

آموزش مقدماتی ED 8.1

فهرست

۱	مقدمه‌ای بر مدل سازی و شبیه سازی
۲	معرفی نرم افزار
۳	شروع کار با ED
۵	نحوه‌ی فیت کردن یک توزیع به اعداد
۸	ساخت یک مدل ابتدایی
۱۱	کانال‌ها در ED
۱۳	آشنایی با برخی توابع در 4DScript
	معرفی چند اتم کاربردی:
۱۷	اتم product
۱۷	اتم Source
۱۹	اتم Server
۲۱	اتم Queue
۲۴	اتم Container
۲۵	اتم Assembler
۲۶	اتم Unpack
۲۷	اتم Operator
۲۸	اتم Lock و Unlock
۲۹	اتم Transporter
۲۹	اتم Kanban Bin
۳۱	تحلیل و آنالیز نتایج در ED



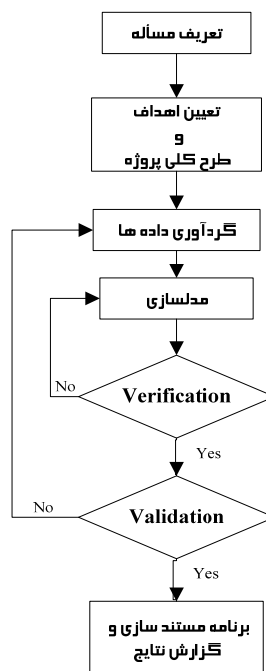
مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی و مدل‌سازی:

شبیه‌سازی تقلیدی است از عملکرد فرایند یا سیستم واقعی در گذشت زمان، که صرف‌نظر از اینکه با دست یا بوسیله کامپیوتر انجام شود، به ایجاد تاریخچه‌ای از سیستم و بررسی آن به منظور دستیابی به نتیجه‌های مدنظر، در مورد ویژگی‌های عملکردی سیستم واقعی مربوط می‌شود. که در این بین شبیه‌سازی کامپیوتری، خصوصیتی دارد که آن را از دید تحلیلگران به صورت ابزار جالبی درآورده است. با شبیه‌سازی کامپیوتری می‌توان زمان را فشرده کرد به نحوی که فعالیت‌های چند سال در ظرف چند دقیقه و گاهی در ظرف چند ثانیه شبیه‌سازی شوند. شبیه‌سازی کامپیوتری از عهده بسط زمان نیز برمی‌آید. در واقع، با تعبیه این امکان که در فواصل زمانی کوتاه در خلال ساعت شبیه‌سازی، داده‌ها و اطلاعات مورد نظر تحلیلگر تولید و چاپ شود، شناخت قابل توجهی از ریزه‌کاری‌های تغییرات ساختاری سیستم بدست می‌آید که دست یافتن به چنین شناختی بر اساس زمان واقعی میسر نیست. اگر قرار باشد از شبیه‌سازی کامپیوتری بمنظور تحلیل سیستم استفاده شود، باید در مرحله اول مدل مناسبی از سیستم تهیه شود که می‌توان گفت که مشکل‌ترین و زمان‌برترین مرحله در شبیه‌سازی یک سیستم، جمع‌آوری داده‌های سیستم و مدل‌سازی آن است.

برای مدل‌سازی یک سیستم درک مفهوم سیستم و مرز سیستم لازم است و لازم است که مرز بین سیستم و پیرامون آن تعیین شود که چگونگی تعیین این مرز ممکن است به هدف از مطالعه سیستم بستگی داشته باشد. مثلاً در مورد سیستم کارخانه، می‌توان عوامل کنترل‌کننده ورود سفارش‌ها را خارج از اختیار کارخانه و در نتیجه بخشی از پیرامون آن به شمار آورد. اما اگر قرار باشد تأثیر عرضه و تقاضا را در نظر بگیریم، بین محصول کارخانه و ورود سفارش‌ها رابطه‌ای وجود خواهد داشت و چنین رابطه‌ای را باید همچون یکی از فعالیت‌های سیستم مورد توجه قرار داد.

در ساخت مدل، که بمنزله معرف سیستمی است که می‌خواهیم آنرا مورد بررسی قرار دهیم، در اکثر مواقع در نظر گرفتن همه جزئیات سیستم لازم نیست (مثلاً منابع ناخواسته تغییرات را که امکان تشخیص آنها وجود ندارد)، بدین ترتیب مدل نه تنها جانشینی برای سیستم است بلکه ساده‌سازی سیستم نیز هست. از سوی دیگر، مدل باید به اندازه کافی دربردارنده جزئیات باشد تا اجازه دهد نتیجه‌هایی معتبر در مورد سیستم حقیقی گرفته شود. از اینرو فرایند مدل‌سازی را باید یک هنر ابتکاری قلمداد کرد.

شکل زیر گام‌های اساسی را که مدل‌ساز در بررسی مبتنی بر شبیه‌سازی باید طی کند نشان می‌دهد.



معرفی نرم افزار Enterprise Dynamics (ED)

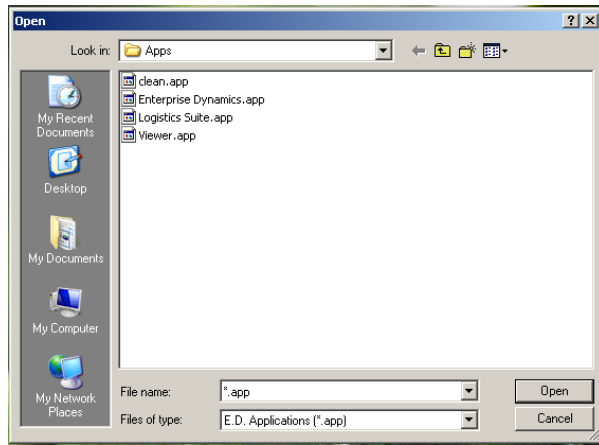
ED یک نرم افزار شیئی گرا برای مدل سازی، شبیه سازی، نمایش و کنترل عملیاتها و فرآیندهای پویا است که در آن کاربران می توانند اجزاء مختلف سیستم را بوسیله Object های مختلف، که اتم نامیده می شوند مدل کنند. ED بر این اصل استوار است که اتمها، تشکیل دهنده مدل هستند.

