

# شبیه‌سازی کامپیووتری

جلسه اول

مهندس روح الله رحمانیان

Rahmanian@jia.ac.ir



- ▶ Discrete Event System Simulation, Jerry Banks et all, 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, Altiok 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 گستره پیشامد، هاشم محلوجی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف
- ▶ علم و هنر شبیه‌سازی، ترجمه علی اکبر عرب مازار، مرکز نشر دانشگاهی
- ▶ آموزش شبیه‌سازی عملیات با Arena، شهرورز انتظامی و عبدالوحید 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 سیستمها م وجود و هم ابزاری برای طراحی سیستمها 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 روش‌های تحلیلی
۶. برای آزمایش طرح‌ها و خط مشی‌های 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 روش های تحلیلی است.
۵. معمولاً 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 پر هزینه بودن و نیاز به زمان ، استفاده از مدل‌های شبیه سازی کامپیوتری، ممکن است کارایی بالایی نداشته باشد.
- .۲ نیاز به اجراهای 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 کند و هزینه زیادی بپردازنند

# 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 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.

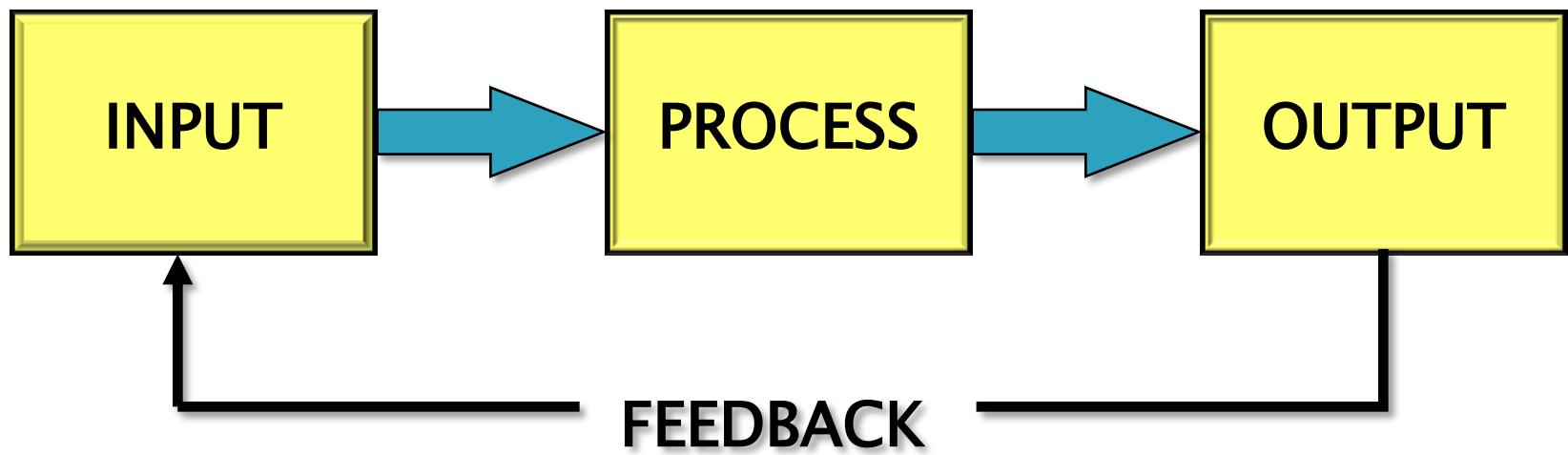
- می‌توان عوامل بیرونی را به عنوان ورودی‌های سیستم در نظر گرفت.

## مثال : سیستم کارخانه

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

تأثیر عرضه بر تقاضا جزء سیستم می‌باشد.

# 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 مشخصه های موجودیتها تعریف می شود.

## ▶ واقعه یا پیشامد (Event)

رویدادی لحظه ای 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	قطارسریع اسیر
وضعیت ماشین ها (مشغول، بیکار، از کار افتاده)	از کارماندگی	جوشکاری، برش	سرعت ظرفیت آهنگ از کار ماندگی	ماشین ها	تولید
تعداد پیام های در انتظار مخابره	ورود به مقصد	مخابرہ	طول، مقصد	پیام ها	ارتباطات
سطح 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.

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

## مشخصه ها

## موجودیت ها

کارگران

a) وضعیت کاری (بیکار(۰) یا مشغول(۱))

b) ایستگاه های کاری تخصیص یافته (۱ و ۲ و ۳ و ...)

ماشین آلات

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

b) عمر

c) زمان عملیات

ایستگاه های کاری

a) تعداد قطعات منتظر در صفحه (۰، ۱، ۲، .....)

a) موعد تحویل

b) استقرار

محصولات مونتاژی

# شبیه‌سازی کامپیووتری

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 دقیقا 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 ، ترکیب**

تجزیه: ساده کردن سیستم از طریق حذف جزئیات یا از طریق پذیرش فرضهایی است که روابط حاکم بر عوامل را مهار پذیر 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 شئ 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 توصیف کننده جریان کاری در خط تولید در کارخانه  
می‌باشد)

## مدل کامپیوتروی ( شبیه‌سازی )

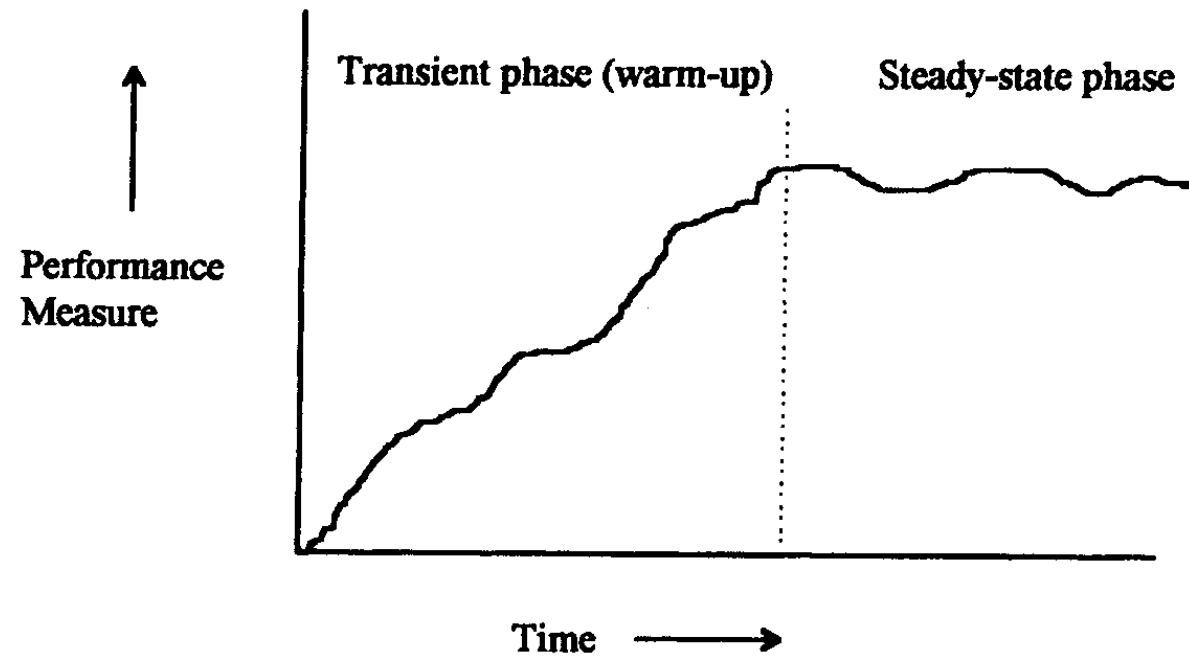
- شرح برنامه‌ای از سیستم می‌باشد.

# شبیه‌سازی

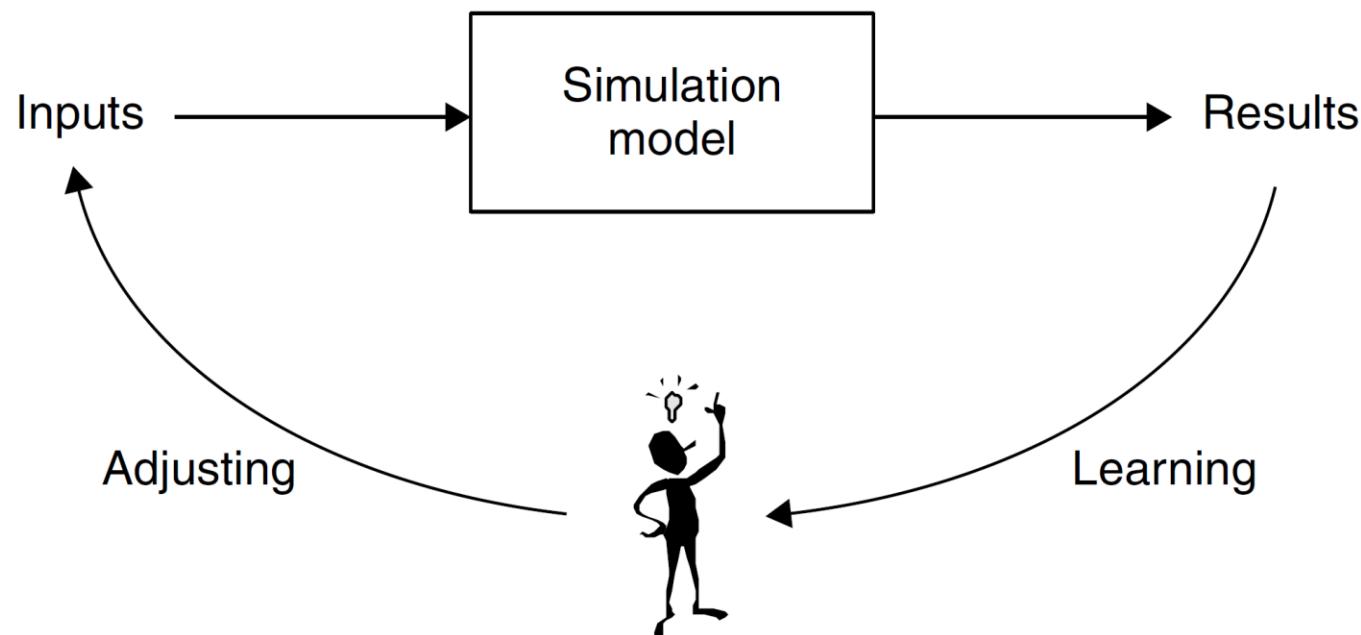
- ▶ شبیه‌سازی، بیان رفتار پویایی یک سیستم در **حالت پایدار** به واسطه حرکت آن از یک وضعیت به وضعیت دیگر بر اساس قواعد عملیاتی تعریف شده است. اصولاً در شبیه‌سازی، از کامپیوتر برای ارزیابی عددی یک مدل استفاده شده و در آن داده‌ها به جهت تخمین ویژگی‌های موردنظر مدل جمع‌آوری می‌شوند.
- ▶ شبیه‌سازی کامپیوتری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



# 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: مدلها شبیه سازی که در آنها متغیر تصادفی وجود ندارد. در این مدل ها 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 گستته: مدلهایی که متغیر حالت آنها در مجموعه ای از مقاطع گستته 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

