۴۰۰	-	-	۴۹۰
۸	۰۰	بد	۷۳	۶۰	۱۲۰۰	-	۲۰	۳۱۰
۹	۱۶	خوب	۲۴	۷۰	۱۴۰۰	-	-	۴۹۰
۱۰	۲۴	خوب	۶۰	۸۰	۱۴۰۰	۷۰	-	۴۲۰
۱۱	۳۱	خوب	۶۰	۸۰	۱۴۰۰	۷۰	-	۴۲۰
۱۲	۱۴	خوب	۲۹	۷۰	۱۴۰۰	-	-	۴۹۰
۱۳	۴۱	متوسط	۱۸	۵۰	۱۰۰۰	-	۴۰	۱۳۰
۱۴	۶۱	متوسط	۹۰	۸۰	۱۴۰۰	۷۰	-	۴۲۰
۱۵	۸۵	بد	۹۳	۷۰	۱۴۰۰	-	-	۴۹۰
۱۶	۰۸	خوب	۷۳	۸۰	۱۴۰۰	۷۰	-	۴۲۰
۱۷	۱۵	خوب	۲۱	۶۰	۱۲۰۰	-	۲۰	۳۱۰
۱۸	۹۷	بد	۴۵	۵۰	۱۰۰۰	-	۴۰	۱۳۰
۱۹	۵۲	متوسط	۷۶	۷۰	۱۴۰۰	-	-	۴۹۰
۲۰	۷۸	متوسط	۹۶	۸۰	۱۴۰۰	۷۰	-	۴۲۰
۷۲۶۰					۲۵۸۰۰	۵۶۰	۲۲۰	

$$۱۰ * ۲ + ۰ - ۱۳ * ۷۰ - ۱۳ * ۶۰ * ۲۰ = \text{سود}$$

سیاست بهینه

جدول فوق را برای تعداد خریدهای مختلف روزنامه در ابتدای روز اجرا می کنیم. جدولی که متوسط سود بیشتری را توسط شبیه سازی نشان دهد، مشخص کننده سیاست بهینه تهیه روزنامه در ابتدای روز است.

مساله موجودی

فرض کنید در یک سیستم کنترل موجودی هر ۵ روز یک بار موجودی بررسی شده و در صورتی که مقدار موجودی کمتر از ۱۱ واحد باشد، سفارش صادر می گردد که موجودی به ۱۱ واحد برسد. سطح موجودی ابتدای دوره ۳ واحد و ورود یک سفارش ۸ واحدی در دو روز بعد دیده شده است. تقاضای روزانه و مهلت تحویل برای کالاهای انبار دارای توزیع احتمالی به شرح زیر است. وضعیت این سیستم را به کمک شبیه سازی بررسی نمایید.

تقاضا	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۰	۰.۱	۰.۱	۰۱-۱۰
۱	۰.۲۵	۰.۳۵	۱۱-۳۵
۲	۰.۳۵	۰.۷	۳۶-۷۰
۳	۰.۲۱	۰.۹۱	۷۱-۹۱
۴	۰.۰۹	۱	۹۲-۰۰

مهلت تحویل	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۶	۰.۶	۱-۶
۲	۰.۳	۰.۹	۷-۹
۳	۰.۱	۱	۰

خلاصه نتایج شبیه‌سازی مساله موجودی

دور روز		موجودی در ابتدای روز		ارقام تصادفی تقاضا برای تقاضا		موجودی در انتهای روز کمبود		ارقام تصادفی روزهای مانده تا ورود سفارش	
۱	۱	۳	۲۴	۱	۲	۰	-	-	۱
۲	۲	۲	۳۵	۱	۱	۰	-	-	۰
۳	۳	۹	۶۵	۲	۷	۰	-	-	-
۴	۴	۷	۸۱	۳	۴	۰	-	-	-
۵	۵	۴	۵۴	۲	۲	۰	۹	۵	۱
۶	۶	۲	۰۳	۰	۲	۰	-	-	۰
۷	۷	۱۱	۸۷	۳	۸	۰	-	-	-
۸	۸	۸	۲۷	۱	۷	۰	-	-	-
۹	۹	۷	۷۳	۳	۴	۰	-	-	-
۱۰	۱۰	۴	۷۰	۲	۲	۰	۹	۰	۳
۱۱	۱۱	۲	۴۷	۲	۲	۰	-	-	۲
۱۲	۱۲	۰	۴۵	۲	۲	۰	-	-	۱
۱۳	۱۳	۰	۴۸	۲	۰	۴	-	-	۰
۱۴	۱۴	۹	۱۷	۱	۴	۰	-	-	-
۱۵	۱۵	۴	۰۹	۰	۴	۰	۷	۳	۱
۱۶	۱۶	۴	۴۲	۲	۲	۰	-	-	۰
۱۷	۱۷	۹	۸۷	۳	۶	۰	-	-	-
۱۸	۱۸	۶	۲۶	۱	۵	۰	-	-	-
۱۹	۱۹	۵	۳۶	۲	۳	۰	-	-	-
۲۰	۲۰	۳	۴۰	۲	۱	۰	۱۰	۴	۱
۲۱	۲۱	۱	۰۷	۰	۱	۰	-	-	۰
۲۲	۲۲	۱۱	۶۳	۲	۹	۰	-	-	-
۲۳	۲۳	۹	۱۹	۱	۸	۰	-	-	-
۲۴	۲۴	۸	۸۸	۳	۵	۰	-	-	-
۲۵	۲۵	۵	۹۴	۴	۱	۰	۱۰	۸	۲
						۸۷			

متوسط موجودی در انتهای روز

$$= \frac{87}{25} = 3.5$$

احتمال رخداد کمبود

$$\rightarrow \frac{2}{25}$$

روز

مسأله پایایی

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:

عمر برینگ	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱۰۰	۰.۱	۰.۱	۰۱-۱۰
۱۱۰۰	۰.۱۳	۰.۲۳	۱۱-۲۳
۱۲۰۰	۰.۲۵	۰.۴۸	۲۴-۴۸
۱۳۰۰	۰.۱۳	۰.۶۱	۴۹-۶۱
۱۴۰۰	۰.۰۹	۰.۷	۶۲-۷۰
۱۵۰۰	۰.۱۲	۰.۸۲	۷۱-۸۲
۱۶۰۰	۰.۰۲	۰.۸۴	۸۳-۸۴
۱۷۰۰	۰.۰۶	۰.۹	۸۵-۹۰
۱۸۰۰	۰.۰۵	۰.۹۵	۹۱-۹۵
۱۹۰۰	۰.۰۵	۱	۹۶-۰۰

مدت تاخیر (دقیقه)	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۵	۰.۶	۰.۶	۱-۶
۱۰	۰.۳	۰.۹	۷-۹
۱۵	۰.۱	۱	۰

سیاست های پیش رو

در حال حاضر هر برینگی که از کار می افتد، تعویض می گردد. با توجه به هزینه های زیر چنین وضعیتی را تحلیل کنید. سیاست بهبود دهنده ای برای تغییر وضعیت این دستگاه پیشنهاد داده و با استفاده از شبیه سازی 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

شبیه‌سازی وضعیت فعلی (۲۰۰۰۰ ساعت)

برینگ ۳					برینگ ۲					برینگ ۱					
تأخیر	ارقام	عمر تجمعی	عمر	ارقام	تأخیر	ارقام	عمر تجمعی	عمر	ارقام	تأخیر	ارقام	عمر تجمعی	عمر	ارقام	
(دقیقه)	تصادفی	(ساعت)	(ساعت)	تصادفی	(دقیقه)	تصادفی	(ساعت)	(ساعت)	تصادفی	(دقیقه)	تصادفی	(ساعت)	(ساعت)	تصادفی	
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	۵۹	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	۵۳	۱۴
					۱۰	۸	۱۹۷۰۰	۱۲۰۰	۴۰	۵	۶	۱۹۰۰۰	۱۷۰۰	۸۵	۱۵
					۵	۵	۲۱۰۰۰	۱۳۰۰	۵۲	۵	۴	۲۰۵۰۰	۱۵۰۰	۷۵	۱۶
۹۵					۱۲۵					۱۱۰					

هزینه‌ها در وضعیت فعلی

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

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

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

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

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

پیشنهاد

تعویض هر سه برینگ در صورت رخداد یک خرابی

تأخیر (دقیقه)	ارقام تصادفی	عمر تجمعی (ساعت)	اولین خرابی (ساعت)	عمر برینگ ۳ (ساعت)	عمر برینگ ۲ (ساعت)	عمر برینگ ۱ (ساعت)	
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	(۲۳) ۱۱۰۰	(۵۳) ۱۳۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	۱۷
۵	۵	۲۰۹۰۰	۱۰۰۰	(۵۱) ۱۳۰۰	(۲۹) ۱۲۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	۱۸
۱۲۵							

هزینه‌ها در وضعیت پیشنهادی

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

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

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

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

$$\text{هزینه کل} = ۸۶۴ + ۶۲۵ + ۳۶۰۰ + ۱۸۴ = ۵۲۷۳$$

نتیجه گیری از مثال ها

هر شبیه سازی گسسته پیشامد، مدل سازی طی زمان از سیستمی است که تمام تغییر حالت های آن در لحظه های گسسته زمان، یعنی در لحظه های وقوع پیشامدها رخ می دهد. در حقیقت شبیه سازی پیشامد با ایجاد توالی از تصاویر پیش می رود که معرف تکوین سیستم طی زمان است.