یک اتم می تواند نمایشگر یک ماشین، یک باجه خدماتی و یا یک مشتری و یا یک محصول باشد و همچنین می تواند نمایشگر چیزهایی باشد که وجود خارجی ندارند مانند نمودارها. در ED اتمها در چند مجموعه اصلی گروه بندی می شوند مانند Basic modeling، Process، Transport و ...

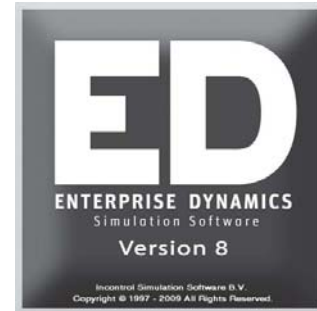
در ED برای کاربران حرفه ای امکان ساخت اتمهای دلخواه وجود دارد، برای مثال برای مدل سازی یک ماشین با خصوصیات خاص که اتم مربوط به آن در برنامه وجود ندارد می توان یک اتم اختصاصی طراحی نمود. ED شامل ۱۰۰ اتم استاندارد است که این میزان می تواند افزایش یابد که البته کاربران مبتدی ممکن است از این بین فقط به ۳۰ اتم برای مدلسازی نیاز پیدا کنند. برای برنامه نویسی در ED از زبان 4DScript استفاده می شود.

۱- شروع کار با ED؛

وقتی برنامه ED را باز می‌کنید تصویری همانند شکل ۱-۱ ظاهر می‌شود و ممکن است بعد از آن در پنجره‌ای مطابق شکل ۱-۲ از کاربر خواسته شود یکی از کاربردها (application) را برای شروع کار و ورود به برنامه انتخاب کند که با در این خودآموز از logistics suite.app برای ورود به نرم افزار، به دلیل دارا بودن حداکثر atom های ممکن، استفاده می‌کنیم.

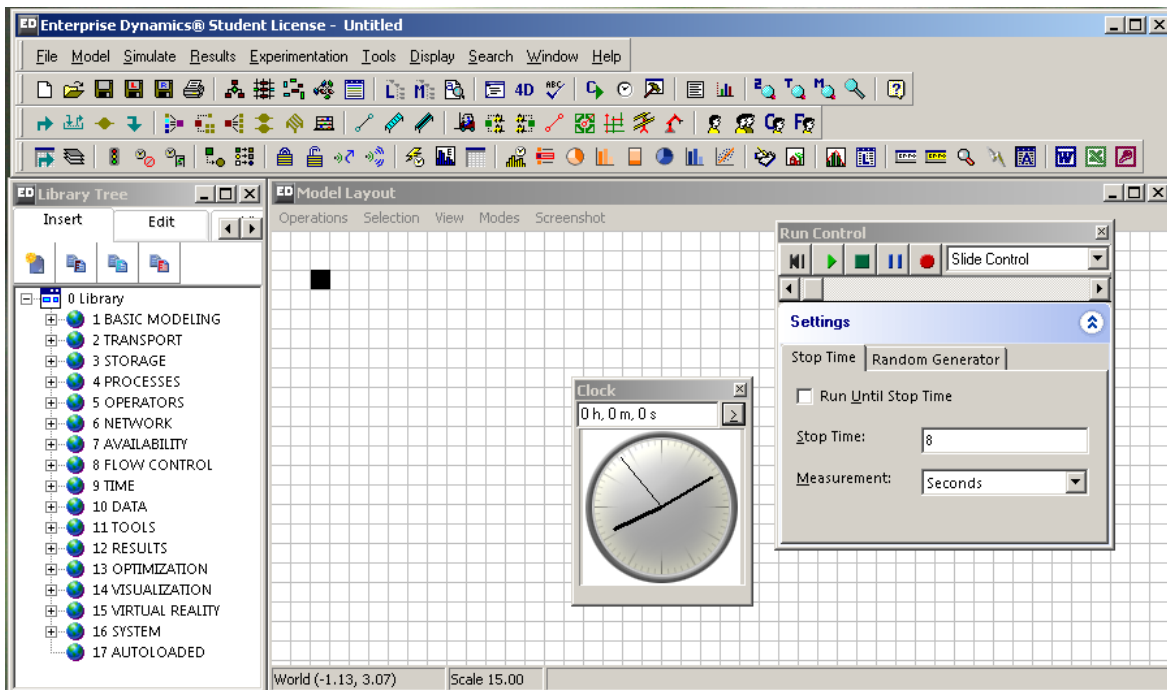


شکل ۱-۲



شکل ۱-۱

به محض بالا آمدن و لود شدن کامل برنامه چندین پنجره ظاهر می‌شوند که شکل ظاهری آنها تقریباً شبیه شکل ۱-۳ است و قسمت‌های مختلف آن به شرح زیر است:



شکل ۱-۳

• **Menu bar:** که شکل و عملکرد آن شبیه به نوار ابزار منو در برنامه‌هایی همچون Word و Excel است و مهمترین منوها در آن به شرح زیر است:

File: که شامل دستورات مختلفی جهت باز کردن، ساختن، ذخیره کردن و تهیه چاپ از مدل است.

Model: که حاوی دستورات ساخت مدل و ایجاد درخت مدل است.

Simulate: حاوی دستوراتی جهت نمایش پنجره‌های Run clock و Clock و همچنین Run کردن و Stop کردن مدل است، همچنین در این منو کاربر می‌تواند در دستور History، تنظیمات مربوط به ثبت سابقه یک اتم را در اجراهای متعدد انجام دهد.

Result: شامل دستوراتی برای تهیه گزارش و نمودارهای عملکرد مدل در اثر یکبار اجرا مدل است.

Experimentation: شامل دستوراتی برای طراحی و انجام و تحلیل آزمایش روی مدل بوسیله چندین بار اجرا مدل.

Tools: شامل ابزارهای متعددی است که مهمترین آنها Atom editor جهت ویرایش اتمها و همچنین ابزار Autofit برای فیت کردن و تخصیص یک تابع توزیع به اعداد حاصل از نمونه‌گیری است.

Display: حاوی دستوراتی برای تنظیمات نمایش و به نمایش درآوردن مدل در فضای دوبعدی و سه‌بعدی است.