$$Y(t)$$

$$t$$

$$X(t)$$

$$t$$

- تعداد جمعیت صیاد در لحظه  $t$

- 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.  $R > 0$

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

$$\frac{dx}{dt} = rX(t) - aX(t)$$

$$\frac{dx}{dt} = dX/dt$$

$$dX/dt$$

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

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

$$\frac{dx}{dt} = -SY(t) + bX(t)Y(t)$$

آهنگ کلی جمعیت صیاد

نتایج

هرگاه جمعیت صیاد رو به افزایش باشد  $\leftarrow$  جمعیت صید کاهش می یابد

کاهش جمعیت صیاد  $\leftarrow$  کند شدن آهنگ افزایش جمعیت صیاد

کاهش جمعیت صیاد  $\leftarrow$  افزایش جمعیت صیاد

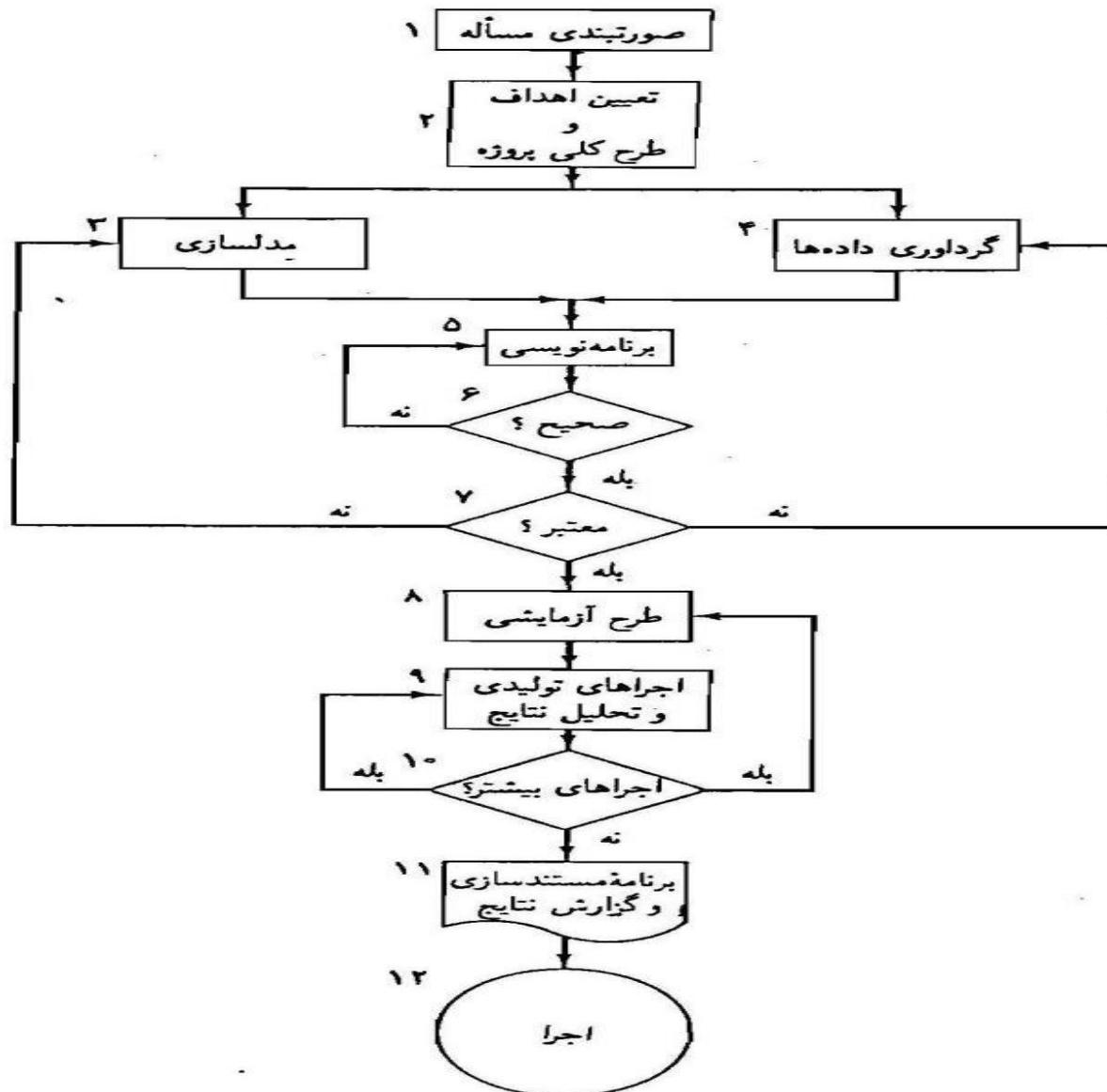
# کامپیوتر در شبیه سازی

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
- ▶ تحلیل مسئله
- ▶ جمع آوری داده اطلاعات
- ▶ ساخت مدل
- ▶ معبرسازی مدل
- ▶ طراحی و اجرای آزمایش‌های شبیه‌سازی.
- ▶ تحلیل خروجی
- ▶ تفسیر و مستندسازی
- ▶ اجراء



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

# انواع شبیه‌سازی

Discrete Event System Simulation گسته

Continuous System Simulation پیوسته

# شبیه‌سازی سیستم‌های گستته 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.

# نرم افزارهای شبیه‌سازی

پیچیده بودن شبیه‌سازی سیستم‌های واقعی، استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری را باعث می‌شود. در اصل نرم افزار کامپیوتری چارچوبی را برای ساخت مدل فراهم می‌کنند که کار مدل‌ساز را نسبت به موارد زیر راحت می‌کنند:

- چگونگی پردازش ورودی‌ها
- عملیات ثبت داده‌ها
- گزارش‌های خروجی
- تسهیل در تولید داده‌های تصادفی
- جمع کردن داده‌ها 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

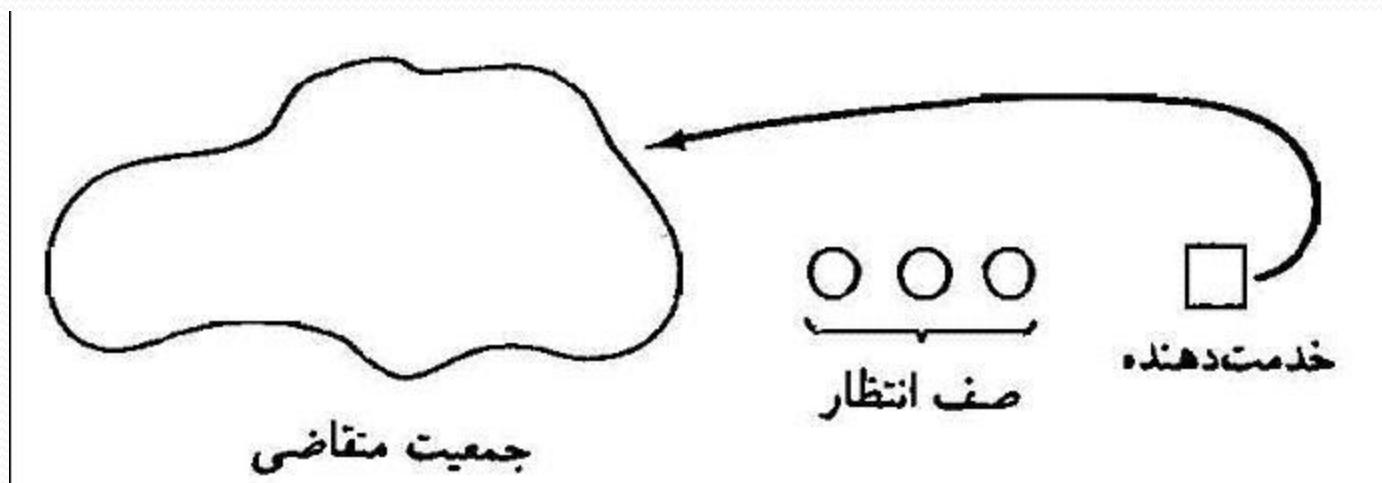
۱. ویژگیهای هر یک از ورودیهای شبیه سازی را تعیین کنید.
۲. یک جدول شبیه سازی ایجاد کنید.

ردیف	دفاتر	ورودیها						پاسخ
	تکرار	$x_{i,1}$	$x_{i,2}$	$\dots$	$x_{i,j}$	$\dots$	$x_{i,p}$	( $y_i$ )
۱								
۲								
۳								
:								
$n$								

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

# شبیه سازی سیستم های صف

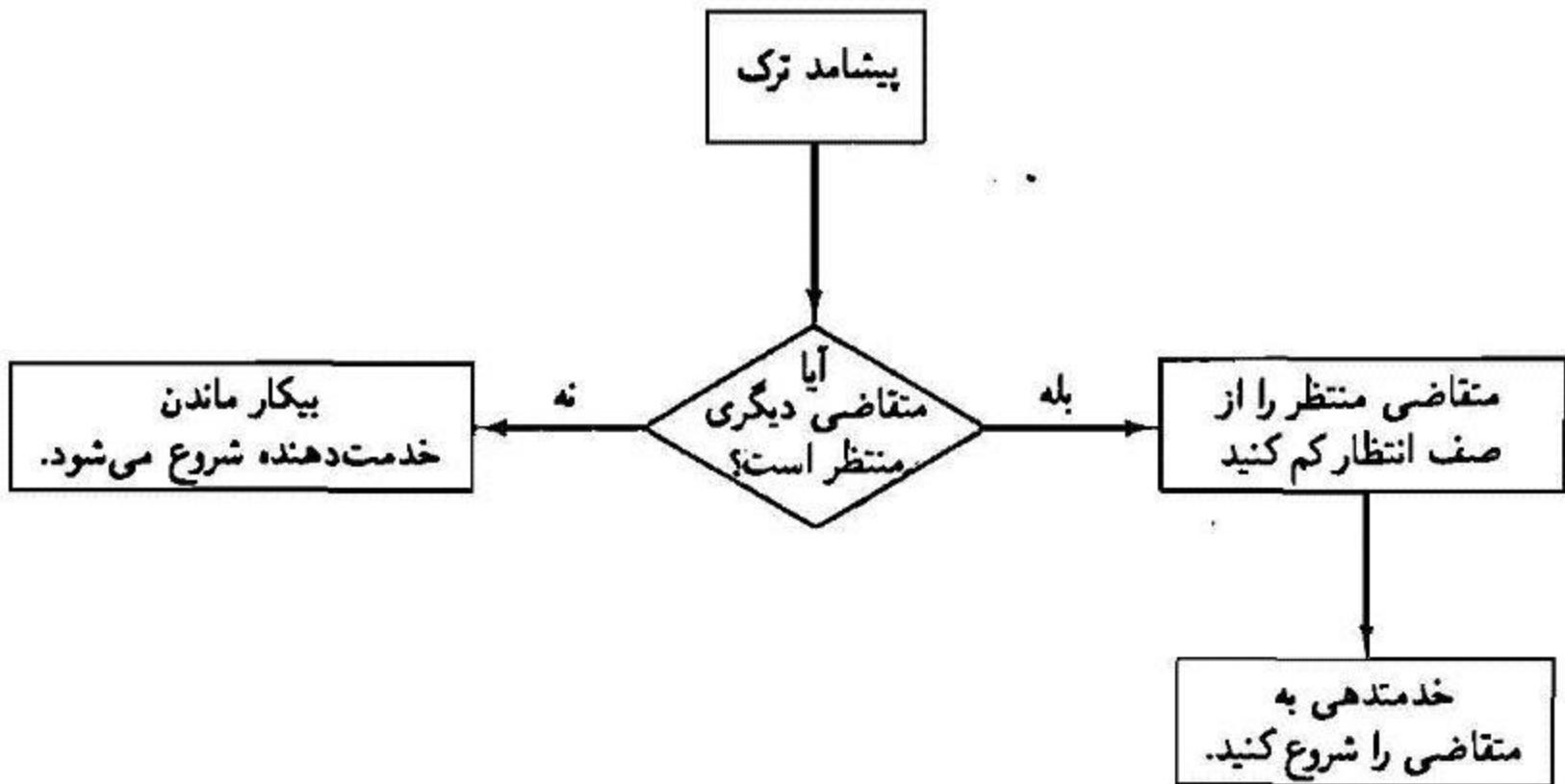
- سیستم صف با جمعیت متقاضی، چگونگی ورود و خدمتهای ، ظرفیت سیستم و نظام صف مشخص می شود.



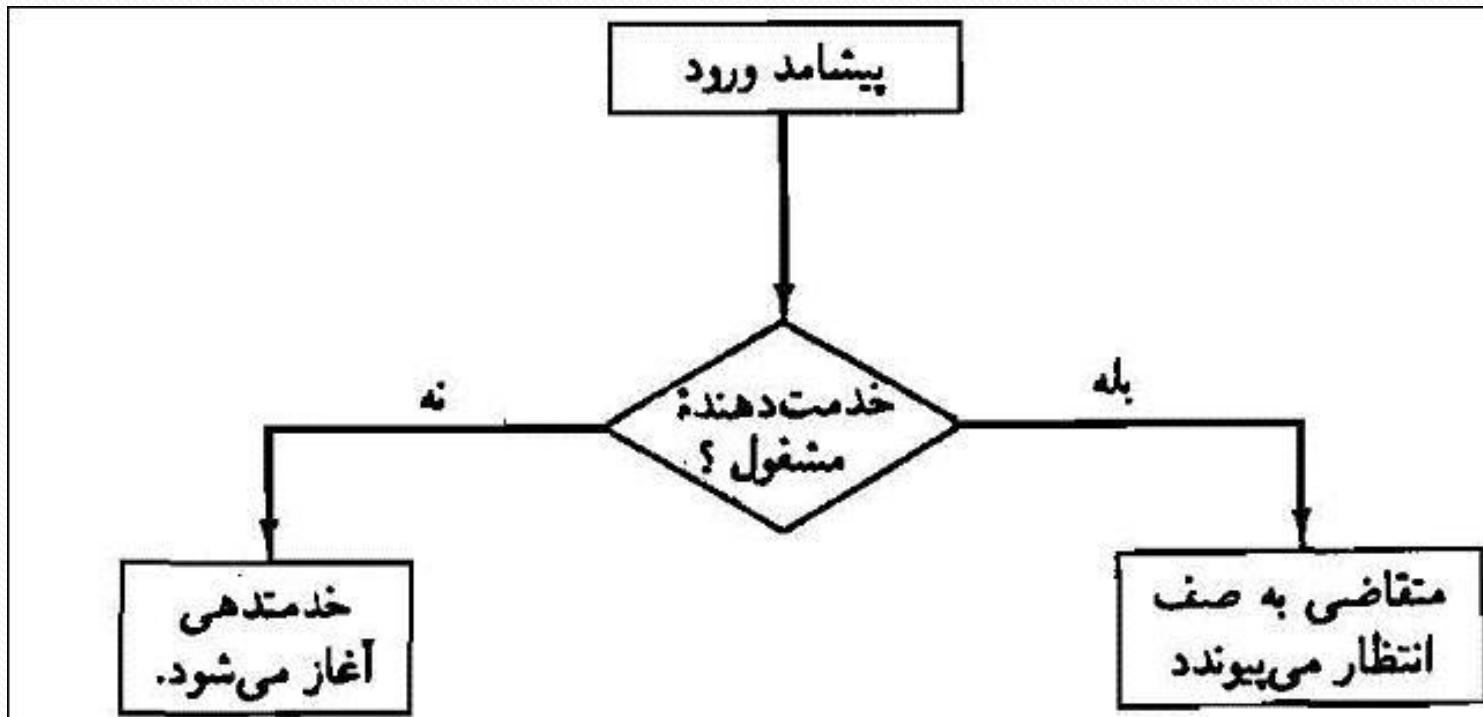
# مفاهیم صفحه

- **حالت سیستم** : تعداد حاضران در سیستم ، وضعیت خدمت دهنده (مشغول یا بیکار)
- **پیشامد** : شرایطی که موجب تغییری لحظه‌ای 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