اعداد تصادفی

- در شبیه سازی نیازمند روشهایی برای به کارگیری تغییرات تصادفی از طریق تولید برنامه های رایانه ای هستیم.
- به منظور تولید مقادیر تصادفی نیازمند داشتن روش و برنامه رایانه ای هستیم تا دنباله ای از اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک تولید کند و هر عدد از سایر اعداد مستقل باشد.
- روشهای تولید اعداد تصادفی
 - ریختن تاس
 - جداول اعداد تصادفی
 - ابزار فیزیکی مولد
- روشهای محاسباتی مبتنی بر الگوریتمهای خطی تکرار پذیر

روشهای مختلف تولید اعداد تصادفی

• روش میان مربعی

- انتخاب یک عدد اولیه به عنوان هسته (هسته n رقمی)
- به توان ۲ رساندن هسته (اگر مربع $2n-1$ رقمی باشد) زوج نباشد سمت چپ صفر اضافه می شود.)
- اگر n زوج باشد $n/2$ رقم از چپ و راست حذف می کنیم و در سمت چپ ارقام ممیز می گذاریم.
- به همین ترتیب ادامه می دهیم و تولید عدد تصادفی می کنیم

مثال تولید اعداد تصادفی به روش میان مربعی

$$X_0 = 5497 \Rightarrow$$

• مثال ۱:

$$X_0^2 = 30217009 \Rightarrow X_1 = 2170 \Rightarrow R_1 = 0.2170$$

$$X_1^2 = 04708900 \Rightarrow X_2 = 7989 \Rightarrow R_2 = 0.7989$$

$$X_2^2 = 04708900 \Rightarrow X_3 = 7089 \Rightarrow R_3 = 0.7089$$

$$X_0 = 5197 \Rightarrow$$

• مثال ۲:

$$X_0^2 = 27008809 \Rightarrow X_1 = 0088 \Rightarrow R_1 = 0.0088$$

$$X_1^2 = 00007744 \Rightarrow X_2 = 0077 \Rightarrow R_2 = 0.0077$$

$$X_2^2 = 00005929 \Rightarrow X_3 = 0059 \Rightarrow R_3 = 0.0059$$

• مقدار تکراری یا ۰ برای ارقام

میانی منجر به فروپاشی

الگوریتم می شود.

$$X_i = 6500 \Rightarrow$$

$$X_i^2 = 42250000 \Rightarrow X_{i+1} = 2500 \Rightarrow R_{i+1} = 0.2500$$

$$X_{i+1}^2 = 06250000 \Rightarrow X_{i+2} = 2500 \Rightarrow R_{i+2} = 0.2500$$

روش میان ضربی

با X_0, X_0' رقم n را در نظر گرفته در هم ضرب می کنیم

X_1 مانند روش میان مربعی n رقم میانی را گرفته و با اعشار عدد اول را می سازیم هسته

را n رقم میانی قرار داده و به همراه X_0 مراحل را تکرار می کنیم

• مثال:

$$X_0' = 2938, X_0 = 7229 \Rightarrow$$

$$U_1 = X_0' * X_0 = 21238802 \Rightarrow X_1 = 2388 \Rightarrow R_1 = 0.2388$$

$$U_2 = X_0' * X_1 = 17262852 \Rightarrow X_2 = 2628 \Rightarrow R_2 = 0.2628$$

روش مضرب ثابت

در این روش یک هسته و یک عدد ثابت مانند K وجود دارد. مطابق با روش میانضربی هسته در عدد ثابت K ضرب می شود و عدد میانی حاصلضرب به دست می آید. سپس عدد میانی به یک عدد اعشاری بین صفر تا یک تبدیل می شود.

نکته: عدد K باید با عدد هسته از لحاظ ارقام مساوی باشد.

$$K = 3987$$

$$X_0 = 7223$$

مثال

$$U_1 = K * X_0 \rightarrow 3987 * 7223 = 28798101$$

$$X_1 = 7981$$

$$R_1 = 0.7981$$

$$U_2 = K * X_1 \rightarrow 3987 * 7981 = 31820247$$

$$X_2 = 8202$$

$$R_2 = 0.8202$$

روش همنهشتی جمعی

- دنباله n تایی مانند X_1, X_2, \dots, X_n را می گیرد و بقیه دنباله را تولید می کند
- اساس تولید مقدار رابطه زیر است: $X_i \equiv (X_{i-1} + X_{i-n}) \pmod{m}, i = n+1, n+2, \dots$
- سرعت تولید بسیار بالاست
- مثال: $n=5$ و $m=100$ و X_1, X_2, \dots, X_5 به ترتیب ۱۶ و ۹۲ و ۸۹ و ۳۴ و ۵۷

$$X_6 \equiv (X_5 + X_1) \pmod{100} = 73 \pmod{100} = 73$$

$$X_7 \equiv (X_6 + X_2) \pmod{100} = 107 \pmod{100} = 7$$

$$X_8 \equiv (X_7 + X_3) \pmod{100} = 96 \pmod{100} = 96$$

$$X_9 \equiv (X_8 + X_4) \pmod{100} = 188 \pmod{100} = 88$$

...

● مولدهای همبستگی خطی

● X_0 : مقدار اولیه هسته

● a : ضریب ثابت مولد

● c : مقدار ثابت مولد

● m : مقدار پیمانہ

- نحوه انتخاب مقادیر پارامترها تأثیر فراوانی در خواص آماری از قبیل میانگین، واریانس و طول سیکل دارد. وقتی c مخالف صفر باشد مولد را مولد همبستگی آمیخته می‌نامند و در صورتی که c برابر صفر باشد مولد همبستگی ضربی نامیده می‌شود.

$$X_i \stackrel{m}{\equiv} (aX_{i-1} + c)$$

$$R_i = \frac{X_i}{m}, i = 1, 2, \dots$$

• مثال مولدهای همبستگی خطی

• مثال: $X_0 = 27$ و $a = 17$ و $c = 43$ و $m = 100$

$$X_0 = 27 \Rightarrow X_1 \equiv [17(27) + 43] \bmod 100 = 502 \bmod 100 = 2 \Rightarrow R_1 = X_1 / m = 0.02$$

$$X_2 \equiv [17(2) + 43] \bmod 100 = 77 \bmod 100 = 77 \Rightarrow R_2 = X_2 / m = 0.77$$

$$X_3 \equiv [17(77) + 43] \bmod 100 = 1352 \bmod 100 = 52 \Rightarrow R_3 = X_3 / m = 0.52$$

• برای تراکم بالاتر باید m بسیار بزرگ باشد.

• اگر $a = \sqrt{m}$ کوچکترین ضریب همبستگی زنجیره ای مرتبه یک حاصل می شود.

شبیه سازی با کامپیوتر

- زبانهای برنامه نویسی عمومی:

Fortran , C , VB و...

- زبانهای شبیه سازی:

SLAM , GPSS , SIMAN و...

- شبیه سازی سطح بالا

ARENA , ED و...

اجزای یک مدل شبیه سازی

- **Entities** (نهادها): بازیگرانی که شرایط را تغییر می دهند، روی نهادهای دیگر اثر می گذارند و از آنها نیز تاثیر می پذیرند.
- **Attributes** (خصیصه): ویژگیهایی است که یک Entity می تواند داشته باشد.
- **Variables** (متغیر حالت): وضعیت سیستم را در هر لحظه نشان می دهند.
- **Resources**: منابعی که نهادها آنها را اشغال می کنند و به مصرف می رسانند.

اجزای یک مدل شبیه سازی (ادامه)

- **Queue** (صف): جایست که نهادها برای آزاد شدن یک منبع و اشغال آن منتظر می مانند.
- **Statistical accumulators**: متغیرهای نظارتی که در پایان برای ارزیابی عملکرد سیستم استفاده می شوند.
- **Event** (پیشامد): رخدادی در یک لحظه که وضعیت سیستم را تحت تاثیر قرار می دهد

معرفی نرم افزار Arena

معرفي نرم افزار Arena

- محصول شرکت Rockwell Software
- آخرین ورژن: ARENA 14
- داراي ویرایشهای مختلف مثل Basic, Professional و ...
- ویرایشهای جدید داراي امکان نمایش ۳ بعدی هستند.
- نرم افزار مورد استفاده: ARENA 12
- Arena نرم افزاري تحت Microsoft Windows مي باشد.

آشنایی با پنجره Arena

- در بالا، سمت چپ منوهای **File**، **View**، **Tools** و **Help** را می بینید.
- اگر یک فایل مدل سازی باز شود، دیگر منوها فعال می شوند.

پنجره مدل

- پنجره مدل (معمولا در طرف راست پنجره Arena وجود دارد)
- جایی است که مدل ساخته می شود.
- شما می توانید همزمان پنجره های چند مدل را همزمان باز داشته باشید.
- برای هر فایل مدل سازی که باز می کنید، یک پنجره مدل مجزا وجود دارد.

پنجره مدل از لحاظ رویت

- قسمت فلوچارت (*Flowchart view*):
 - حاوی نمودار های مدل می باشد.
 - در بردارنده عناصر طراحی، انیمیشن و فلوچارت های پردازش می باشد.
 - عمل ویرایش کردن هر شی از طریق دوبار کلیک کردن روی آن و رفتن به پنجره مکالمه (*Dialog*) میسر است.
- قسمت صفحه گستر (*Spreadsheet view*):
 - داده های مدل را نشان می دهد مثل زمان و دیگر پارامترها
 - می توان در این دید، داده ها را وارد، حذف و ویرایش کرد.