- **Speed buttons**: حاوی آیکون‌هایی است که با کلیک کردن بر روی آنها می‌توان یک Atom مخصوص را به مدل فرا خواند و یا دستوری (مانند: ذخیره کردن، چاپ و ...) را به برنامه داد. هرگاه روی هر یک از این آیکون‌ها قرار می‌گیرد اسم آن آیکون در زیر آن پدیدار می‌شود.
- **Library Tree**: شامل لستی از تمامی اتمها است که به گروه‌های مختلف (مانند حمل و نقل، ذخیره سازی و...) دسته‌بندی شده‌اند و کاربر می‌تواند با انتخاب هر یک از اتم‌ها و drag کردن آن به داخل پنجره Model layout آن اتم را به مدل اضافه کند.
- **Model layout**: محلی است که مدل در آن ساخته می‌شود.
- **Clock**: در آن مدت زمان فشرده‌سپری شده از شبیه‌سازی نمایش داده می‌شود.
- **Run control**: این پنجره به کاربر امکان اجرا (Run)، Reset و متوقف (stop) کردن مدل را می‌دهد و همچنین دارای آیکونی برای ثبت نتایج اجرای مدل برای تحلیل‌های بعدی است. کلیدهای و سربرگ‌های موجود در این پنجره به شرح زیر است:

 **دکمه Reset** که بوسیله آن ساعت شبیه‌سازی صفر می‌شود و باید حتماً قبل از اجرا مدل بوسیله این دکمه ساعت سیستم را صفر کنیم.

 **دکمه Play** که بوسیله آن شبیه‌سازی مدل آغاز می‌شود.

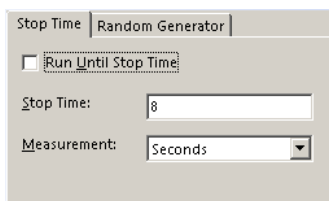
 **دکمه Stop** بوسیله این دکمه شبیه‌سازی مدل متوقف می‌شود.

 **دکمه Step** با زدن این دکمه، مدل در یک بازه زمانی کوتاه اجرا می‌شوند و سپس شبیه‌سازی متوقف می‌شود و بعبارت دیگر با فشردن پیاپی این دکمه شبیه سازی بصورت گام به گام انجام می‌شود.

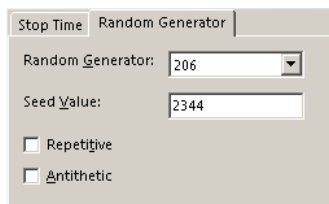
 **دکمه Record** با استفاده از این دکمه تمامی رخدادها و فعالیت‌های مربوط به اتمی که می‌خواهیم درباره آن تحلیل کنیم (باید این اتم قبلاً تعیین شده باشد) ثبت و ضبط می‌شود.

 **نوار کنترل سرعت**: بوسیله این نوار گزینشی کاربر می‌تواند سرعت شبیه‌سازی را کنترل کند که دارای گزینه‌های متعددی است. که در آن با انتخاب گزینه Slide control یک نوار لغزشی جهت کنترل سرعت شبیه‌سازی ظاهر می‌شود.

سربرگ Stop Time کاربر در این برگه می‌تواند طول مدت هر با شبیه‌سازی را مشخص کند، که برای این منظور باید ابتدا با تیک زدن گزینه Run until stop time و سپس تعیین کردن طول مدت اجرا شبیه‌سازی، مدت زمان هر بار اجرا مدل را مشخص کند.

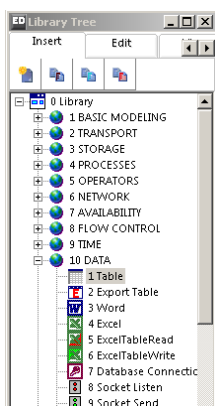


سریگ *Random Generator* کاربر در این برگه می‌تواند در قسمت Random Generator از بین ۱۰۰۰ نوع الگوریتم تولید مقادیر تصادفی موجود در داخل برنامه یکی را انتخاب کند و همچنین هسته اولیه (seed Value) هر یک از آنها را تغییر دهد. باید توجه کرد که با هر بار Reset کردن شبیه‌سازی مقدار هسته اولیه الگوریتم تولید مقادیر تصادفی تغییر می‌کند که کاربر می‌تواند با تیک زدن گزینه Repetitive از این تغییر جلوگیری کند.

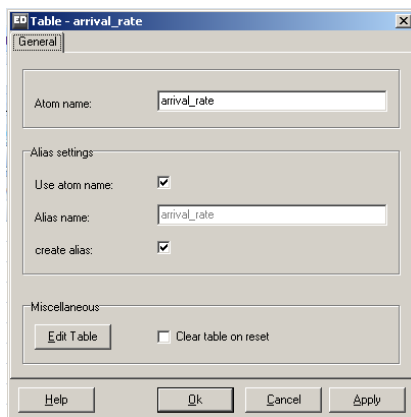


۲- نحوه فیت کردن یک توزیع به اعداد :

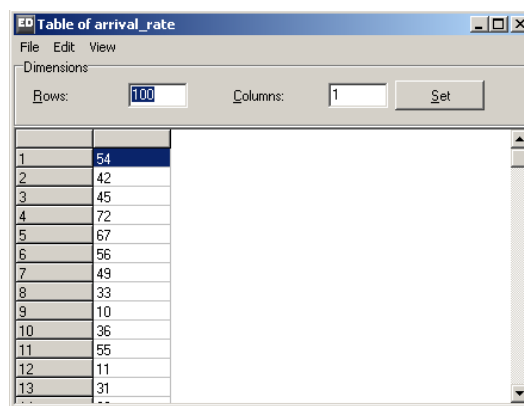
همانگونه که اشاره شد از آنجایی که رخداد هیچ رویدادی در دنیای واقعی جنیه قطعی ندارد، اولین قدم در ساخت یک مدل، نمونه‌گیری از سیستم واقعی و یافتن تابع توزیع احتمالی انجام آن رویداد است. مثلاً فرض کنید شما می‌خواهید مدت زمان بین ورود مشتریان به یک بانک را بدست آورید از آنجایی که این مدت زمان برای هیچ دو مشتری یکسان نیست و نمی‌توان گفت که مشتریان حتماً با نرخ ۱۵ ثانیه وارد بانک می‌شوند پس لازم است در این موارد با نمونه‌گیری تابع احتمال مدت زمان بین دو ورود مشتری تخمین زده شود. برای انجام این کار در ED شما باید از دستور Autofit استفاده کنید، ولی قبل از آن باید اعداد بدست آمده از نمونه‌گیری را در برنامه وارد کنید که برای این کار از اتم Table استفاده می‌شود. مراحل کار بدین صورت است که ابتدا اتم Table را از پنجره Library و مجموعه Data انتخاب کرده (شکل ۲-۱) و به داخل پنجره Model layout، قرار می‌دهیم (این کار را می‌توانید با کلیک روی آیکون Table در نوار Speed button نیز انجام دهید). حال با کلیک راست روی این اتم در پنجره Model layout پنجره‌ای مطابق شکل ۲-۲ باز می‌شود.