# عملیات هنگام ورود یک متقاضی

		وضعیت صفت	
		غیر خالی	خالی
وضعیت خدمت دهنده	مشغول	ورود به صفت	ورود به صف
	بیکار	غیر ممکن	شروع خدمت دهنده

وضعیت خدمت دهنده پس از تکمیل خدمت دهنده

		وضعیت صفت	
		غیر خالی	خالی
وضعیت خدمت دهنده	مشغول	ناممکن	ناممکن
	بیکار	ناممکن	ناممکن

- اگر صف خالی نباشد، متقاضی دیگری به خدمت دهنده می‌رسد و خدمت دهنده مشغول می‌ماند. اگر صف خالی باشد، پس از کامل کردن خدمتهای خدمت دهنده بیکار خواهد شد.(قسمت هاشور خورده).
- با کامل شدن هر خدمتهایی، اگر صف خالی باشد، امکان ندارد که خدمت دهنده مشغول بماند. همچنین پس از کامل شدن خدمتهایی ، اگر صف خالی نباشد، امکان ندارد که خدمت دهنده بیکار بماند.

# شبیه سازی کامپیو تری

جلسه سوم  
ادامه مثالهایی از شبیه سازی

مهندس روح الله رحمانیان

Rahmanian@jia.ac.ir

# مثال صفحه تک مجرایی

فرض کنید مدت ورود دو مشتری متوالی به صفحی 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

تخصیص ارقام تصادفی	احتمال تجمعی	احتمال	مدت خدمت‌دهی
۰۱-۱۰	۰.۱	۰.۱	۱
۱۱-۳۰	۰.۳	۰.۲	۲
۳۱-۶۰	۰.۶	۰.۳	۳
۶۱-۸۵	۰.۸۵	۰.۲۵	۴
۸۶-۹۵	۰.۹۵	۰.۱	۵
۹۶-۰۰	۱	۰.۰۵	۶

تخصیص ارقام تصادفی	احتمال تجمعی	احتمال	مدت بین ورود
۰۰۱-۱۲۵	۰.۱۲۵	۰.۱۲۵	۱
۱۲۶-۲۵۰	۰.۲۵۰	۰.۱۲۵	۲
۲۵۱-۳۷۵	۰.۳۷۵	۰.۱۲۵	۳
۳۷۶-۵۰۰	۰.۵۰۰	۰.۱۲۵	۴
۵۰۱-۶۲۵	۰.۶۲۵	۰.۱۲۵	۵
۶۲۶-۷۵۰	۰.۷۵۰	۰.۱۲۵	۶
۷۵۱-۸۷۵	۰.۸۷۵	۰.۱۲۵	۷
۸۷۶-۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۱۲۵	۸

## پیش بینی وضعیت سیستم

مدت سپری مشتری شده از زمان ورود	زمان شروع مشتری در زمان پایان	مدت خدمتدهی خدمت سیستم	صف خدمت سیستم	مدت ماندن آخرین ورود	مدت ماندن مشتری در خدمتدهی	مدت ماندن بیکاری
(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)	(دقیقه)
۰	۴	۴	۰	۰	۴	۰
۴	۱	۹	۰	۸	۱	۸
۵	۴	۱۸	۰	۱۴	۴	۱۲
۰	۶	۲۱	۳	۱۸	۳	۱۵
۲	۲	۲۵	۰	۲۳	۲	۲۳
۱	۴	۳۰	۰	۲۶	۴	۲۶
۴	۵	۳۹	۰	۳۴	۵	۳۴
۲	۴	۴۵	۰	۴۱	۴	۴۱
۰	۷	۵۰	۲	۴۵	۵	۴۳
۰	۷	۵۳	۴	۵۰	۳	۴۶
۰	۹	۵۶	۶	۵۳	۳	۴۷
۰	۱۳	۶۱	۸	۵۶	۵	۴۸
۰	۱۲	۶۵	۸	۶۱	۴	۵۳
۰	۷	۶۶	۶	۶۰	۱	۵۹
۰	۹	۷۱	۴	۶۶	۵	۶۲
۰	۵	۷۵	۱	۷۱	۴	۷۰
۰	۷	۷۸	۴	۷۵	۳	۷۱
۰	۸	۸۱	۵	۷۸	۳	۷۳
۰	۶	۸۳	۴	۸۱	۲	۷۷
۰	۴	۸۶	۱	۸۳	۳	۸۲
۱۸	۱۲۴	۵۶	۶۸			۲۰

## برخی از یافته های شبیه سازی مثال

$$2.8 = \frac{\text{مجموع مدت انتظار مشتریان در صفحه}}{\text{مجموع تعداد مشتریان}}$$

• متوسط مدت انتظار(دقیقه) =

$$= \frac{\text{تعداد مشتریانی که در انتظار می مانند}}{\text{مجموع تعداد مشتریان}}$$
$$= 65\% \text{ احتمال انتظار}$$
$$\therefore 65\% \text{ احتمال مجبور شدن هر مشتری به انتظار} =$$
$$=.21 = \frac{\text{مجموع مدت بیکاری خدمت دهنده}}{\text{مجموع مدت اجرای شبیه سازی}}$$
$$=.21 \text{ احتمال بیکاری خدمت دهنده}$$

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

• متوسط مدت خدمت دهی

• و محاسبات دیگر در کتاب آمده است

# صف با دو خدمت دهنده

یک رستوران را با دو تحویل (هایل و خباز) دهنده غذا به مشتریان در نظر بگیرید. هنگام ورود سفارش جدید به رستوران هر خدمت دهنده که بیکار باشد کار را انجام می‌دهد و در زمانی که هر دو بیکارند هایل به دلیل تجربه بیشتر در این امر سفارش دهی به مشتریان را به عهده می‌گیرد. 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 خدمت دهی خباز

مدت خدمت دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۳	۰.۳۵	۰.۳۵	۰.۱-۳۵
۴	۰.۲۵	۰.۶	۳۶-۶۰
۵	۰.۲	۰.۸	۶۱-۸۰
۶	۰.۲	۱	۸۱-۱۰۰

توزیع مدت‌های بین سفارش مشتریان

مدت بین دو سفارش	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۱-۲۵
۲	۰.۴	۰.۶۵	۲۶-۶۵
۳	۰.۲	۰.۸۵	۶۶-۸۵
۴	۰.۱۵	۱	۸۶-۱۰۰

توزیع خدمت دهی هایل

مدت خدمت دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۲	۰.۳	۰.۳	۰.۱-۳۰
۳	۰.۲۸	۰.۵۸	۳۱-۵۸
۴	۰.۲۵	۰.۸۳	۵۹-۸۳
۵	۰.۱۷	۱	۸۴-۱۰۰

# خلاصه نتایج شبیه‌سازی مسئله رستوران

مشتری	ارقام مدت‌های زمانهای تصادفی بین دو ورود ورود ورود برحسب ساعت شبیه‌سازی	ارقام مدت‌های زمانهای تصادفی خدمتهای شروع خدمتهای پایان شروع خدمتهای پایان خدمت خدمت خدمت خدمت خدمت	هایل			خبراز			مدت انتظار در صفت
			زمانهای مدت‌های زمانهای						
.	.	۹۵	۰	۰	۵	۵	۰	-	۱
.	.	۲۱	-	-	۳	۳	۲	۲۶	۲
.	.	۵۱	۶	۴	۳	۶	۴	۹۸	۳
.	.	۹۲	۱۰	۴	۵	۱۰	۴	۹۰	۴
.	.	۸۹	۱۲	۲	۱۰	۱۵	۳	۲۶	۵
۱	.	۳۸	۱۴	۲	۲	۱۸	۲	۴۲	۶
۱	.	۱۳	۱۷	۳	۲	۲۰	۳	۷۴	۷
.	.	۶۱	۲۰	۳	۲	۲۴	۳	۸۰	۸
.	.	۵۰	۲۳	۳	۳	۲۷	۳	۶۸	۹
.	.	۴۹	۲۴	۱	۱	۲۰	۲	۲۲	۱۰
۱	.	۳۹	۲۶	۲	۲	۲۷	۲	۴۸	۱۱
۰	.	۵۳	۲۸	۲	۲	۳۰	۲	۳۴	۱۲
۰	.	۸۸	۳۰	۲	۲	۳۰	۲	۴۵	۱۳
۱	۳۵	۰۱	۳۱	۱	۱	۳۱	۱	۲۴	۱۴
۲	۳۹	۸۱	۳۳	۲	۲	۳۳	۲	۳۴	۱۵
۰	۴۳	۵۳	۳۵	۲	۲	۳۵	۲	۶۳	۱۶
۲	۴۳	۸۱	۳۷	۲	۲	۳۷	۲	۳۸	۱۷
۰	۴۵	۶۴	۴۰	۳	۳	۴۰	۳	۸۰	۱۸
۱	۴۵	۰۱	۴۲	۲	۲	۴۲	۲	۴۲	۱۹
۱	۴۹	۶۷	۴۴	۲	۲	۴۴	۲	۵۶	۲۰
۰	۵۱	۰۱	۴۸	۴	۴	۴۸	۴	۸۱	۲۱
۰	۵۲	۴۷	۴۹	۱	۱	۴۹	۱	۱۸	۲۲
۰	۵۶	۷۵	۵۱	۲	۲	۵۱	۲	۵۱	۲۳
۰	۵۷	۰۷	۵۷	۳	۳	۵۷	۳	۷۱	۲۴
۱	۶۲	۰۷	۰۵	۱	۱	۰۵	۱	۱۶	۲۵
۰	۶۲	۴۷	۴۷	۴	۴	۴۷	۴	۹۲	۲۶
۱۱	۴۳	۵۶	۵۶	۰۹	۰۹	۰۹	۰۹	۹۲	

## آمار حاصله از شبیه‌سازی

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

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

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

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

## مسئله پسر ک روزنامه فروش

- فردی تعدادی روزنامه برای فروش در یک دوره می‌خرد. نکته قابل توجه در این مساله این است که روزنامه فروش در انتهای دوره روزنامه‌های باقیمانده را با 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	۸۱-۱۰۰

توزیع روزنامه‌های مورد تقاضا

توزيع 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 مسئله روزنامه فروش

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

$$۲۰ * ۶۰ - ۱۳ * ۷۰ - ۰ + ۲ * ۱ = \text{سود}$$

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

## 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 می‌گردد 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 شبیه‌سازی بررسی نمایید.