پنجره مدل از لحاظ رویت

- بیشتر پارامترهای مدل می تواند در هر دو قسمت ویرایش شوند.
- خط جدا کننده دو قسمت را می توان گرفته و بالا و پایین برد.
- برای پنهان کردن و فعال کردن قسمت صفحه گستر: **View/Screen Split**

نوار پروژه (Project Bar)

- نوار پروژه در قسمت چپ پنجره Arena واقع شده است.
- این نوار شامل پانلهایی است که در آن بلوکهای سازنده مدلها قرار می گیرند.
- در هر لحظه یک پانل نشان داده می شود.
- از طریق دکمه های افقی به پانل های مختلفی سوئیچ می شود.

ماژول ها (Modules)

- بلوكهاي اصلي سازنده مدلهاي Arena هستند.
- دو نوع اصلي آن عبارتند از:
- ماژول هاي فلوچارت (*Flowchart Modules*)
- ماژول هاي داده (*Data Modules*)

ماژول هاي فلوچارت (Flowchart Modules)

- براي افزودن ماژول فلوچارت (Flowchart Modules) به مدلتان، آن را از نوار پروژه (Project Bar) به قسمت فلوچارت بکشید.
- شما مي توانيد نمونه هاي زيادي از يك نوع ماژول فلوچارت در مدلتان داشته باشيد.
- ماژولهاي توصيف کننده فرآيندهاي پويا
- نقاط/مکان هايي که موجوديت ها در بين آن ها حرکت مي کنند.
- نوعاً به يکديگر متصل و مربوط هستند.

انواع ماژولهاي فلوچارت پانل Basic Process

- **Record ،Assign ،Separate ،Batch ،Decide ،Process ،Dispose ،Create**

- پانلهاي ديگر انواع بسياري از ماژولها را دارند.

- شكل ماژولها شبیه به اشكال فلوچارتهها هستند (همچنين استفاده از رنگ ها براي نشانه گذاري)

۲ روش براي ويرايش کردن :

- براي دسترسي به آن ۲ بار كليك كنيد، سپس پنجره مکالمه (Dialog) را پر كنيد.
- انتخاب يك نوع ماژول در مدل يا در نوار پروژه (يك بار كليك)، ديدن تمام ماژول ها از همان نوع در قسمت صفحه گستر و سپس ويرايش کردن آن

ماژول هاي داده (Data Modules)

- تعیین مقادیر، شرایط و ... برای کل مدل
- انواع ماژولهای داده در پاتل Basic Process عبارتند از:
Entity، Queue، Resource، Variable، Schedule، Set
- پانلهای دیگر حاوی دیگر ماژول ها داده ای می باشند.
- آیکون ماژول های داده در نوار پروژه شبیه یک صفحه گسترها کوچک شده است.
- برای استفاده از ماژول داده، آن را در نوار پروژه انتخاب کنید. (یک کلیک) و در قسمت صفحه گستر ویرایش کنید.
- کلیک راست کردن روی سطرها و ستون ها به منظور انجام کارهای مختلف
- فقط یک نمونه از هر نوع ماژول داده در یک مدل وجود دارد اما هر یک می تواند ورودی زیادی داشته باشد. (ردیف ها)

کار با Arena

- برای استفاده از ماژول داده، آن را در نوار پروژه انتخاب کنید. (یک کلیک) و در قسمت صفحه گستر ویرایش کنید.
- کلیک راست کردن روی سطرها و ستون ها به منظور انجام کارهای مختلف
- فقط یک نمونه از هر نوع ماژول داده در یک مدل وجود دارد اما هر یک می تواند ورودی زیادی داشته باشد. (ردیف ها)

توضیحات بیشتر در مورد

Project Bar

پانل های نوار پروژه

- پانل های **Basic & Advanced Process** : شامل بلوکهای اصلی سازنده مدلهاست که ماژول (**module**) نام دارند.
- گزارشات – **Reports** (پس از اجرا)
- بررسی کردن – **Navigate** (به دیدهای مختلف در یک مدل)
- معمولاً پانل های نوار پروژه در گوشه چپ واقع شده اند اما می توانند جابجا شوند.
- می توان آن را پنهان کرد از طریق **View/Project Bar** و یا کوچک کرد

ماژول فلوچارت Create

- نقطه بوجود آمدن موجودیتهاست.
- فاصله زمانی بین ورودی ها
- تعیین زمان ورودی های متوالی
- نوع - Type - پایین آوردن لیست با گزینه های متعدد، Random (Expo) متغیری تصادفی از توزیع نمایی می باشد.
- مقدار - Value - بستگی به Type دارد، مثلا برای Random (Expo) باید میانگین (mean) آن وارد شود.
- واحدها - Units - از واحد های زمانی استفاده می شود.

ماژول فلوچارت Create

- تعداد موجودیت ها در هر ورود **Entities per arrival**
- حداکثر ورود – **Max arrivals**: بیشترین تعداد ورودی ها، پس از آن اجرای مدل متوقف می شود. **Infinite** – بدون محدودیت.
- اولین ایجاد: زمان اولین ورودی (در لحظه صفر)

ماژول فلوچارت Decide

- این ماژول برای تصمیم گیری در مدل به کار می رود. این تصمیم گیری می تواند به صورت احتمالی یا به صورت تعیین شرایط باشد.
- Name : در این قسمت نام سرویس را انتخاب می کنیم.
- Type :
- در قسمت type نوع تصمیم گیری مشخص می شود که می تواند یکی از ۴ مورد زیر باشد:
- 2-way by chance : ۲ انتخاب با احتمال مشخص اتفاق می افتد.
- 2-way by condition : ۲ انتخاب بر حسب برقرار بودن یک عبارت شرطی اتفاق می افتد.
- N-way by chance : n انتخاب با احتمال مشخص اتفاق می افتد.
- N-way by condition : n انتخاب بر حسب برقرار بودن عبارات شرطی اتفاق می افتد.

ماژول فلوجارت Decide

- Percentages:

- در قسمت percentages که در صورت انتخاب نوع N-way by chance ظاهر می شود، در صد بروز هر حالت وارد می شود. دقت شود که اگر n حالت داریم n-1 درصد وارد می کنیم و درصد n ام برابر با در صد کل باقی مانده تعریف می شود.

ماژول فلوچارت Process

- دستگاہ را نمایش می دهد که شامل منبع، صف و زمان تاخیر موجودیت می باشد.
- اسم را وارد کنید.
- Type را برای تعریف منطق موجود در ماژول پردازش انتخاب کنید.
- چک باکس Report Statistics را برای تهیه گزارش آماری در انتها اجرای مدل را انتخاب کنید.

ماژول فلوجارت Process

- ناحیه Logic – چه اتفاقی برای موجودیت ها در این ماژول می افتد
- Action
- **Seize Delay Release**: زمانی که موجودیت، تعدادی از واحد های یک منبع را اشغال می کند، (ممکن است پس از انتظار در صف باشد) و برای مدت زمان پردازش تاخیر داشته، سپس واحدهای منبعی را که اشغال کرده بود را آزاد می کند.
- **Delay**: موجودیت توقف دارد. (چراغ قرمز راهنمایی) – هیچ گونه منبع و یا صفی وجود ندارد.
- **Seize Delay**: اشغال منابع و سپس تاخیر (بدون آزاد سازی)
- **Delay Release**: تاخیر و سپس آزاد سازی منابع

ماژول فلوچارت Process

- **Priority** - اولویت موجودیت ها برای بدست آوردن منابع است، شماره های پایین تر اولویت بیشتری دارند.
- **Resources** - تعریف منابع برای اشغال و یا آزاد شدن توسط موجودیتها.
- نام منابع و نیز تعداد واحدهایی که باید اشغال و یا آزاد شوند تعریف می شود.
- موجودیت ها باید ابتدا تعداد مشخصی از هر منبع را اشغال کنند - البته قبل از آن که روی آنها پردازشی صورت گیرد، مثل یک ماشین و دو اپراتور- و در ادامه تعداد مشخصی از منابع آزاد خواهند شد.
- زمان تاخیر یا پردازش - انتخاب توزیع های احتمالی (نرمال، مثلثی و یکنواخت)، عبارت های ثابت و یا عمومی
- **Units** - استفاده از واحد های زمانی برای زمان تاخیر
- **Allocation** - چگونه می توان تاخیر را در هزینه محاسبه کرد؟

ماژول فلوجارت Process

- در خط بعد باید پارامترها وارد شوند. تغییرات بستگی به انتخاب نوع تاخیر دارد. پارامترهای عددی که درگیر شده اند را مشخص می کند.
- همچنین می تواند در دید صفحه گستر ویرایش شود.
- کلید Ok برای ذخیره کردن و دکمه Cancel را برای کنسل کردن هر گونه تغییری انتخاب کنید.

ماژول فلوجارت Dispose

- محل خروج موجودیت ها از سیستم را نمایش می دهد.
- ماژول نامگذاری می شود.
- گزینه Record Entity Statistics را انتخاب شده است. (بیشترین زمان و میانگین زمانی که موجودیت ها در سیستم هستند و نیز اطلاعات در مورد هزینه ها در گزارشات ارائه می شود.)