شکل ۲-۱



شکل ۲-۲

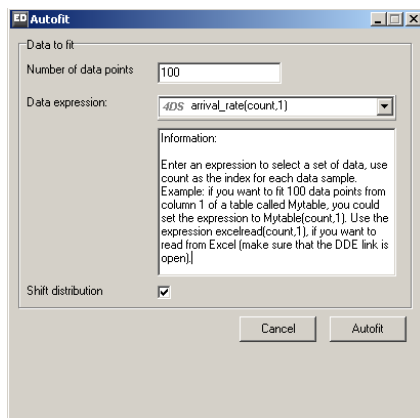


شکل ۲-۳

در این پنجره در قسمت Atom name نام اتم را معین کرده و سپس با تیک زدن گزینه Create alias این نام را به فهرست نام‌های شناخته شده به برنامه اضافه می‌کنیم. (در انتخاب نام برای اتم باید دقت شود که این نام قبلاً در برنامه موجود نباشد) و سپس با کلیک کردن روی دکمه Edit table پنجره‌ای مطابق شکل ۲-۳ باز می‌شود. که در آن در قسمت Row تعداد ردیف‌های لازم برای ورود اعداد را مشخص کرده و با زدن کلید Set در جدول ایجاد شده اعداد را یک به یک وارد می‌کنیم. پس از ورود تمام اعداد بار دیگر کلید Set را زده و پنجره را می‌بندیم. و همچنین با زدن کلیدهای Apply و Ok در پنجره قبل از تنظیمات Table خارج می‌شویم.

حال با انتخاب دستور Autofit از مسیر Tools >> Autofit و یا کلید بر روی آیکون  در نوار Speed buttons ، پنجره این

دستور مطابق شکل ۴-۲ باز می‌شود.

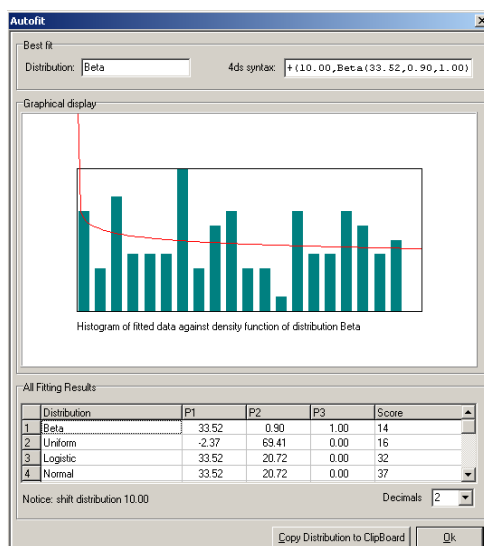


در قسمت Number of data points تعداد اعدادی را که در Table وارد کرده‌ایم، مشخص می‌کنیم و در قسمت Data expression از دستوری با syntax زیر برای شناساندن محل اعداد مذکور به برنامه استفاده می‌کنیم.

(شماره ستون ، شماره سطر) [نام Table]

از آنجا که شماره سطر منحصر بفرد نیست می‌توان از دستور count برای لحاظ کردن تمام سطرها استفاده کرد. با انتخاب گزینه Shift distribution تابع احتمال فیت شده نسبت به موقعیت اصلی خود جابجا می‌کند؛ مثلاً اگر اعداد ورودی ما به برنامه همگی بزرگتر از ۱۰ بوده و همچنین این اعداد از ۱۰ به بعد دارای توزیع نمایی منفی (تابع احتمال نمایی منفی از صفر شروع می‌شود) نیز باشند، با انتخاب این گزینه برنامه با شیفت کردن تابع احتمال نمایی منفی به اندازه ۱۰ واحد به جلو آنرا بعنوان تابع احتمال مناسب برای اعداد فوق انتخاب می‌کند. شایان ذکر است در اکثر مواقع با انتخاب این گزینه می‌توان توابع بهتری را برای اعداد داده شده فیت کرد.

حال با کلیک کردن روی دکمه Autofit می‌توان در صفحه‌ای مطابق شکل ۵-۲ توابعی را که برنامه برای اعداد مشخص کرده را ببینیم.

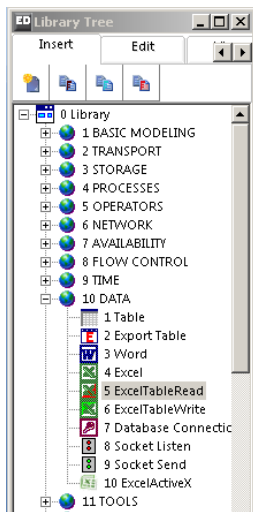


شکل ۵-۲

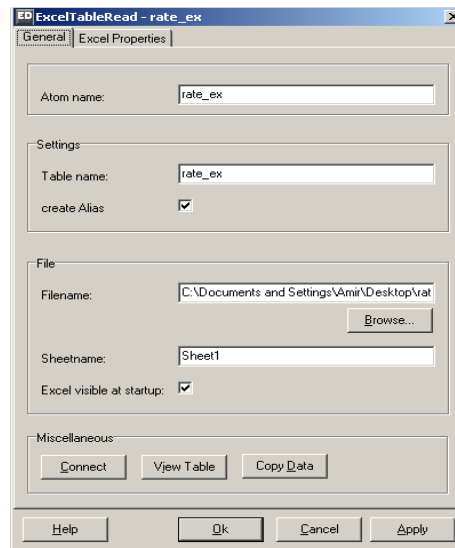
که در قسمت بالا این صفحه (Best fit) بهترین تابع احتمال فیت شده معرفی شده است و در قسمت All fitting results می‌توان سایر توابع احتمال فیت شده با این اعداد را دید که در ستونهای $p1, p2, p3$ پارامترهای این توزیع‌ها را مشخص شده و در ستون آخر (Score) می‌توان امتیازی را که برنامه به هر یک از این توابع داده را مشاهده کرد، هر چه این امتیاز به صفر نزدیکتر باشد تابع احتمال برای فیت کردن مناسبتر است و توابعی که امتیاز آنها بیشتر از ۱۰۰ است را نمی‌توان بعنوان تابع احتمال مناسب برای اعداد داده شده پذیرفت.