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

مهلت تحویل	احتمال	احتمال	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

ارقام تصادفی روزهای مانده			موجودی در ارقام موجودی			دور روز ابتدای تصادفی تقاضا در مقدار مقدار برای تا			انتهای روز کمبود سفارش مهلت تحويل ورود سفارش		
۱	-	-	۰	۲	۱	۲۴	۳	۱	۱		
۰	-	-	۰	۱	۱	۳۵	۲	۲	۲		
-	-	-	۰	۷	۲	۶۵	۹	۳			
-	-	-	۰	۴	۳	۸۱	۷	۴			
۱	۵	۹	۰	۲	۲	۵۴	۴	۵			
۰	-	-	۰	۲	۰	۰۳	۲	۱	۲		
-	-	-	۰	۸	۳	۸۷	۱۱	۲			
-	-	-	۰	۷	۱	۲۷	۸	۳			
-	-	-	۰	۴	۳	۷۳	۷	۴			
۳	۰	۹	۰	۲	۲	۷۰	۴	۵			
۲	-	-	۰	۰	۲	۴۷	۲	۱	۳		
۱	-	-	۰	۰	۲	۴۵	۰	۲			
۰	-	-	۴	۰	۲	۴۸	۰	۳			
-	-	-	۰	۴	۱	۱۷	۹	۴			
۱	۳	۷	۰	۴	۰	۰۹	۴	۵			
۰	-	-	۰	۲	۲	۴۲	۴	۱	۴		
-	-	-	۰	۶	۳	۸۷	۹	۲			
-	-	-	۰	۵	۱	۲۶	۶	۳			
-	-	-	۰	۳	۲	۳۶	۵	۴			
۱	۴	۱۰	۰	۱	۲	۴۰	۳	۵			
۰	-	-	۰	۱	۰	۰۷	۱	۱	۰		
-	-	-	۰	۹	۲	۶۳	۱۱	۲			
-	-	-	۰	۸	۱	۱۹	۹	۳			
-	-	-	۰	۵	۳	۸۸	۸	۴			
۲	۸	۱۰	۰	۱	۴	۹۴	۵	۵			
					۸۷						

متوجهی موجودی در انتهای روز

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

احتمال رخداد کمبود

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

روز

# مسئله پایابی

یک ماشین فرز بزرگ، سه برینگ مختلف دارد که در جریان کار دچار خرابی می‌شوند، با خرابی برینگ فرز از کار افتاده و تعمیر کار برای نصب برینگ تازه احضار می‌شود، مدت عمر هر برینگ و مدت تأخیر تعمیر کار در ورود به محل برای تعمیر برینگ‌ها متغیرهای تصادفی به شرح زیر می‌باشند:

عمر برینگ	احتمال احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی	عمر برینگ	احتمال احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۰-۱۰	۰.۱	۰.۱	۱۰۰	۰.۱	۱۰۰
۱۱-۲۳	۰.۲۳	۰.۱۳	۱۱۰۰	۰.۱۳	۱۱۰۰
۲۴-۴۸	۰.۴۸	۰.۲۵	۱۲۰۰	۰.۲۵	۱۲۰۰
۴۹-۶۱	۰.۶۱	۰.۱۳	۱۳۰۰	۰.۱۳	۱۳۰۰
۶۲-۷۰	۰.۷	۰.۰۹	۱۴۰۰	۰.۰۹	۱۴۰۰
۷۱-۸۲	۰.۸۲	۰.۱۲	۱۵۰۰	۰.۱۲	۱۵۰۰
۸۳-۸۴	۰.۸۴	۰.۰۲	۱۶۰۰	۰.۰۲	۱۶۰۰
۸۵-۹۰	۰.۹	۰.۰۶	۱۷۰۰	۰.۰۶	۱۷۰۰
۹۱-۹۵	۰.۹۵	۰.۰۵	۱۸۰۰	۰.۰۵	۱۸۰۰
۹۶-۱۰۰	۱	۰.۰۵	۱۹۰۰	۰.۰۵	۱۹۰۰

# 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					
ارقام تأخیر تصادفي (دقیقه)	عمر تصادفي (ساعت)	عمر تجمعی تصادفي (ساعت)	ارقام تصادفي (ساعت)	تأخیر تصادفي (دقیقه)	ارقام تأخير تصادفي (دقیقه)	عمر تصادفي (ساعت)	عمر تجمعی تصادفي (ساعت)	ارقام تصادفي (ساعت)	تأخیر تصادفي (دقیقه)	ارقام تأخير تصادفي (دقیقه)	عمر تصادفي (ساعت)	عمر تجمعی تصادفي (ساعت)	ارقام تصادفي (ساعت)	تأخیر تصادفي (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	۱۵۰۰۰	۱۲۰۰	۳۶	۱۰	۰	۱۵۱۰۰	۱۳۰۰	۴۸	۱۰	۷	۱۳۶۰۰	۱۰۰۰	۷۷	۱۱
۵	۲	۱۶۷۰۰	۱۲۰۰	۴۴	۱۰	۸	۱۶۱۰۰	۱۰۰۰	۰۹	۵	۰	۱۴۹۰۰	۱۳۰۰	۰۹	۱۲
۵	۱	۱۸۵۰۰	۱۸۰۰	۹۴	۵	۱	۱۷۳۰۰	۱۲۰۰	۴۴	۵	۰	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	۱۰	۱۵
۹۰					۵	۰	۲۱۰۰۰	۱۳۰۰	۰۲	۵	۴	۲۰۵۰۰	۱۰۰۰	۷۰	۱۶
					۱۲۰					۱۱۰					

# هزینه‌ها در وضعیت فعلی

هزینه برینگ ها  $= ۷۳۶ = ۱۶ * ۴۶$

هزینه مدت تأخیر  $= ۱۶۵ = ۵ * (۹۵ + ۱۲۵ + ۱۱۰)$

هزینه مدت از کارافتادگی حین تعمیر  $= ۴۶۰۰ = ۵ * ۲۰ * ۴۶$

هزینه تعمیر کار  $= ۱۸۴ = (۶۰ / ۱۲) * ۲۰ * ۴۶$

هزینه کل  $= ۷۱۷ = ۷۳۶ + ۱۶۵۰ + ۴۶۰۰ + ۱۸۴$

## پیشنهاد

تعویض  
هر سه  
برینگ  
در  
صورت  
رخداد  
یک  
خرابی

تاریخ ثبت	ردیف	نام و نام خانوادگی	جنسیت	عمر	جنسیت اولین	جنسیت دوم	جنسیت سوم	جنسیت تصادفی	جنسیت خرابی	زمانیت	زمانیت	زمانیت	زمانیت	زمانیت	زمانیت
(دقیقه)	(ردیف)	(نام و نام خانوادگی)	(جنسیت)	(عمر)	(جنسیت اولین)	(جنسیت دوم)	(جنسیت سوم)	(جنسیت تصادفی)	(جنسیت خرابی)	(زمانیت)	(زمانیت)	(زمانیت)	(زمانیت)	(زمانیت)	(زمانیت)
۵	۳	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۱۰	۷	۲۴۰۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۵	۵	۳۷۰۰	۱۳۰۰	۱۴۰۰	۱۷۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰
۵	۱	۵۳۰۰	۱۶۰۰	۱۹۰۰	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰
۵	۴	۶۵۰۰	۱۲۰۰	۱۴۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰
۵	۳	۷۷۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰
۱۰	۷	۸۷۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰
۱۰	۸	۱۰۰۰۰	۱۳۰۰	۱۷۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰
۱۰	۸	۱۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰
۵	۳	۱۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۵	۲	۱۳۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰
۵	۴	۱۴۲۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰
۵	۱	۱۵۳۰۰	۱۱۰۰	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰
۵	۶	۱۶۵۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰
۵	۲	۱۷۷۰۰	۱۲۰۰	(۶۳) ۱۴۰۰	(۶۳) ۱۴۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰
۱۰	۷	۱۸۸۰۰	۱۱۰۰	(۲۱) ۱۱۰۰	(۲۱) ۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰
۱۵	۰	۱۹۹۰۰	۱۱۰۰	(۲۲) ۱۱۰۰	(۲۲) ۱۱۰۰	(۵۳) ۱۳۰۰	(۵۳) ۱۳۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰	(۸۵) ۱۷۰۰
۵	۵	۲۰۹۰۰	۱۰۰۰	(۵۱) ۱۳۰۰	(۲۹) ۱۲۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰	(۰۵) ۱۰۰۰
		۱۲۵													

# هزینه‌ها در وضعیت پیشنهادی

هزینه برينگها =  $16 * 54 = 864$

هزینه تأخیر =  $5 * 125 = 625$

هزینه مدت از کارافتادگی =  $5 * 40 * 18 = 3600$

هزینه تعمیر کار =  $(60 / 12) * 40 * 18 = 144$

هزینه کل =  $864 + 625 + 3600 + 144 = 5233$

## نتیجه گیری از مثال‌ها

هر شبیه‌سازی گستته پیشامد، مدل‌سازی طی زمان از سیستمی است که تمام تغییر حالت‌های آن در لحظه‌های گستته زمان، یعنی در لحظه‌های وقوع پیشامدها رخ می‌دهد. در حقیقت شبیه‌سازی پیشامد با ایجاد توالی از تصاویر پیش می‌رود که معرف تکوین سیستم طی زمان است.

# اعداد تصادفی

- در شبیه سازی نیازمند روش‌هایی برای به کارگیری تغییرات تصادفی از طریق تولید برنامه‌های رایانه‌ای هستیم.
- به منظور تولید مقادیر تصادفی نیازمند داشتن روش و برنامه رایانه‌ای هستیم تا **دنباله‌ای 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  $n^2$  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 برای ارقام

$$X_i = 6500 \Rightarrow$$

میانی منجر به فروپاشی

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

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

الگوریتم می شود.

## • روش میان ضربی

• با  $n$  رقم 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:

$$X_0 = 2938, X_1 = 7229 \Rightarrow$$

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

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

## 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.

$$K = 3987 \quad X_0 = 7223 \quad \text{مثال}$$

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

$$X_1 = 7981 \quad R_1 = 0.7981$$

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

$$X_2 = 8202 \quad R_2 = 0.8202$$

## • روش همنهشتی جمیع

- دنباله  $n$  تایی مانند  $X_1, X_2, \dots, X_n$  را می‌گیرد و بقیه دنباله را تولید می‌کند
- اساس تولید مقدار رابطه زیر است:  $X_i \equiv (X_{i-1} + X_{i-n}) \text{ mod } m, i = n+1, n+2, \dots$
- سرعت تولید بسیار بالاست
- مثال:  $n=5$  و  $m=100$  و  $X_1, X_2, \dots, X_5$  به ترتیب  $75, 34, 92, 91, 16$

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

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

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

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

...

## • مولدهای همنهشتی خطی

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

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

•  $X_0$ : مقدار اولیه هسته

•  $a$ : ضریب ثابت مولد

•  $c$ : مقدار ثابت مولد

•  $m$ : مقدار پیمانه

• 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 همنهشتی آمیخته می‌نامند و در صورتی که  $c$  برابر صفر باشد مولد همنهشت ضربی نامیده می‌شود.

• مثال مولد های همنهشتی خطی

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

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

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

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

• 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 دهد.
- **Resources**: منابعی که نهادها آنها را اشغال می کنند و به مصرف می رسانند.

# اجزای یک مدل شبیه سازی (ادامه)

- **Queue** (صف): جاییست که نهادها برای آزاد شدن یک منبع و اشغال آن منتظر می مانند.
- متغیر های نظارتی که در پایان برای **Statistical accumulators** 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

# معرفی نرم افزار Arena

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

# آشنایی با پنجره Arena

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

# پنجره مدل

- پنجره مدل (معمولاً 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 پائین برد.
- برای پنهان کردن و فعال کردن قسمت صفحه گستر: **View/Split Screen**

# 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 می‌گیرند.
- در هر لحظه یک پانل نشان داده می‌شود.
- از طریق دکمه‌های افقی به پانل‌های مختلفی سوئیچ می‌شود.

# ماژول ها (Modules)

- بلوکهای اصلی سازنده مدلهای Arena هستند.
- دو نوع اصلی آن عبارتند از:
- ماژول های فلوچارت (*Flowchart Modules*)
- ماژول های داده (*Data Modules*)

# ماژول های فلوچارت (Flowchart Modules)

- برای افزودن ماژول فلوچارت (Flowchart Modules) به مدلтан، آن را از نوار پروژه (Project Bar) به قسمت فلوچارت بکشید.
- شما می توانید نمونه های زیادی از یک نوع ماژول فلوچارت در مدلтан داشته باشید.
- ماژولهای توصیف کننده فرآیندهای پویا
- نقاط/مکان هایی که موجودیت ها در بین آن ها حرکت می کنند.
- نوعاً به یکدیگر متصل و مربوط هستند.

# انواع مازولهای فلوچارت پانل Basic Process

Record ، Assign ، Separate ، Batch ، Decide ، Process ، Dispose ، Create •

• پانلهای دیگر انواع بسیاری از مازولها را دارند.

• شکل مازولها شبیه به اشکال فلوچارت‌ها هستند (همچنین استفاده از رنگ‌ها برای نشانه گذاری)

۲ روش برای ویرایش کردن :

• برای دسترسی به آن ۲ بار کلیک کنید، سپس پنجره مکالمه (Dialog) را پر کنید.

• انتخاب یک نوع مازول در مدل یا در نوار پروژه (یک بار کلیک)، دیدن تمام مازول‌ها از همان نوع در قسمت صفحه گستر و سپس ویرایش کردن آن

# ماژول های داده (Data Modules)

- تعیین مقادیر، شرایط و ... برای کل مدل
- انواع ماژول‌های داده در پانل Basic Process عبارتند از:  
Set، Schedule، Variable، Resource، Queue، Entity
- پانل‌های دیگر حاوی دیگر ماژول‌ها داده‌ای می‌باشند.
- آیکون ماژول‌های داده در نوار پروژه شبیه یک صفحه گسترها کوچک شده است.
- پرای استفاده از ماژول داده، آن را در نوار پروژه انتخاب کنید. (یک کلیک) و در فسمت صفحه گستر ویرایش کنید.
- کلیک راست کردن روی سطرها و ستون‌ها به منظور انجام کارهای مختلف
- فقط یک نمونه از هر نوع ماژول داده در یک مدل وجود دارد اما هر یک می‌تواند ورودی زیادی داشته باشد. (ردیف‌ها)

# کار با Arena

- برای استفاده از ماثول 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 ماثول 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 ماثول (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 ورودی‌ها
- تعیین زمان ورودی‌های متوالی
- نوع - Type - پایین آوردن لیست با گزینه‌های متعدد، متغیری تصادفی از توزیع نمایی می‌باشد.

- مقدار - Value - بستگی به Type دارد، مثلاً برای Random باید میانگین (mean) (Expo) آن وارد شود.
- واحد‌ها - Units - از واحد‌های زمانی استفاده می‌شود.