اتصال ماژول هاي فلوجارت

- جريان حرکت موجوديت ها را روي ماژول هاي فلوجارت نشان مي دهد.
- براي ايجاد ارتباط
- روي دکمه **Connect** کلیک کنید (يا **Object/Connect**)
- مکان نما به حالت بعلاوه تغيير میکند.
- روي محل خروج ماژول اصلي کلیک کنید و سپس روي محل ورود درماژل مقصد.
- دکمه هاي منوي **Object**
- **Auto-Connect** - بطور خودکار ماژول جديد وارد شده را به محل خروج ماژول انتخاب شده متصل مي کند.
- **Smart Connect** - اتصالات را به صورت خطوط افقي/عمودي درمياورد.
- مي توان روي **Connection** موجود کلیک کرده و آن را **Smart** ساخت.
- **Animate Connectors**: موجوديت هايي را که دربين اتصالات جابجا مي شوند را نشان مي دهد. (زمان صفر براي جمع آوري آمار)

تنظیمات اجرا

- از منوی Run گزینه Setup را انتخاب می کنیم.
- به قسمت Replication parameters می رویم.
- حال می توانیم تنظیماتی مثل تعداد دفعات اجرا یا طول زمان شبیه سازی را اعمال کنیم.

بررسی یک مثال ساده

مشتریان بانکی با توزیع نمایی ۴ دقیقه وارد بانک می شوند
این بانک سه باجه دارد که هر کدام کار ختصی را انجام می دهند و درصد تقصیم مشتریان بین باجه ها بدین صورت است:

۲۰٪ کار پس انداز

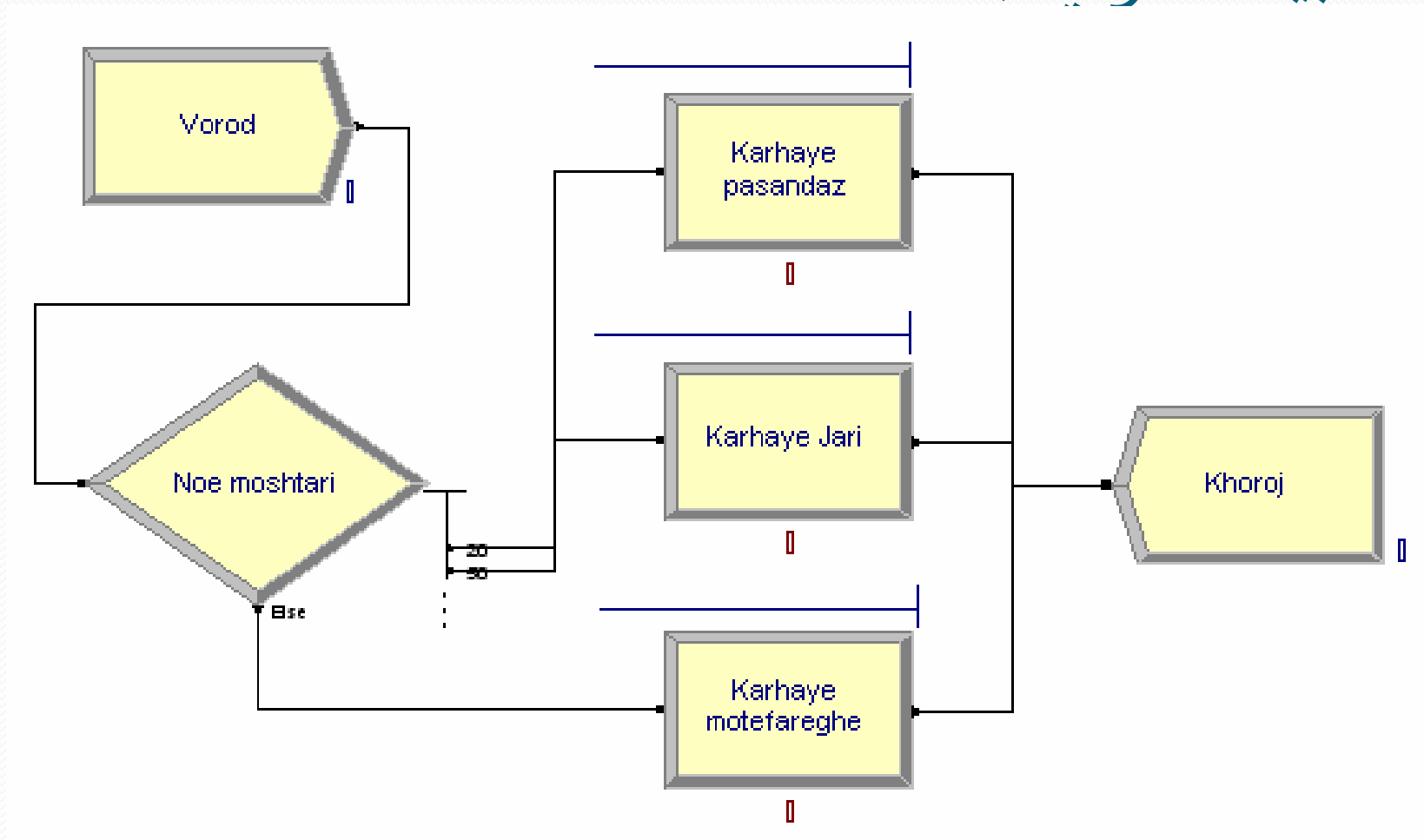
۵۰٪ کار جاری

بقیه متفرقه

مدت زمان سرویس هر کار توسط باجه دارها بدین صورت است

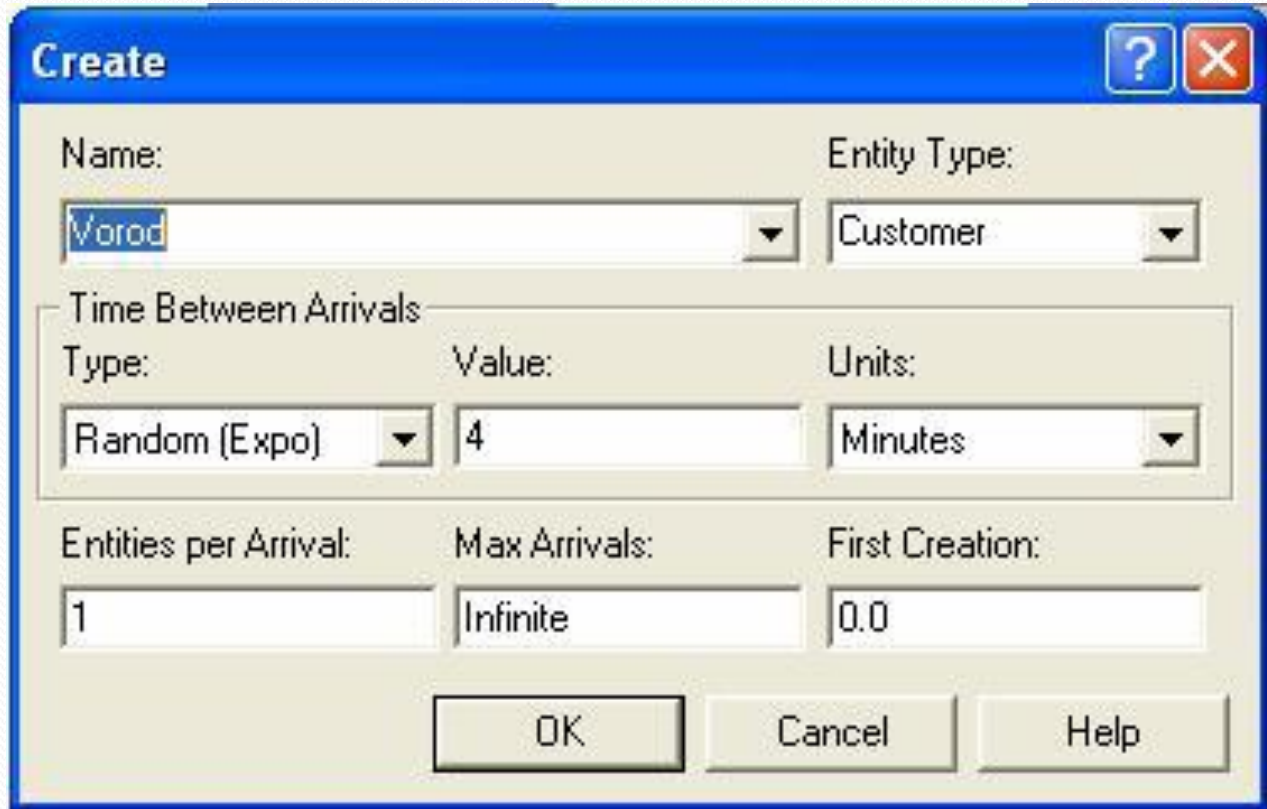
- پس انداز با توزیع مثلثی ۱، ۲، ۳ دقیقه انجام می شود. $\text{Triangular}(1,2,3)$
- کارهای جاری با توزیع مثلثی ۴، ۵، ۶ دقیقه انجام می شود. $\text{Triangular}(3,4,5)$
- کارهای متفرقه با توزیع نمایی ۳ دقیقه انجام می شود. $\text{Exponential}(3)$

شبیه سازی با Arena



تنظیمات ماژول Creat

مشتریان بانکی با توزیع نمایی ۴ دقیقه وارد بانک می شوند



The 'Create' dialog box is shown with the following settings:

- Name: Vorod
- Entity Type: Customer
- Time Between Arrivals:
 - Type: Random (Expo)
 - Value: 4
 - Units: Minutes
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0

Buttons: OK, Cancel, Help

تنظیمات ماژول Decide

Decide

Name: Noe Moshtari

Type: N-way by Chance

Percentages:

- 20
- 50
- <End of list>

2-way by Chance
2-way by Condition
N-way by Chance
N-way by Condition

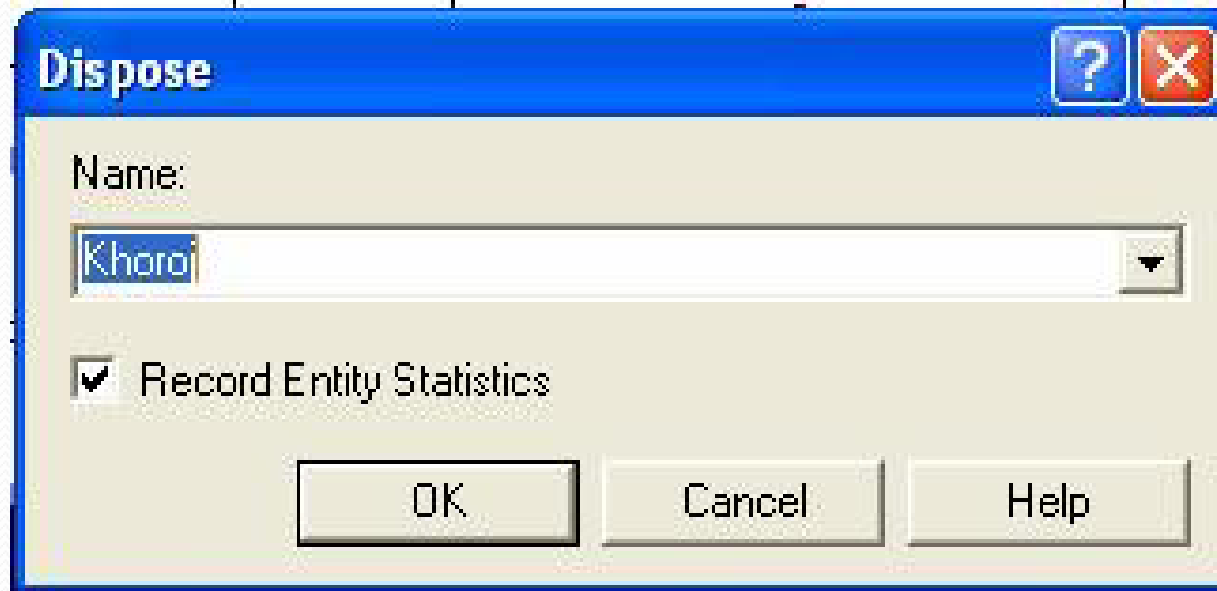
Edit...
Delete

OK Cancel Help

ماژول Process

Process - Basic Process													
	Name	Type	Action	Priority	Resour	Delay Type	Units	Allocation	Min	Val	Maxi	Expressio	Report Statist
1	Karhaye pasandaz	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	1	2	3	1	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Karhaye Jari	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	3	4	5	1	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Karhaye motefareghe	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	.5	1	1.5	EXPO(3)	<input checked="" type="checkbox"/>

ماژول Dispose



تنظیم کردن شرایط اجرا

از منوی Run گزینه setup

Run Setup

Run Speed Run Control Reports
Project Parameters Replication Parameters Array Sizes

Number of Replications:

Initialize Between Replications
 Statistics System

Start Date and Time:

Warm-up Period: Time Units:

Replication Length: Time Units:

Hours Per Day: Base Time Units:

Terminating Condition:

OK Cancel Apply Help

ماژول داده Entity

- یک ماژول داده فقط در قسمت صفحه گستر ویرایش می شود.
- انواع موجودیت در مدل خود را می توانید رویت و ویرایش کنید.
- هنگامی که شما فیلدهای اطلاعاتی را انتخاب می کنید، فهرستهای **pull-down** فعال می شوند.
- یک **Check Box** در انتها به شما این امکان را می دهد تا تهیه **Report** **Statistics** را انتخاب کنید که شامل گزارش میانگین و بیشترین زمان موجود در سیستم می باشد.

ماژول داده ای Resource

- با تعریف نام پردازش در ماژول پردازش، به طور خودکار یک ورودی برای آن در ماژول داده ای منبع ساخته می شود.
- نوع - Type : به جای داشتن یک ظرفیت ثابت، می تواند از طریق یک جدول زمان بندی ظرفیت را تغییر دهد.
- این کار از طریق ماژول داده ای Schedule انجام می شود
- خرابی ها - Failures : می تواند باعث از کار افتادن منبع بر اساس یک الگو خاص شود.
- این الگو از طریق ماژول داده ای Failure تعریف می شود (در پانل (Advanced Process

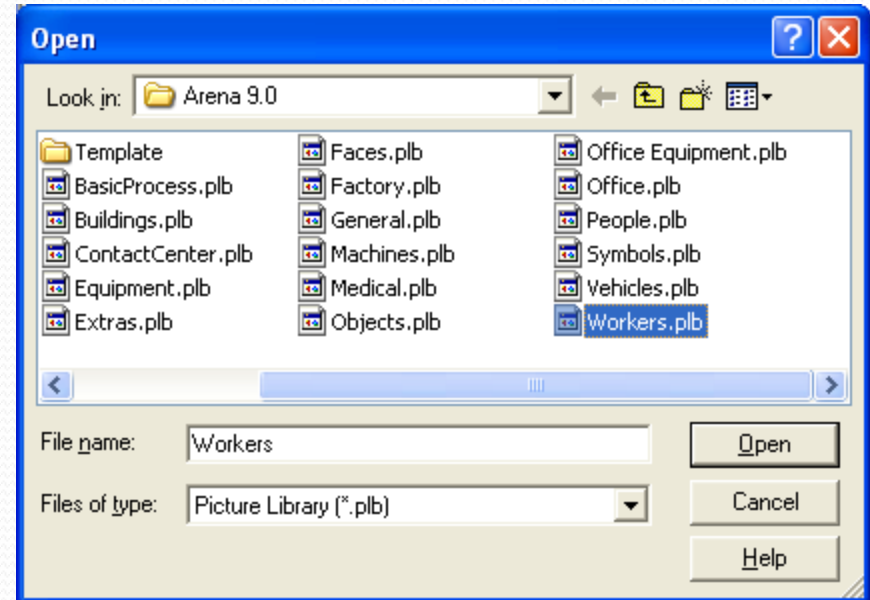
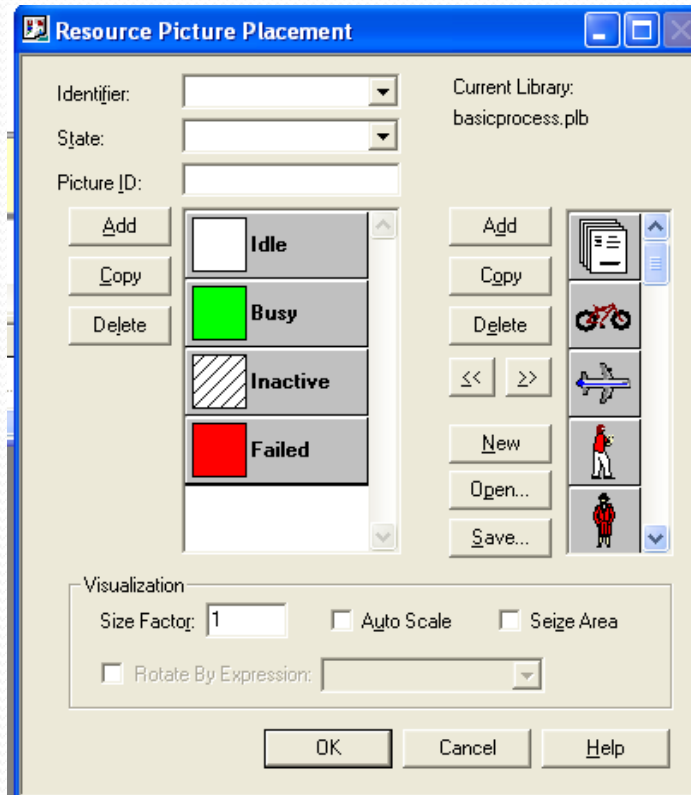
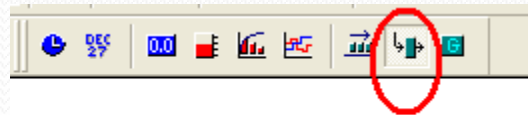
ماژول داده ای Queue

- مشخص کردن جنبه های مختلف صف ها در مدل
- نوع - Type - نظم و ترتیب صف (queue discipline) یا قانون رتبه بندی را مشخص می کند.
- اگر گزینه های Lowest or Highest Attribute Value را انتخاب کنید، فیلد اطلاعاتی دیگری ظاهر می شود که از شما می خواهد مشخصه (Attribute) مورد نظر را مشخص کنید.
- به اشتراک گذاری - Shared: اگر قرار است این صف برای منابع مختلف مورد استفاده قرار گیرد.
- گزارش آماری - Report Statistics: مشخص می کند گزارشی در مورد صف انجام شود یا خیر (طول صف و زمان در صف بودن به)