در قسمت Decimals می‌توان تعداد اعشار مربوط به پارامترها را تنظیم کرد و با استفاده از کلید Copy Distribution to Clipboard می‌توان تابع احتمال انتخابی را به محل دلخواه کپی کرد.

ED این امکان را برای کاربر فراهم آورده که اگر اعداد در فایل excel 2003 نیز قرار داشته باشند، بدون نیاز به وارد کردن آنها به داخل Table بتواند تابع توزیع آنها را پیدا کند. برای این کار کافی است که اتم ExcelTableRead را از مسیر Library >>Data>> ExcelTableRead انتخاب کرده و به داخل پنجره Model layout منتقل کنیم، حال با کلیک راست بر روی آن پنجره‌ای مطابق شکل ۲-۷ ظاهر می‌شود.



شکل ۲-۶



شکل ۲-۷

در این صفحه نیز در قسمت Atom name یک نام برای اتم تعیین کرده و سپس با تیک زدن گزینه Create Alias این نام را به فهرست نام‌های شناخته شده برنامه اضافه می‌کنیم. (در انتخاب نام برای اتم باید دقت شود که این نام قبلاً در برنامه موجود نباشد) و سپس با زدن دکمه Browse محل فایل Excel مورد نظر را مشخص می‌کنیم (باید توجه کرد که باید از فایل‌های Excel 2003 استفاده نمود) و در قسمت Sheet name، برگه‌ای را که داده‌ها در آن قرار دارند را مشخص می‌کنیم. حال با زدن دکمه Connect ارتباط بین برنامه و فایل مورد نظر را برقرار می‌کنیم و سپس با زدن کلیدهای Apply و Ok از صفحه خارج می‌شویم.

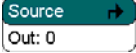
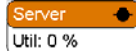
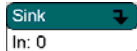
سپس در پنجره دستور Autofit تنظیمات مربوطه را همانند قبل انجام داده و در قسمت Data expression از دستوری با syntax زیر استفاده می‌کنیم.

(شماره ستون , شماره سطر) ExcelRead

- از دستور Count برای معرفی چند سطر یا ستون در جایی که سطر یا ستون منحصر بفرد نیست می‌توان استفاده کرد.

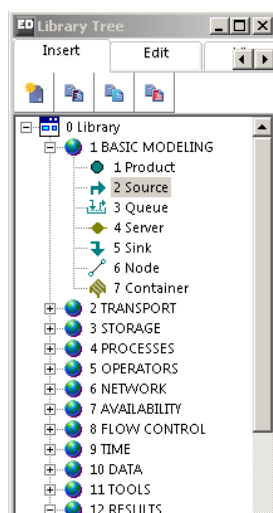
۳- ساخت یک مدل ابتدایی:

اولین قدم در ساخت یک مدل، گماردن صحیح اتم‌ها در داخل مدل است. در این قسمت با ذکر یک مثال نحوه ساخت یک مدل ساده و پایه‌ای را که متشکل از چهار اتم زیر است را فرامی‌گیریم.

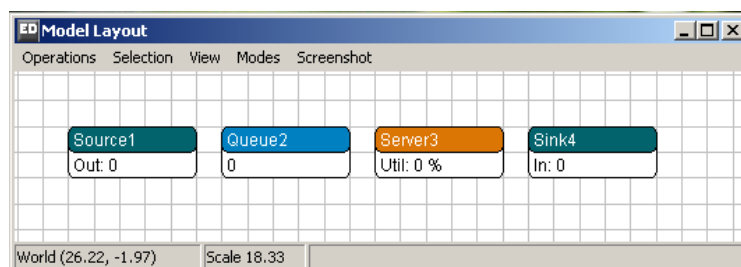
- **Source** : کار این اتم تولید و فرستادن مشتری (مشتری می‌تواند ارباب رجوع، مواد اولیه، کالا و... باشد) با نرخ مشخص به داخل مدل است. و عدد به نمایش درآمده در آن در مقابل Out تعداد مشتریان ورودی به مدل را در هر لحظه نشان می‌دهد. 
- **Queue** : این اتم یک محل انتظار جهت دریافت خدمت برای مشتریان در مدل ایجاد می‌کند. این اتم همان مفهوم صف، قبل از دریافت خدمت را در دنیای واقعی دارد. عدد به نمایش درآمده در آن تعداد مشتریان در صف در هر لحظه را نشان می‌دهد. 
- **Server** : این اتم کار خدمت‌دهی به مشتریان را در یک بازه زمانی مشخص انجام می‌دهد؛ عدد به نمایش درآمده در آن مقابل Util درصد کارایی یا راندمان آن را در طول مدت شبیه‌سازی در هر لحظه نشان می‌دهد. 
- **Sink** : مشتریان بوسیله این اتم از مدل خارج می‌شوند. عدد به نمایش درآمده در آن در هر لحظه تعداد مشتریان خروجی از مدل را نشان می‌دهد. 