# ماژول فلوچارت Create

- تعداد موجودیت ها در هر ورود **Entities per arrival**
- حداقل 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.
- در این قسمت نام سرویس را انتخاب می کنیم. : Name : Type
- در قسمت type نوع تصمیم گیری مشخص می شود که می تواند یکی از ۴ مورد زیر باشد:
  - ۲ انتخاب با احتمال مشخص اتفاق می افتد. : 2-way by chance
  - ۲ انتخاب بر حسب برقرار بودن یک عبارت شرطی اتفاق می افتد. : 2-way by condition
  - n انتخاب با احتمال مشخص اتفاق می افتد. : N-way by chance
  - n انتخاب بر حسب برقرار بودن عبارات شرطی اتفاق می افتد. : N-way by condition

# ماژول فلوچارت 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 درصد کل باقی مانده تعریف می شود.

# ماژول فلوچارت Process

- دستگاه را نمایش می دهد که شامل منبع، صف و زمان تأخیر 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 انتهای اجرای مدل را انتخاب کنید.

# ماژول فلوچارت 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 صفي 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 خواهد شد.
- زمان تأخیر پا پردازش - انتخاب توزیع های احتمالی (نرمال، مثلثی و یکنواخت)، عبارت های ثابت و یا عمومی
- Units - استفاده از واحد های زمانی برای زمان تأخیر
- Allocation - چگونه می توان تأخیر را در هزینه محاسبه کرد؟

# ماژول فلوچارت 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 فلوچارت 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 مازول های فلوچارت

- جریان حرکت موجودیت ها را روی مازول های فلوچارت نشان می دهد.
- برای ایجاد ارتباط روی دکمه **Connect** کلیک کنید.
- روی دکمه **Object/Connect** کلیک کنید که مکان نما به حالت بعلاوه تغییر میکند.
- روی محل خروج مازول اصلی کلیک کنید و سپس روی محل ورود در مازل مقصد.
- دکمه های منوی **Object** - **Auto-Connect** - بطور خودکار مازول جدید وارد شده را به محل خروج مازول انتخاب شده متصل می کند.
- **Smart Connect** - اتصالات را به صورت خطوط افقی/عمودی درمیاورد.
- می توان روی **Connection** موجود کلیک کرده و آن را **Smart** ساخت.
- **Animate Connectors**: موجودیت هایی را که درین اتصالات جابجا می شوند را نشان می دهد. (زمان صفر برای جمع اوری 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

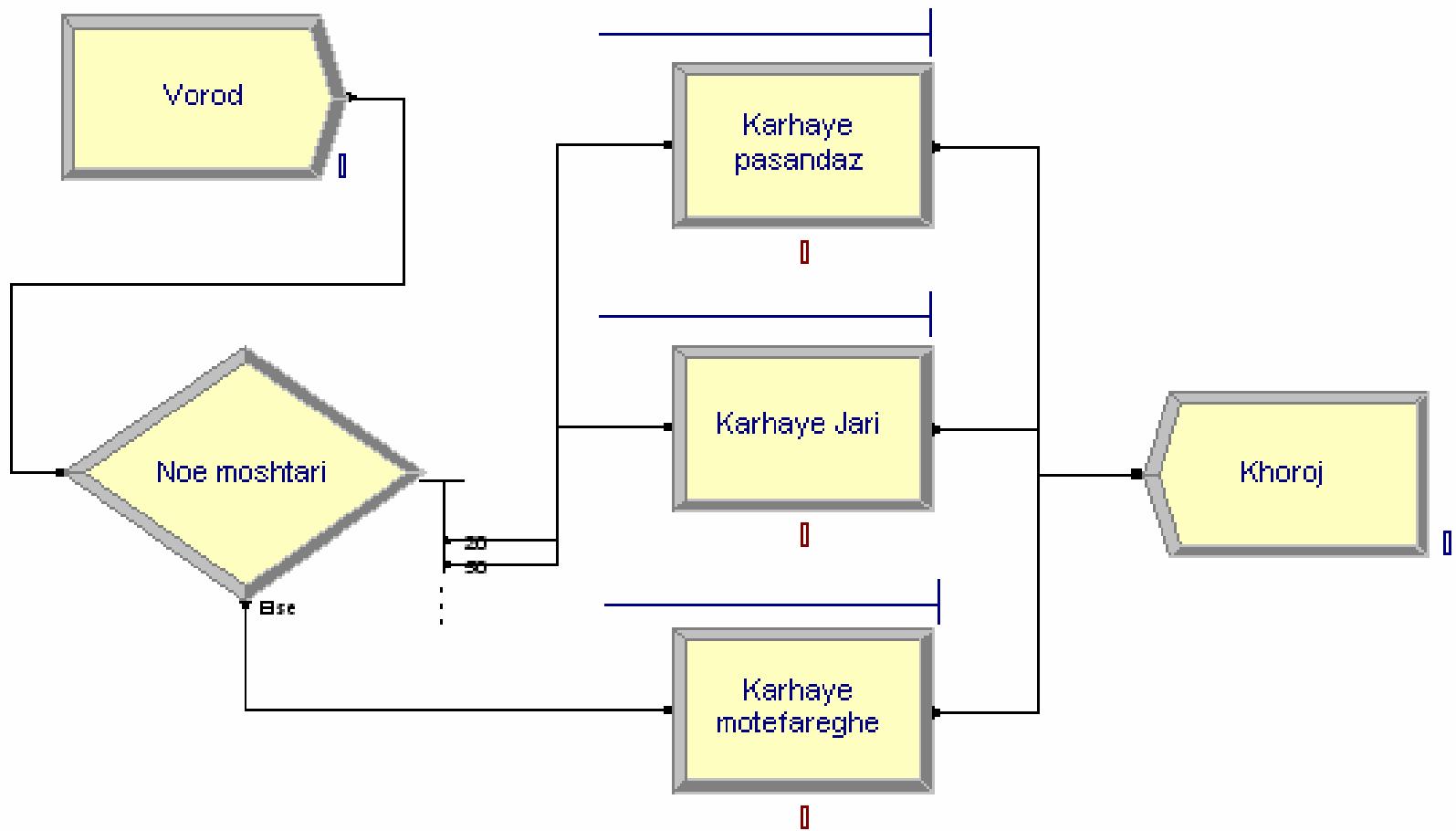
مشتریان بانکی با توزیع نمایی ۴ دقیقه وارد بانک می شوند  
این بانک سه باجه دارد که هر کدام کار خصی را انجام می دهند و درصد تقسیم مشتریان بین باجه ها بدین صورت است:

٪ ۲۰ کار پس انداز  
٪ ۵۰ کار جاری  
بقیه متفرقه

مدت زمان سرویس هر کار توسط باجه دارها بدین صورت است

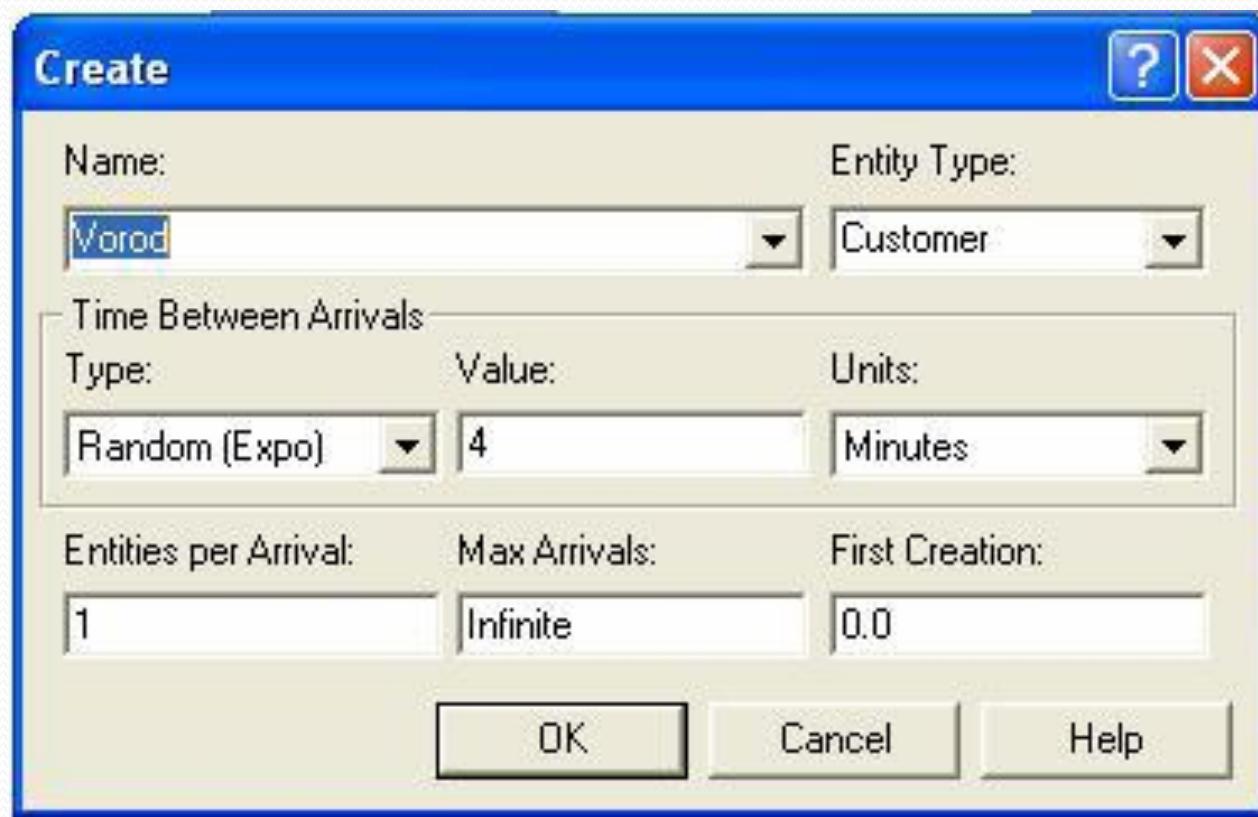
- پس انداز با توزیع مثلثی ۱، ۲، ۳ دقیقه انجام می شود . Triangular(1,2,3)
- کارهای جاری با توزیع مثلثی ۴،۵،۶ دقیقه انجام می شود. Triangular(3,4,5)
- کارهای متفرقه با توزیع نمایی ۳ دقیقه انجام می شود . Exponential(3)