اضافه کردن انیمیشن به فلوچارت

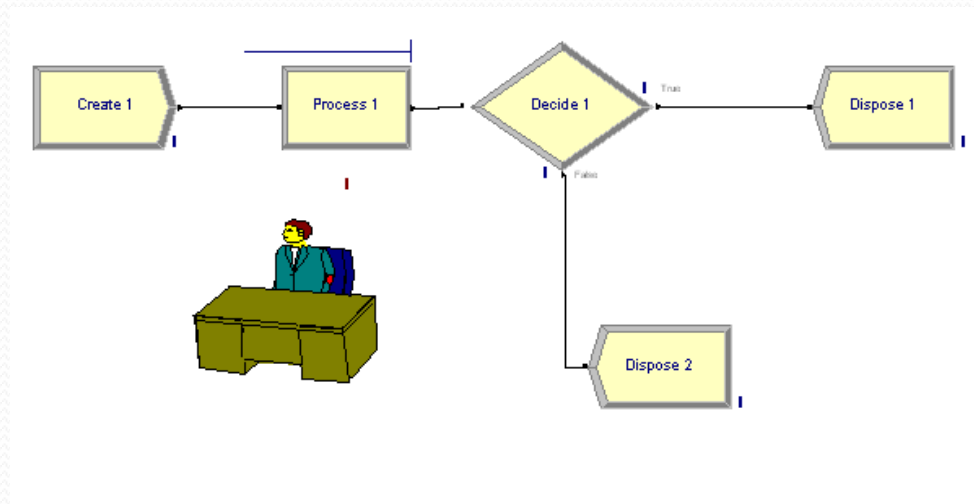
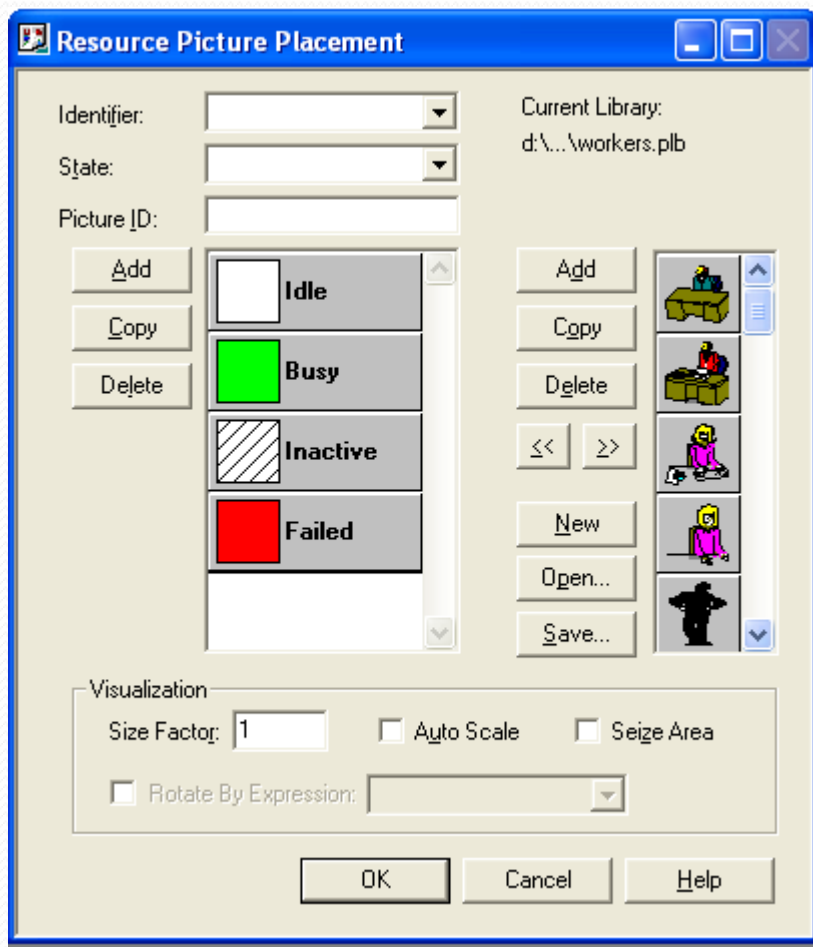
- در این قسمت انیمیشنی به فلوچارت اضافه میکنیم به این صورت که وقتی کارمند مشغول است تصویر فردی که پشت میز مشغول خواندن کاغذ است نمایش داده شود و وقتی کارمند بیکار است تصویر فردی که پشت میز بیکار نشسته است نمایش داده شود.
- در نوار ابزار **Animate** روی دکمه **Resource** کلیک میکنیم از لیست **Resource1, identifier** را انتخاب میکنیم روی **Open** کلیک کرده در کادر باز شده به پوشه ارنا رفته ، روی **Workers.plb** و سپس روی **Open** کلیک میکنیم. سپس روی **Idle**، ایکن فرد بیکار کلیک کرده دکمه **>>** کلیک میکنیم. روی دکمه **Busy**، ایکن فرد مشغول و مجدداً دکمه **>>** نیز به ترتیب کلیک میکنیم.

اضافه کردن انیمیشن به فلوجارت



برگرفته از فایل‌های آقای دکتر زندیه

اضافه کردن انیمیشن به فلوجارت



اضافه کردن نمودار به فلوجارت

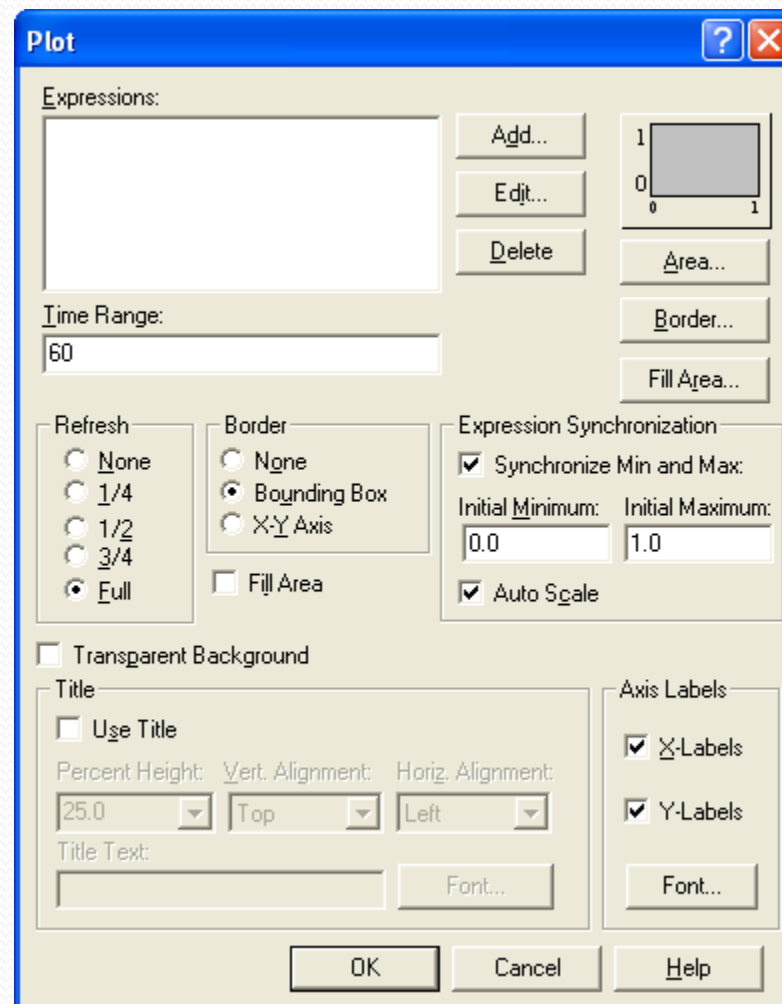
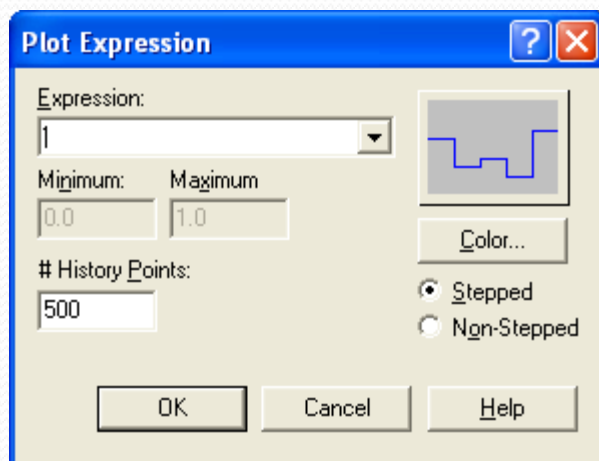
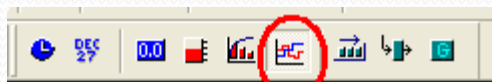
- در نوار ابزار **Animate** روی دکمه **Plot** کلیک میکنیم برای افزودن متغیر نمودار دکمه **Add** را کلیک میکنیم. در کادر ظاهر شده در قسمت **Expression** کلیک راست نموده و گزینه **Build Expression** را انتخاب میکنیم.