مثال ۱-۳) در یک دفتر پستی در هر ساعت بطور متوسط ۲۰ مشتری با تابع احتمال نمایی منفی وارد می‌شوند و در این دفتر یک کارمند وجود دارد که مدت زمان خدمت دهی این کارمند به هر مشتری دارای توزیع نرمال با میانگین ۳ دقیقه و انحراف استاندارد ۳۰ ثانیه است. در این دفتر همچنین اولین مشتری بطور متوسط ۳ دقیقه بعد از بازگشایی دفتر وارد می‌شود و خدمت دهی به مشتریان در این دفتر نیز بر اساس استراتژی FIFO است یعنی مشتریانی که زودتر وارد شده‌اند زودتر خدمت دریافت می‌کنند. این دفتر روزانه از ساعت ۸ صبح الی ۴ بعد از ظهر بطور یکسره به مدت هشت ساعت فعالیت کند. این سیستم را مدل کرده و نتایج اولیه حاصل از یکبار اجرای آن را تحلیل کنید؟

همانگونه که از صورت مسأله مشخص است برای مدل کردن این سیستم نیازمند چهار اتم ذکر شده هستیم، که آن‌ها را به ترتیب از طریق انتخاب آن‌ها در پنجره Library و انتقال به پنجره Model layout و یا با کلیک بر روی آیکون آن‌ها  در نوار buttons Speed وارد مدل می‌کنیم (مطابق شکل ۳-۳)



شکل ۳-۱



شکل ۳-۲

در پنجره Model layout با کلیک بر روی هر اتم و زدن کلید Delete می‌توان آن اتم را از مدل حذف کرد. پس از جاگذاری اتم‌ها در مدل باید تنظیمات مربوط به هر یک انجام شود.

در مرحله اول با کلیک راست بر روی این اتم Source در پنجره Model layout ، تنظیمات اتم را انجام می‌دهیم.

شکل ۳-۳

در قسمت Inter-arrival time مدت زمان بین دو ورود مشتری را تعیین می‌کنیم (دقت شود که زمان‌ها به ثانیه است) و سپس در قسمت Time till first product مدت زمانی را که طول می‌کشد تا اولین مشتری وارد شود را درج می‌کنیم. پس از اعمال تنظیمات فوق با زدن کلیدهای Apply و Ok از صفحه خارج می‌شویم.

در مرحله بعدی کار تنظیمات اتم Queue را با باز کردن صفحه تنظیمات آن (شکل ۳-۴) مطابق مراحل ذیل انجام می‌دهیم.

شکل ۳-۴

شکل ۳-۵

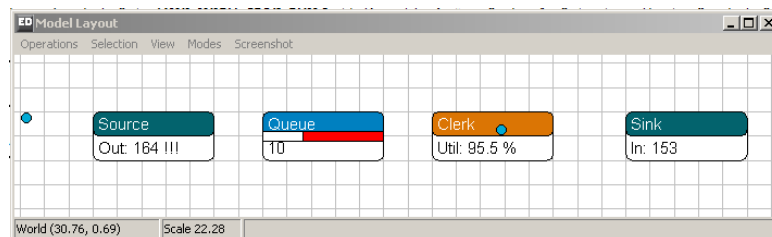
در قسمت Capacity حداکثر ظرفیت صف را تعیین می‌کنیم که در این مثال با فرض اینکه مشتری با دیدن صفی بطول ۱۵ نفر از ایستادن در صف صرف‌نظر می‌کند، این مقدار را برابر ۱۵ قرار داده‌ایم، در قسمت Queue discipline نیز استراتژی FIFO را انتخاب می‌کنیم. پس از اعمال تنظیمات فوق با زدن کلیدهای Apply و Ok از صفحه خارج می‌شویم.

در قدم آخر برای انجام تنظیمات اتم Server اقدام می‌کنیم و در صفحه تنظیمات مربوط به آن (شکل ۳-۵) Cycle time مدت زمان سیکل کاری را وارد می‌کنیم و از آنجا که در این مثال سیکل کاری کارمند مربوطه دارای توزیع نرمال با میانگین ۱۲۰ ثانیه و انحراف ۳۰ ثانیه از تابع $\text{Max}(0, \text{Normal}(180, 30))$ استفاده می‌کنیم خصوصیت این تابع این است که از تولید اعداد منفی خودداری می‌کند. پس از اعمال تنظیمات فوق با زدن کلیدهای Apply و Ok از صفحه خارج می‌شویم. (برای مشاهده توضیحات بیشتر درباره نحوه تنظیمات اتم‌ها به فصل ۶ مراجعه کنید)

حال نوبت به اجرا کردن مدل می‌رسد که این کار را با استفاده از پنجره Run control انجام می‌دهیم. اگر این پنجره ظاهر نبود می‌توان آن را از طریق مسیر **Run control >> Simulate** و یا کلیدهای میانبر **Shift + F4** و یا کلیک بر روی آیکون آن  در نوار **Speed buttons** ظاهر کنیم و در آن با تعیین مدت زمان شبیه‌سازی به مدت ۸ ساعت و تیک زدن گزینه **Run until stop time** مدت زمان هر بار اجرا مدل را تعیین کنیم. حال ابتدا با کلیک بر روی کلید **Reset** و سپس کلیک بر روی کلید **Play** مدل را اجرا می‌کنیم. با کلیک بر روی کلید **Reset** برنامه بطور خودکار یک نقطه آبی رنگ در مدل قبل از اتم **Source** قرار می‌دهد که همان **Product atom** و معرف مشتری است. لازم است به این نکته توجه شود که قبل از هر بار اجرای مدل باید کلید **Reset** زده شود. در پنجره **Run control** با استفاده از نوار کنترل سرعت می‌توان سرعت اجرا را کم و زیاد کرد.

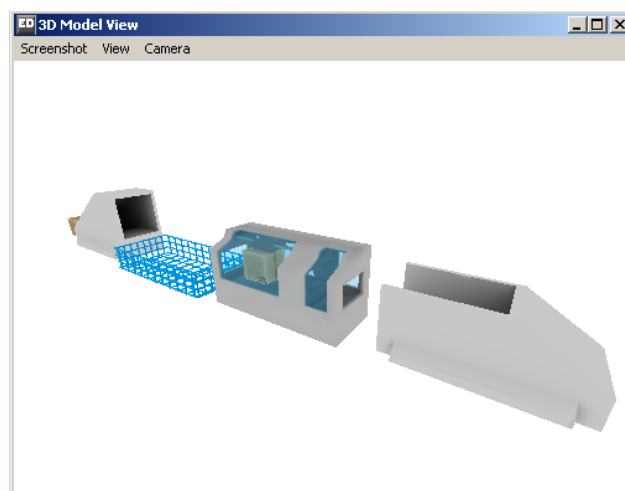
جهت دیدن مدل بصورت سه بعدی می‌توان از طریق مسیر **3D model view >> Display** و یا کلیک بر روی آیکون  در نوار **Speed buttons** پنجره مخصوص نمایش سه بعدی را فعال کرد (شکل ۷-۳) البته با انجام تنظیمات مناسب در قسمت **Visualization** هر اتم می‌توان شکل اتم‌ها را در مدل سه بعدی به شکل واقعی آن نزدیکتر کرد. که بحث درباره آن از سطح این کتاب بالاتر است.