# شیه سازی با Arena

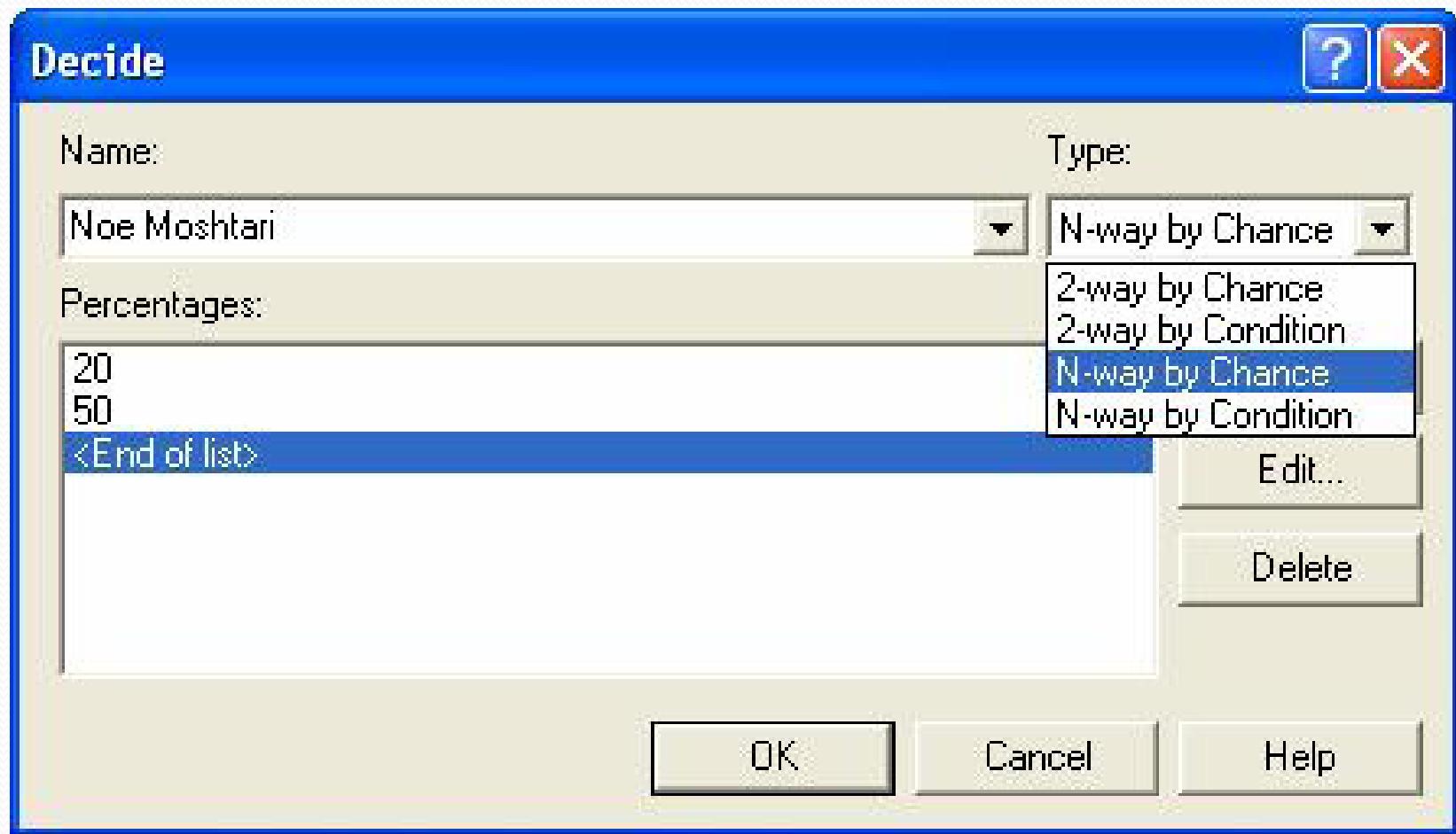


# Creat مازول

مشتریان بانکی با توزیع نمایی ۴ دقیقه وارد بانک می شوند



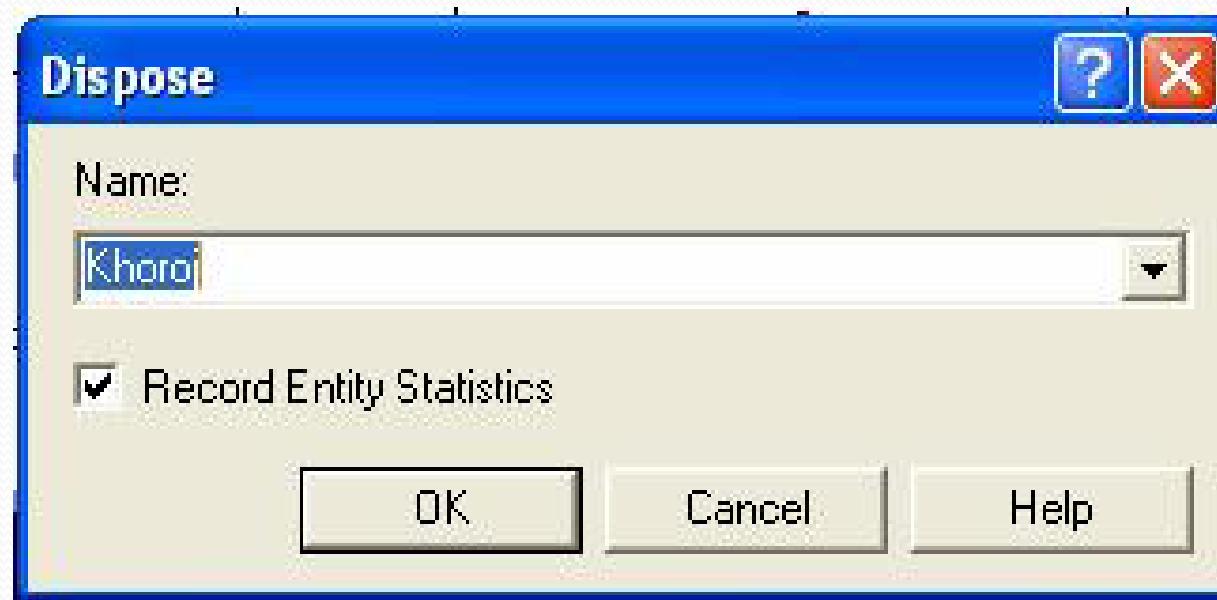
# تنظیمات مازول Decide



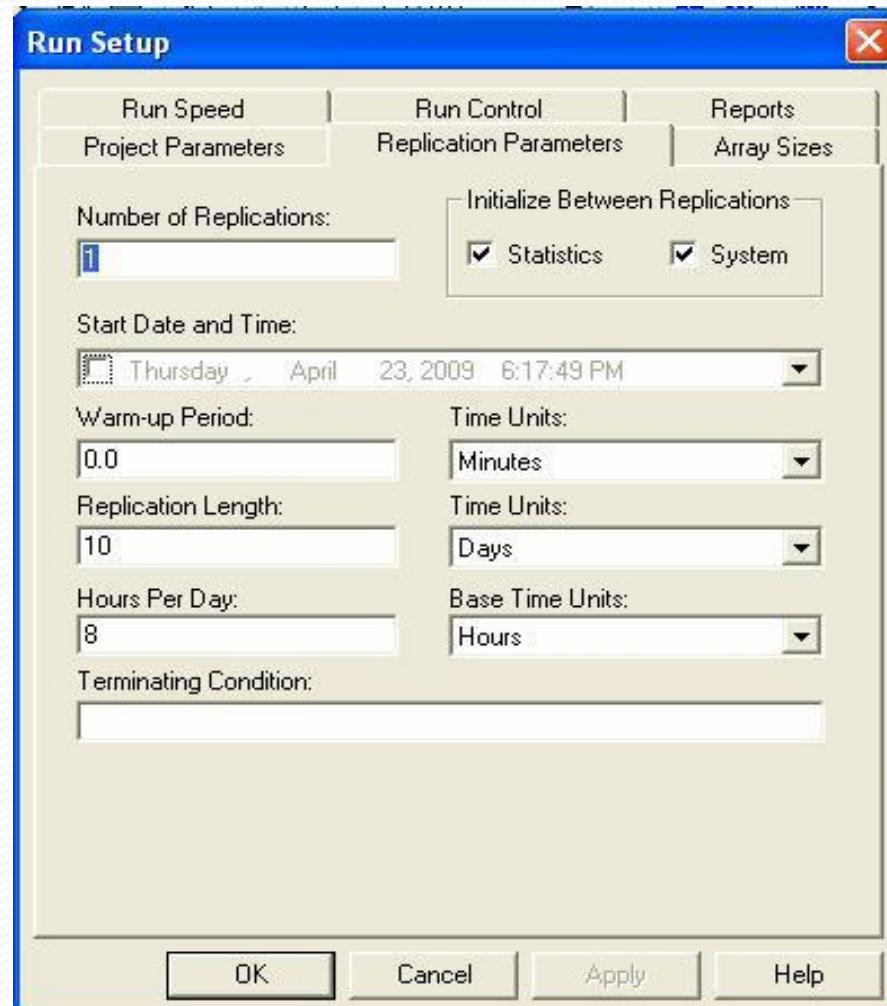
# ماژول Process

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	15	EXPO(3)	<input checked="" type="checkbox"/>	

# Dispose مازول



# تنظیم کردن شرایط اجرا



از منوی Run گزینه setup

# 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 فیلد های اطلاعاتی را انتخاب می کنید، فهرست های pull-down می شوند.
- یک Check Box در انتهای این امکان را می دهد تا تهیه Report 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

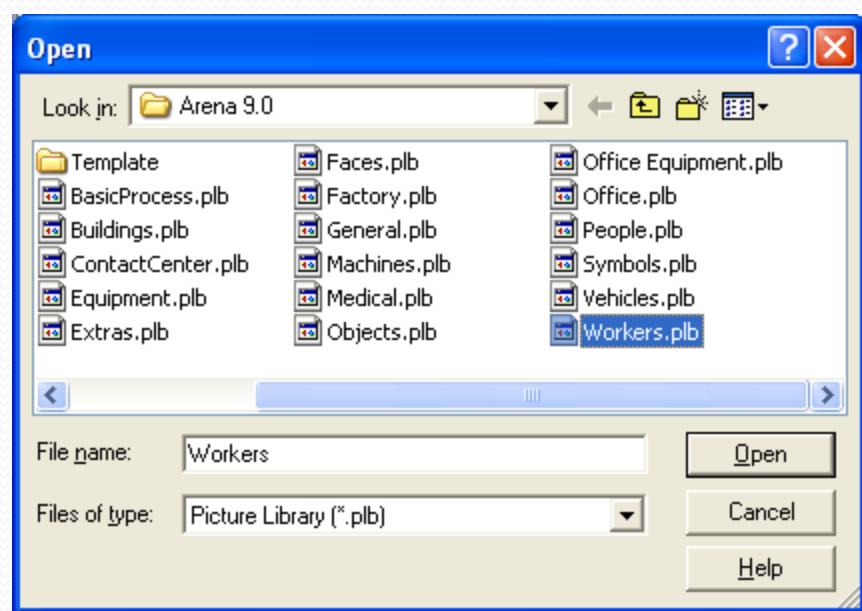
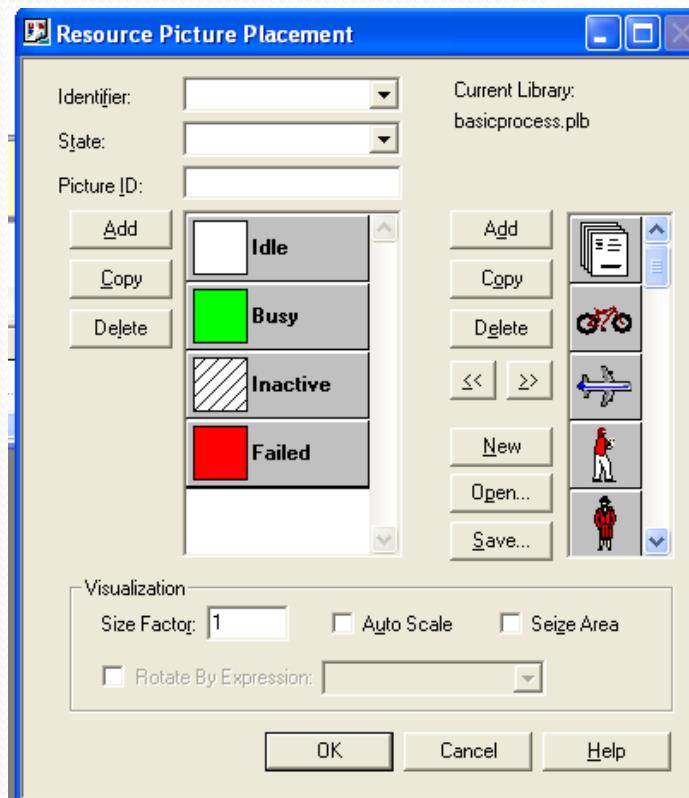
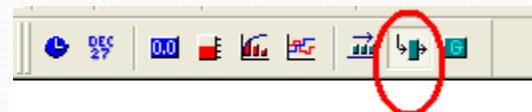
# ماژول داده ای Queue

- مشخص کردن جنبه های مختلف صفات در مدل
- نوع - Type - نظم و ترتیب صفات (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 صفات برای منابع مختلف مورد استفاده قرار گیرد.
- گزارش آماری - Report Statistics: مشخص می کند گزارشگیری در مورد صفات انجام شود یا خیر (طول صفات و زمان در صفات بودن به)

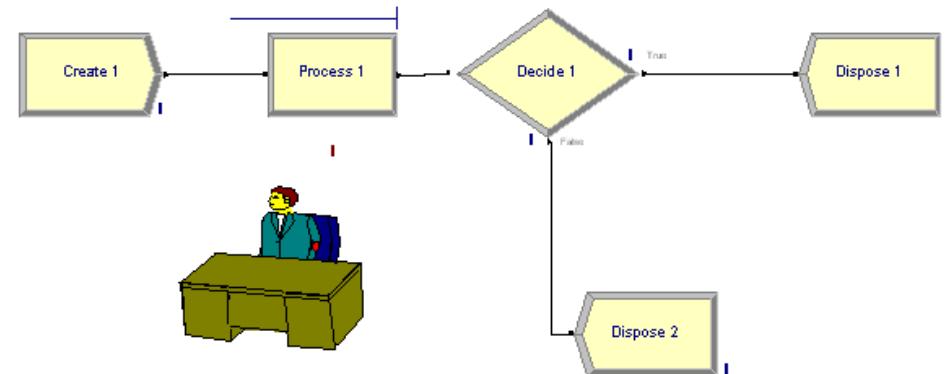
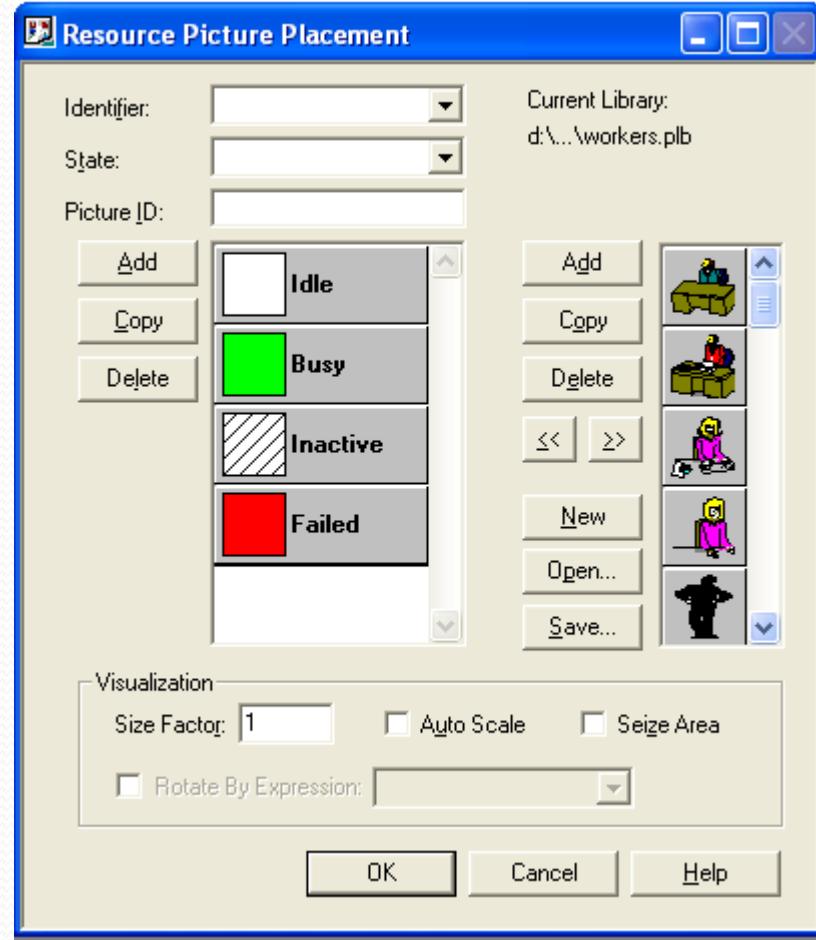
# اضافه کردن اینیمیشن به فلوچارت

- در این قسمت اینیمیشنی 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 Identifier را انتخاب میکنیم روی Open کلیک کرده در کادر بازشده به پوشه ارنا رفته ، روی Workers.plb و سپس روی Idle کلیک میکنیم. سپس روی Busy، آیکن فرد بیکار کلیک کرده دکمه >> کلیک میکنیم. روی دکمه >> نیز به ترتیب کلیک میکنیم.