- در کادر ظاهر شده روی **Basic processes Variable** کلیک کرده در منوی باز شده روی **Processes** و در منوی باز شده **Processes**، روی **Number in Process** کلیک میکنیم سپس در کادر روی **Ok** کلیک نموده در کادر بعدی در قسمت **History points**، عدد ۵۰۰۰ را وارد میکنیم از این طریق ۵۰۰۰ عدد از برگه ها در حین شبیه سازی در نمودار نمایش داده میشوند سپس روی **Ok** کلیک میکنیم

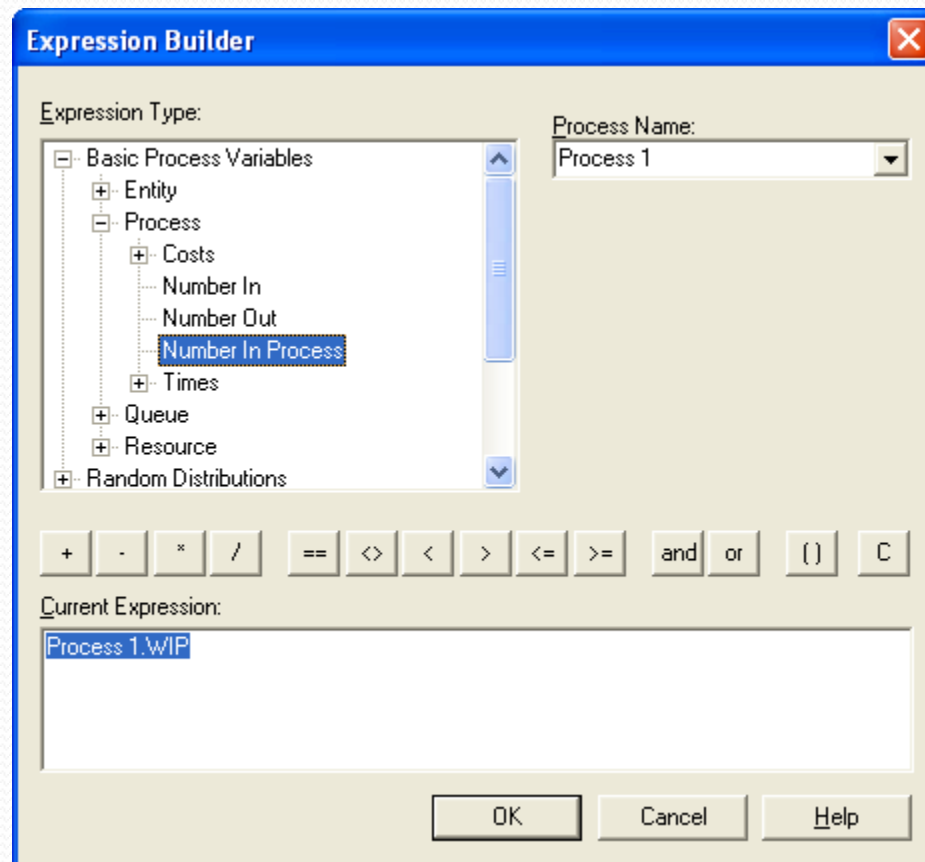
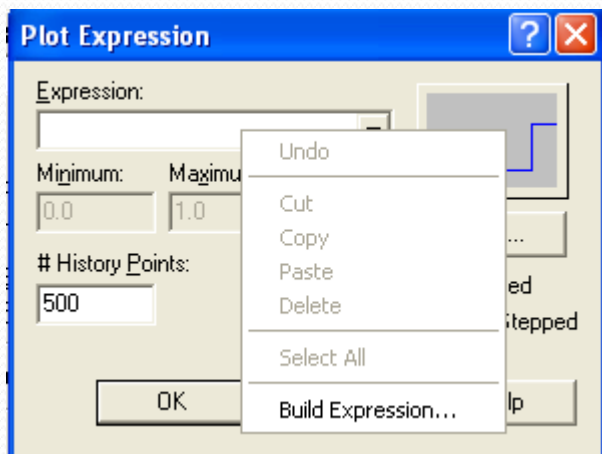
اضافه کردن نمودار به فلوجارت

- در قسمت Time Range نیز طول را در محور زمان مشخص میکنیم که در مثال مورد بحث عدد ۴۸۰ را که کل زمان موردنظر ما برای شبیه سازی نیز هست وارد میکنیم و سپس روی Ok کلیک میکنیم.

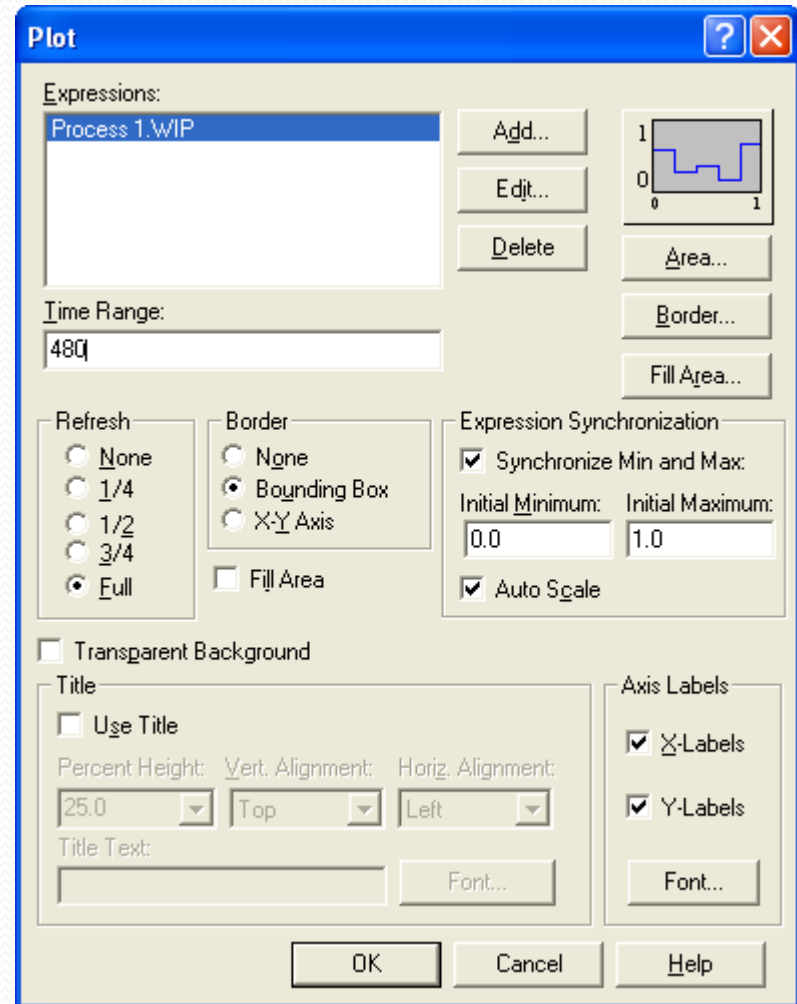
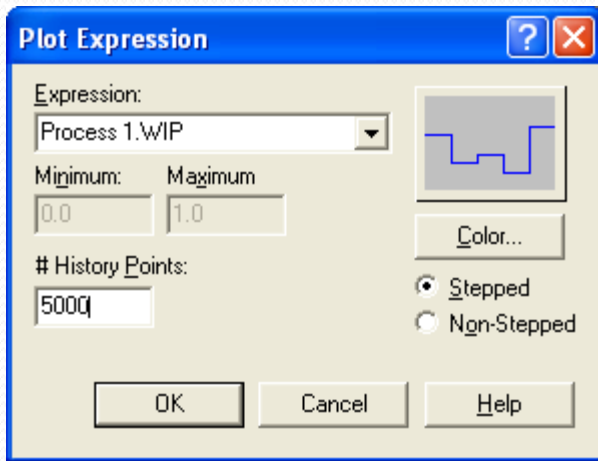
اضافه کردن نمودار به فلوجارت



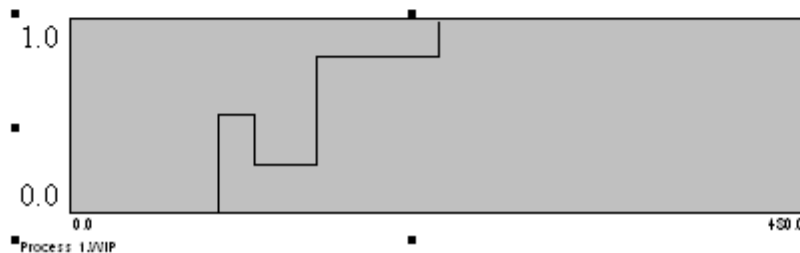
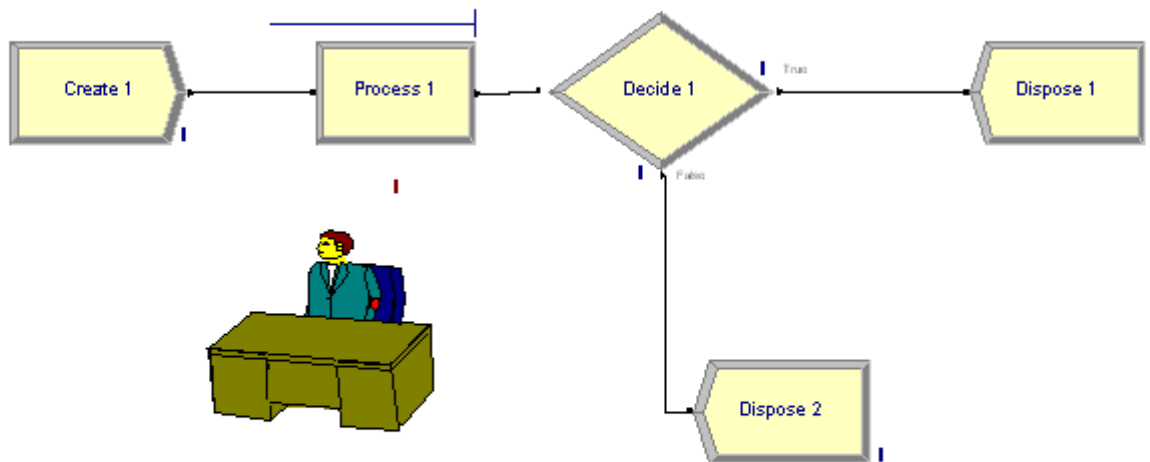
اضافه کردن نمودار به فلوچارت