پس از اتمام مدت زمان شبیه‌سازی مدل متوقف می‌شود و می‌توان یک تحلیل اولیه از اجرا مدل با استفاده از اعداد بنمایش درآمده در هر اتم به شرح زیر انجام داد. (از آنجایی که مدل احتمالی است نباید انتظار داشت که نتایج در هر بار اجرا یکسان شوند) اگر اعداد به نمایش درآمده در اتم‌ها قابل رویت نبودند می‌توان با افزایش بزرگنمایی بوسیله غلتک موس این مشکل را برطرف کرد.



شکل ۳-۶

در پایان ۸ ساعت اجرا مدل ۱۶۴ مشتری به داخل سیستم آمده‌اند که از این تعداد ۱۵۳ نفر آن‌ها با دریافت خدمت از سیستم خارج شده‌اند و ۱۰ نفر در صف باقی مانده‌اند و یک نفر نیز در حال دریافت خدمت بوده و با توجه به وجود علامت !!! در اتم **Source** می‌توان گفت مشتریانی وجود داشتند که بدلیل وجود صف طولانی (بیش از ۱۵ نفر) در دفتر پستی از ورود به دفتر پستی خودداری کردند. همچنین می‌توان گفت که کارمند مفروض نیز در ۹۵.۵ درصد اوقات مشغول ارائه خدمت به مشتریان بوده (در دایره یک کارمند پر کار بوده!)

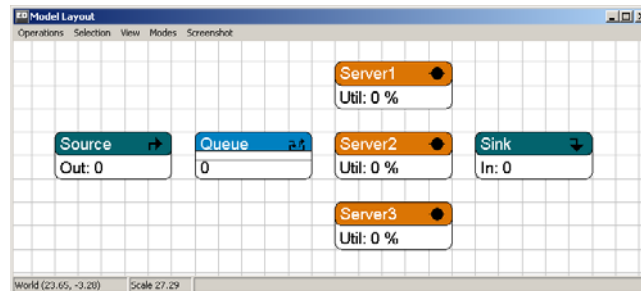


شکل ۳-۷

۴- کانال‌ها در ED:

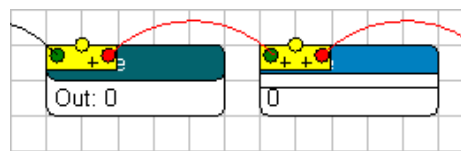
مثال ۴-۱) در مثال قبل فرض کنید مدیریت دفتر پستی تصمیم گرفته برای افزایش کارایی دفتر پستی و کوتاه کردن طول صف و کاهش بار کاری کارمند خود تعداد دو کارمند دیگر با همان شرایط کاری کارمند اول (از لحاظ مدت سیکل کاری) را استخدام کند در شرایط جدید مدل را شبیه‌سازی کنید و یک تحلیل اولیه از مدل ارائه دهید؟

همانند مثال قبل مدل را طراحی می‌کنیم با این تفاوت که در این مدل بجای یک اتم Server از سه اتم بصورت موازی استفاده می‌کنیم (همانند شکل ۴-۱)



شکل ۴-۱

با آغاز شبیه‌سازی متوجه می‌شوید که مشتریان فقط به Server1 فرستاده می‌شوند و هیچ مشتری به Server 2 و Server 3 وارد نمی‌شوند. بمنظور اصلاح این مشکل باید ارتباط بین اتم‌ها اصلاح شود که برای این کار باید از کانال‌ها که مسیر حرکت مشتریان و جریان اطلاعات را در مدل نشان می‌دهد استفاده کرد. برای مشاهده کانال‌ها باید آنها را از طریق مسیر View >> Channels >> Enable در پنجره Model layout و یا با استفاده از کلید میانبر Ctrl + R وقتی که پنجره Model layout فعال است، ظاهر نمود. با فعال کردن کانال‌ها بلوک زرد رنگی در گوشه چپ بالای هر اتم مطابق شکل ۴-۲ ظاهر می‌شود که این بلوک شامل چند نقطه است.

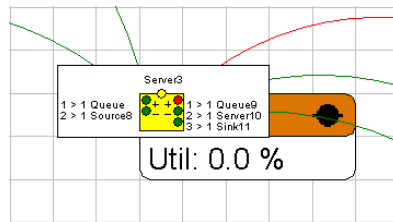


شکل ۴-۲

نقطه سمت چپ معرف کانال ورودی و نقطه سمت راست معرف کانال خروجی است. محصولات و مشتریان از طرق کانال ورودی وارد اتم می‌شود و از طریق کانال خروجی از اتم خارج می‌شود؛ سبز بودن رنگ هر یک از این کانال‌ها نشانه باز بودن آنها برای ورود محصولات و مشتریان و قرمز بودن رنگ بمنزله بسته بودن آنها است. هرگاه کانال خروجی اتم فرستنده و کانال ورودی اتم گیرنده هر دو باز باشند، خط ارتباطی بین آن دو اتم به رنگ سبز درمی‌آید و بدین معنا است ارتباط دو اتم در وضعیت باز قرار دارد و امکان حرکت محصولات و مشتریان از طریق آن وجود دارد. ولی اگر کانال خروجی اتم فرستنده و یا کانال ورودی اتم گیرنده بسته باشند، خط ارتباطی بین دو اتم به رنگ قرمز درمی‌آید و بدین معنا است خط ارتباطی دو اتم در وضعیت بسته قرار دارد و امکان حرکت محصولات و مشتریان از طریق آن وجود ندارد.