# اضافه کردن اینیمیشن به فلوچارت



# اضافه کردن اینیمیشن به فلوچارت



# اضافه کردن نمودار به فلوچارت

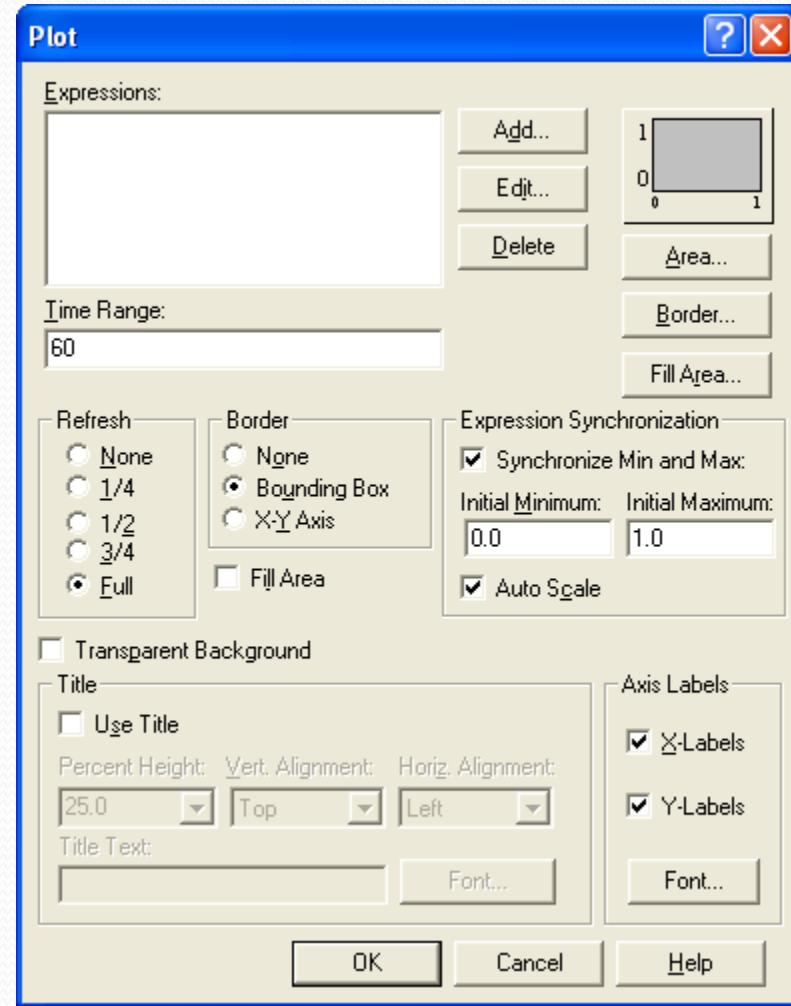
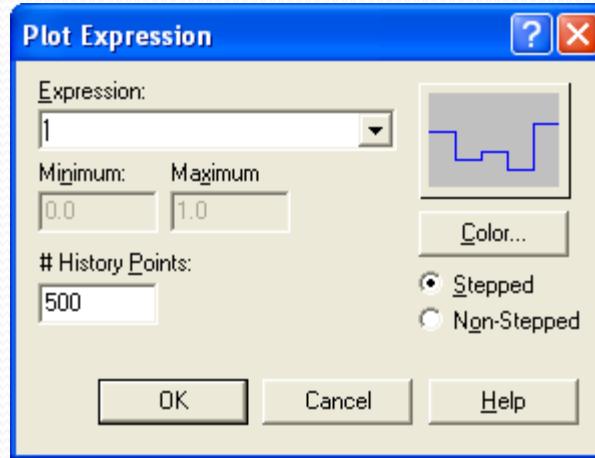
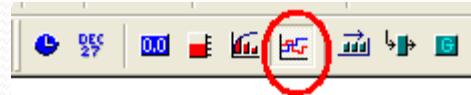
- در نوار ابزار Aimate روی دکمه Plot کلیک میکنیم برای افزودن متغیر نمودار دکمه Add را کلیک میکنیم. در کادر ظاهر شده در قسمت Build Expression کلیک راست نموده و گزینه Expression انتخاب میکنیم.

- 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 فلوچارت

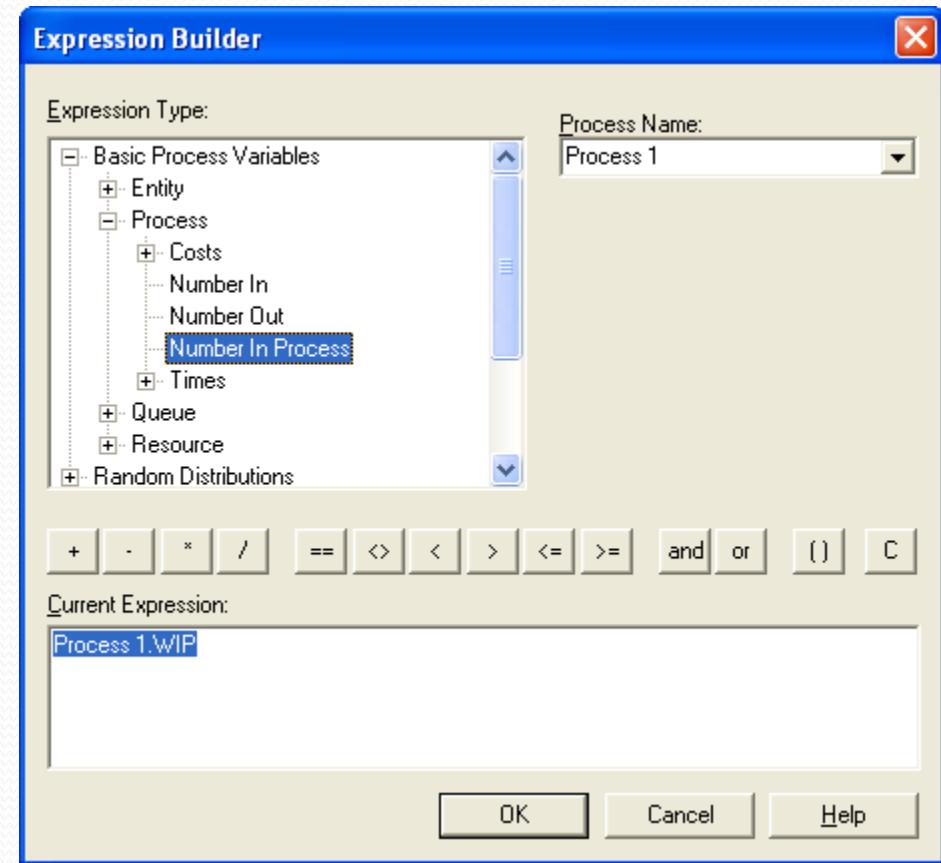
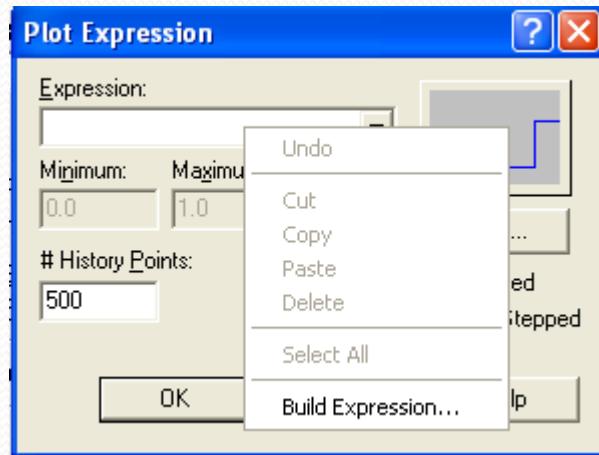
- در قسمت Time Range نیز طول را در محور زمان مشخص میکنیم که در مثال مورد بحث عدد ۴۸۰ را که کل زمان موردنظر ما برای شبیه سازی نیز هست وارد میکنیم و سپس روی Ok کلیک میکنیم.

# اضافه کردن نمودار به فلوچارت

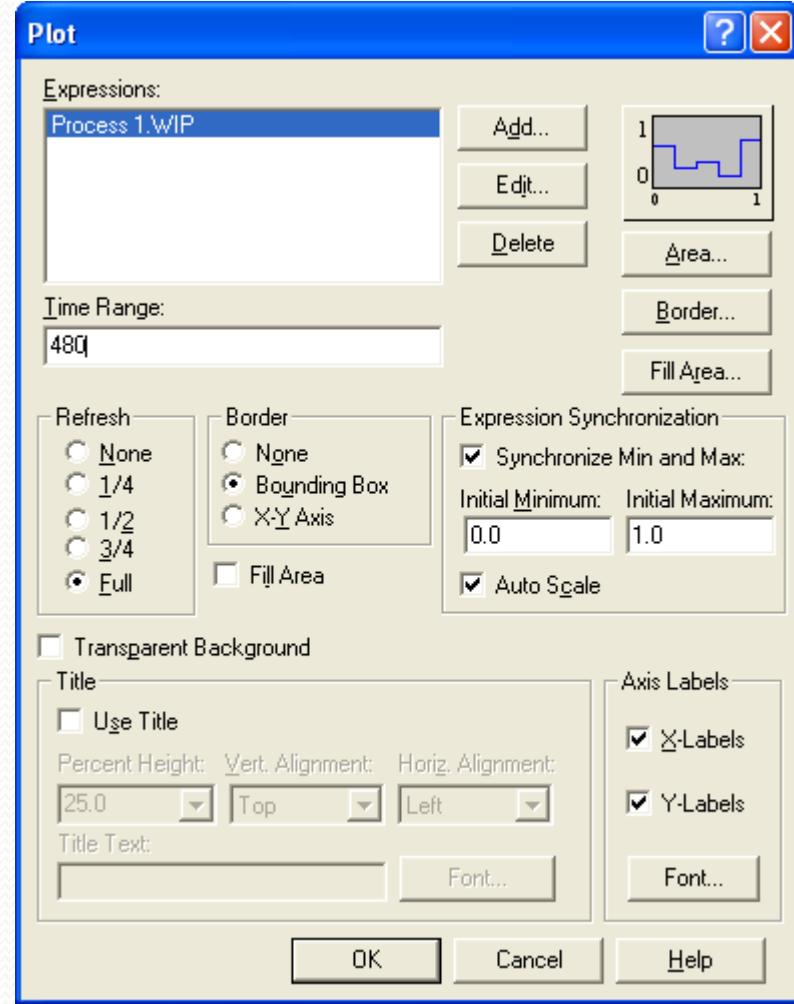
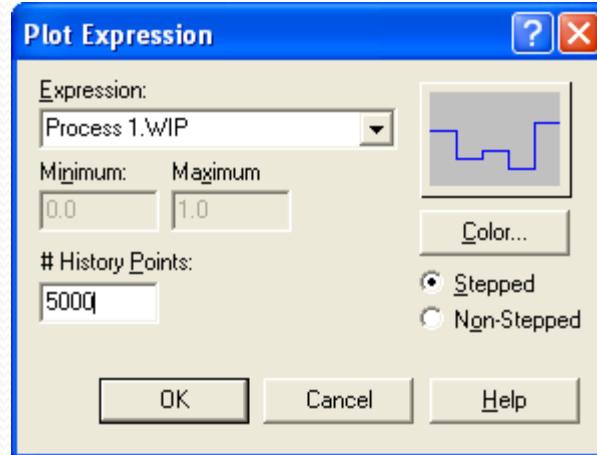