اضافه کردن نمودار به فلوجارت



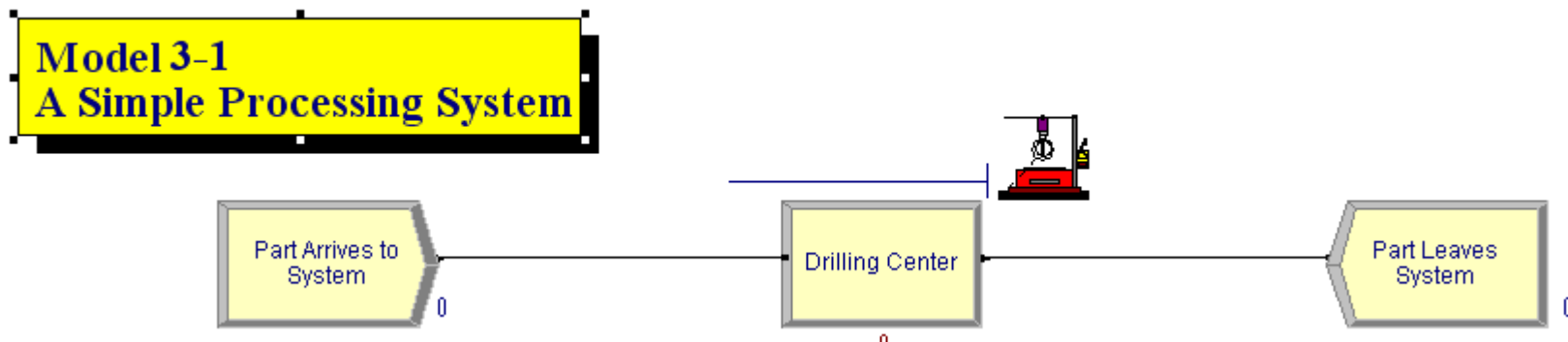
اضافه کردن نمودار به فلوچارت



برگرفته از فایل‌های آقای دکتر زندیه

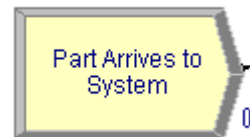
مثال ۲

مدل زیر قسمتی از فرایند یک سیستم تولید است. قطعات خام وارد می شوند، توسط یک ماشین پردازش می شوند و سپس خارج می شوند. اگر قطعه ای وارد شود و ماشین بیکار باشد، فرایند پردازش آن قطعه آغاز می شود و در غیر این صورت و باید در صف منتظر بماند. برای مدت ۲۰ دقیقه شبیه سازی نمایید



مراحل انجام کار

۱- تنظیم ماژول Creat



Create [?] [X]

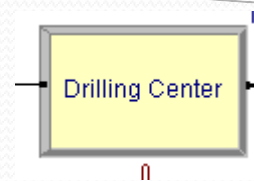
Name: Entity Type:

Time Between Arrivals

Type: Value: Units:

Entities per Arrival: Max Arrivals: First Creation:

OK Cancel Help



تنظیم ماژول Process

Process [?] [X]

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

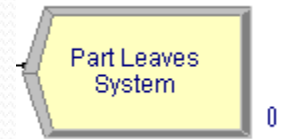
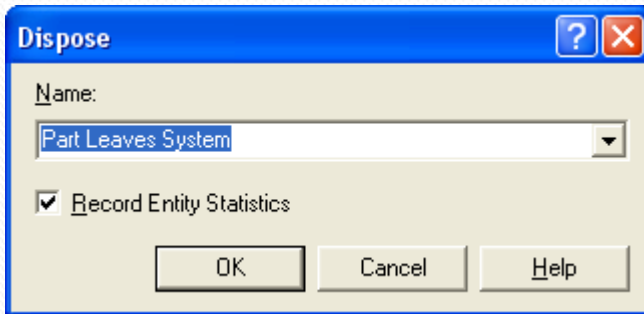
Resources:

Resource, Drill Press, 1	<input type="button" value="Add..."/> <input type="button" value="Edit..."/> <input type="button" value="Delete"/>
<End of list>	

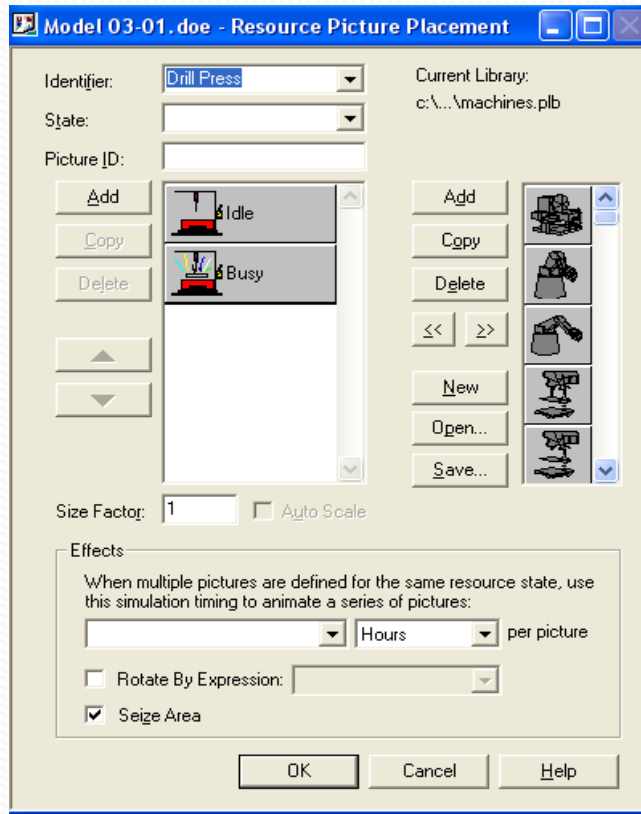
Delay Type: Units: Allocation:

Minimum: Value (Most Likely): Maximum:

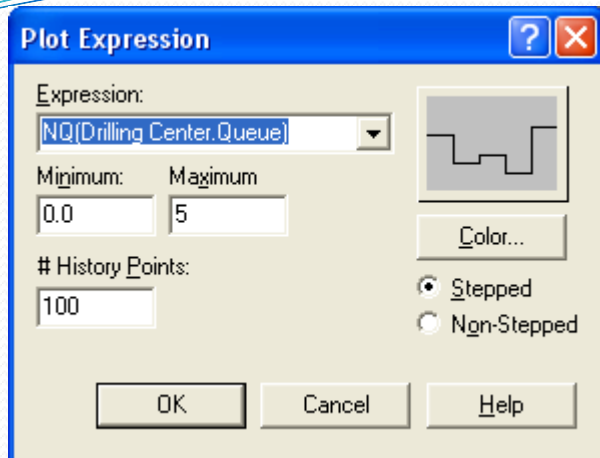
Report Statistics



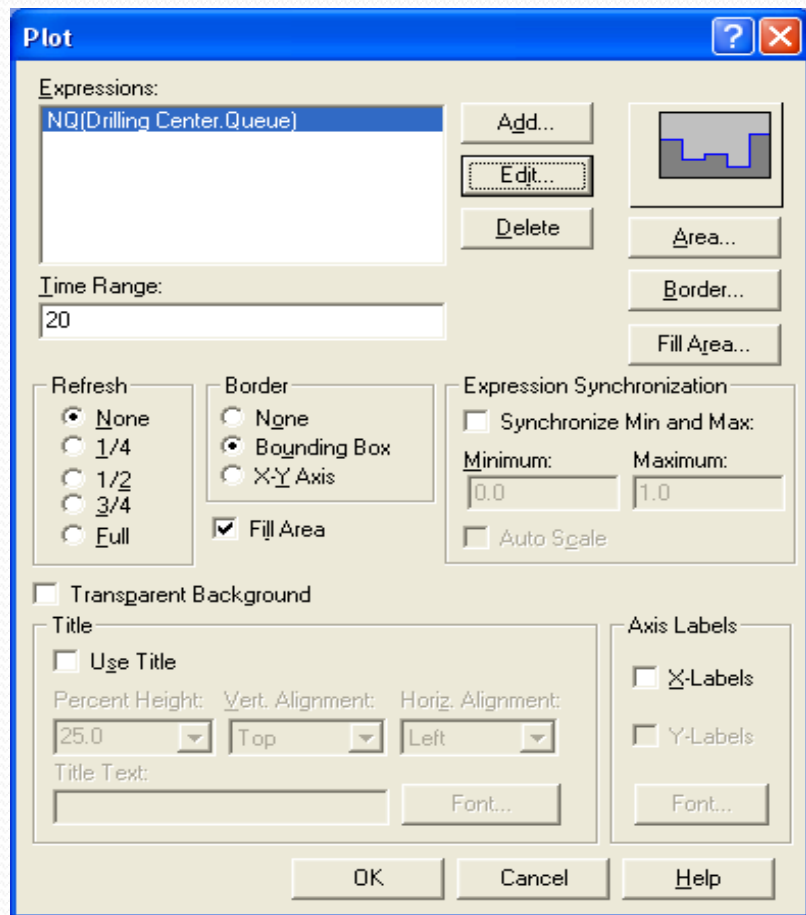
تنظیم Dispose



وارد کردن انیمیشن و تنظیمات آن



ورود نمودار :
 از قسمت Plot طرحي وارد مي كنيم
 تنظيمات مربوط به Plot Expression جهت صف انتظار



تظیمات مربوط به نمودار مشغول بودن دستگاه