برگرفته از فایلهای آقای دکتر زندیه

# اضافه کردن نمودار به فلوچارت

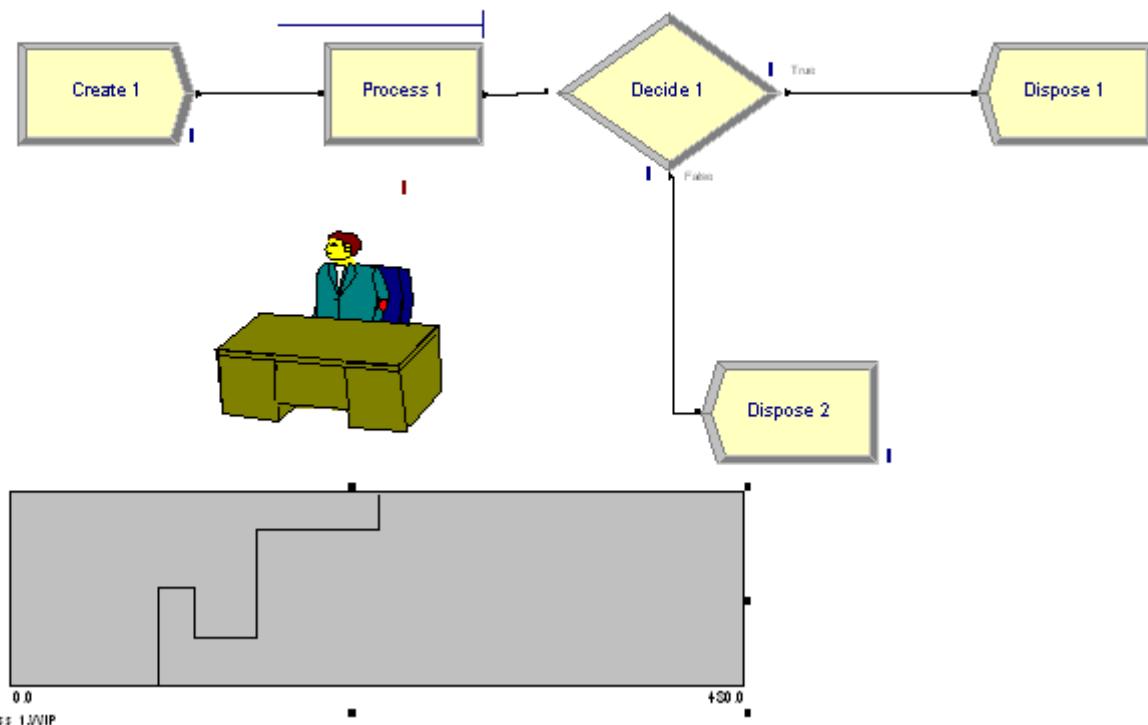


# اضافه کردن نمودار به فلوچارت



برگرفته از فایلهای آقای دکتر زندهی

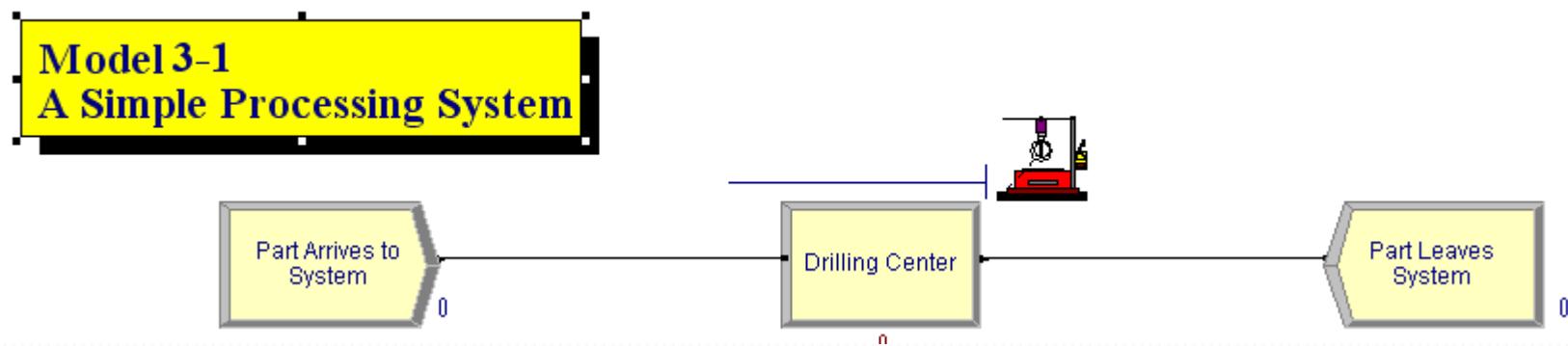
# اضافه کردن نمودار به فلوچارت



برگرفته از فایلهای آقای دکتر زندیه

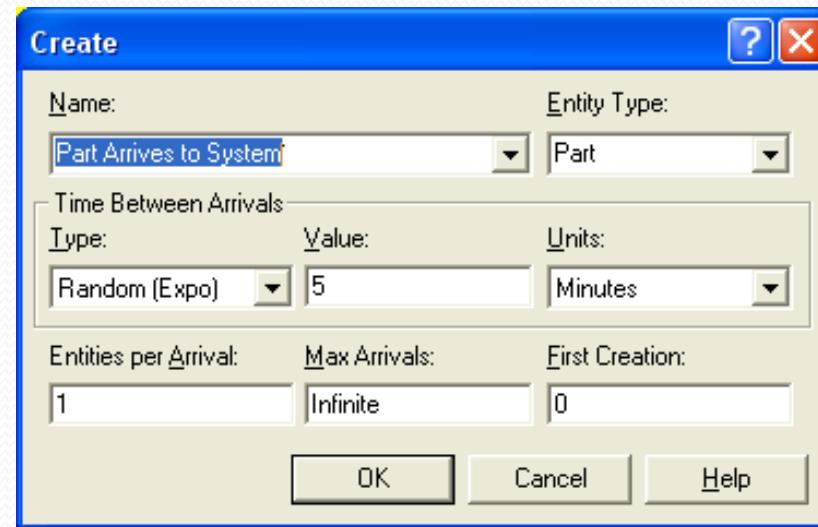
## مثال ۲

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

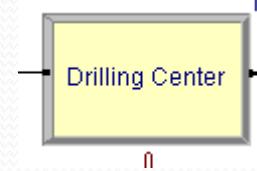


## مراحل انجام کار

### ۱- تنظیم مازول Creat

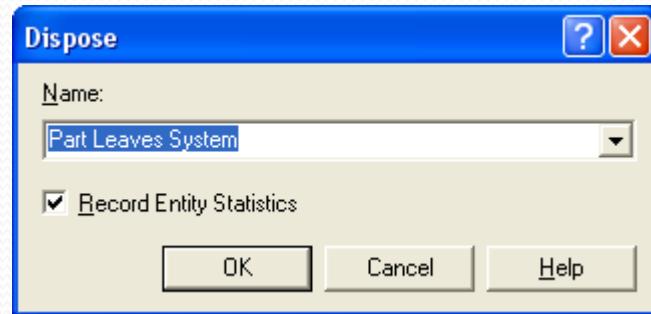


## تنظیم مازول Process

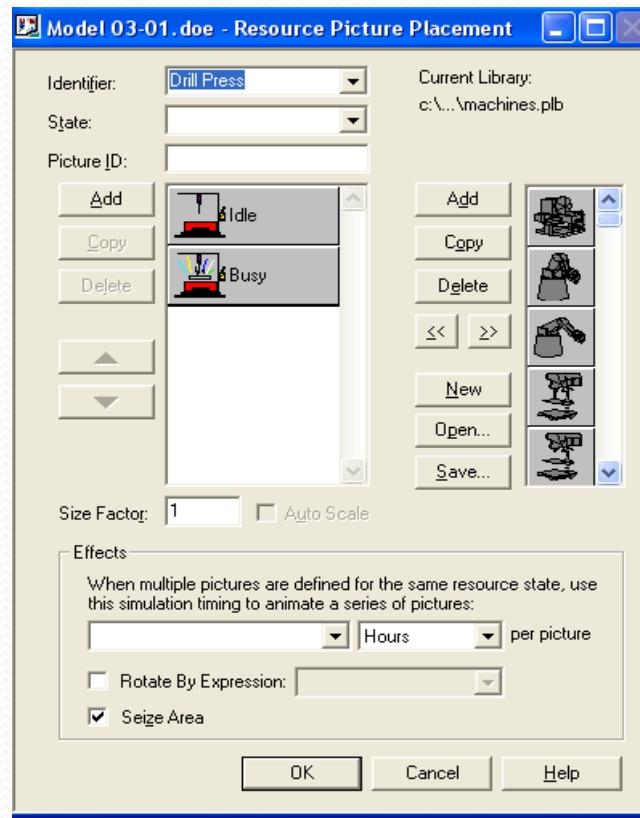


**Process**

Name:	Type:	
Drilling Center	Standard	
Logic		
Action:	Priority:	
Seize Delay Release	Medium(2)	
Resources:		
Resource, Drill Press, 1 <End of list>		
Add...		
Edit...		
Delete		
Delay Type:		
Triangular	Units:	
Minutes	Allocation:	
Minimum:	Value (Most Likely):	Maximum:
1	3	6
<input checked="" type="checkbox"/> Report Statistics		
OK	Cancel	Help



تنظیم Dispose

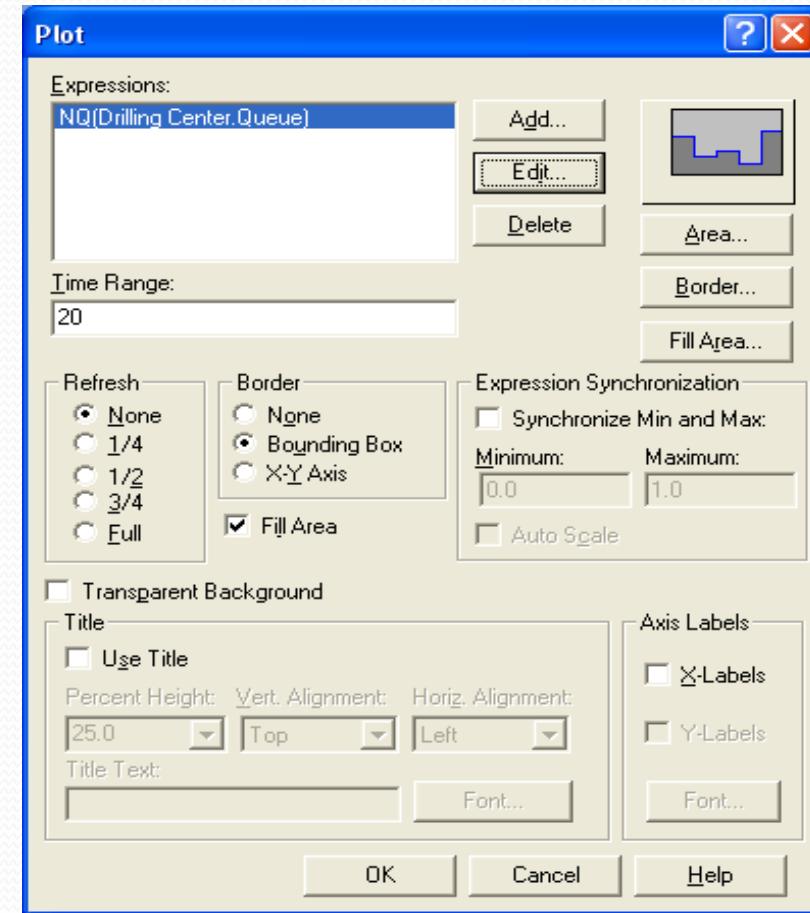
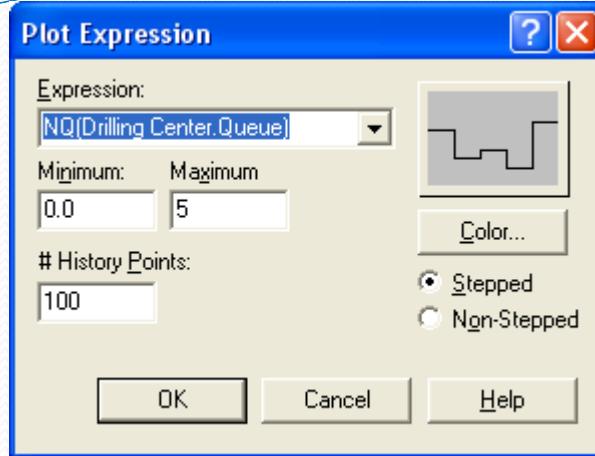


وارد کردن اینیمیشن و تنظیمات آن

ورود نمودار :

از قسمت Plot طرحی وارد می کنیم

تنظیمات مربوط به Plot Expression جهت صفت انتظار



تنظیمات مربوط به نمودار مشغول بودن دستگاه