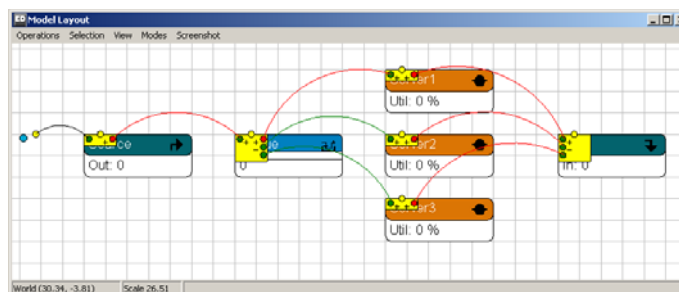
نقطه زرد رنگ در وسط کانال مرکزی نامیده می‌شود و برای ارسال و دریافت اطلاعات است. در هر اتم دقیقاً یک کانال مرکزی وجود دارد که چندین اتم را می‌توان به آن متصل کرد، اما کانال‌های ورودی و خروجی اتم‌ها منحصر بفرد نیستند و می‌توان با کلیک کردن بر روی علامت "+" که در کنار کانال‌های ورودی و خروجی وجود دارد، بر تعداد آنها افزود و همچنین با کلیک بر روی علامت "-", که به محض اینکه تعداد کانال‌های ورودی یا خروجی بیش از یک کانال شوند ظاهر می‌شود، می‌توان تعداد کانال‌ها ورودی و یا خروجی را کاهش داد. از هر کانال خروجی یک اتم تنها می‌توان به یک کانال ورودی و یا کانال مرکزی اتم دیگر خط ارتباطی برقرار کرد و همچنین از هر کانال ورودی یک اتم تنها می‌توان به یک کانال خروجی و یا کانال مرکزی اتم دیگر خط ارتباطی برقرار کرد. برای ایجاد خط ارتباطی بین دو اتم کافی از کانال خروجی مورد نظر اتم فرستنده با نگه داشتن کلید چپ موس، خطی به کانال ورودی اتم گیرنده متصل کنیم و همچنین برای از بین بردن خط ارتباطی دو اتم کافی

است در یکی از آنها از کانال ورودی و یا خروجی خط ارتباطی، با نگه داشتن کلید چپ موس خطی به کانال مرکزی همان اتم رسم کنیم. با بردن نشانگر موس بر روی هر یک از کانال‌های ورودی، خروجی و یا مرکزی یک اتم و نگه داشتن کلید راست موس می‌توان در صفحه به نمایش درآمده تمام ارتباط آن اتم با سایر اتم‌ها را بطور اجمالی مشاهده کرد.



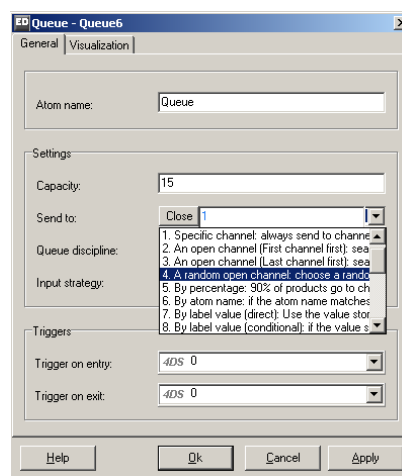
شکل ۴-۳

حال در مثال بالا کانال‌های ارتباطی را مطابق شکل زیر برقرار کنید.



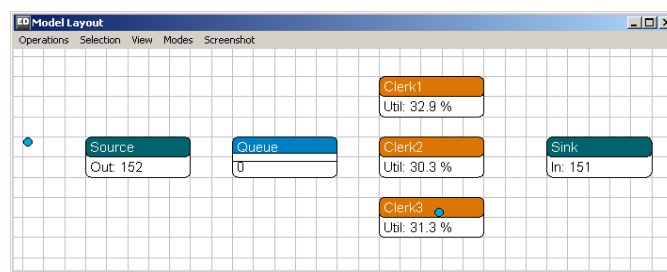
شکل ۴-۴

در پنجره تنظیمات اتم Queue در قسمت Send to گزینه A Random open channel را انتخاب کنید تا بدین ترتیب مشتری از بین کارمندانی که مشغول ارائه خدمت نیستند، یکی را بدخواه برای دریافت خدمت انتخاب کند. البته در قسمت Send to گزینه‌های دیگری نیز وجود دارد که برای در فصل ۶ بع تفصیل توضیح داده شده‌اند.



شکل ۴-۵

حال مدل را به مدت ۸ ساعت اجرا می‌کنیم.



شکل ۴-۶

همانگونه که در تصویر مشاهده می‌شود که در پایان ۸ ساعت اجرا سیستم ۱۵۲ نفر وارد سیستم شده‌اند که از این تعداد ۱۵۱ نفر با دریافت خدمت از سیستم خارج شده و یک نفر در حال دریافت خدمت از کارمند سوم بوده است و راندمان هر یک از کارمندان نیز به ترتیب در پایان ۳۲.۹٪ و ۳۰.۳٪ و ۳۱.۳٪ است و هیچ مشتری در صف در پایان مدت زمان اجرا وجود ندارد.

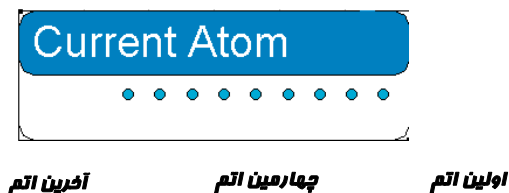
۵- آشنایی با برخی توابع در 4DScript؛

همانگونه که اشاره شد برای اعمال دستورات و شرایط مختلف به مدل باید این دستورات تحت برنامه برنامه‌نویسی 4DScript نوشته شود که در این قسمت با چند دستور مهم 4DScript آشنا می‌شویم. البته قبل از آن نحوه ارجاع دادن دستور به اتم‌ها را بررسی می‌کنیم.

• نحوه ارجاع دادن (Referring):

در ED روش‌های مختلفی برای ارجاع دستور وجود دارد که عبارتند از

- (a) i: هر گاه بخواهیم دسترسی را به اتمی که درون اتم دیگری است (مثل اتم Product) ارجاع دهیم از این نماد نماد استفاده می‌کنیم
- (b) c: هر گاه بخواهیم دسترسی را به اتمی که در حال نوشتن دستور در پنجره تنظیمات آن هستیم (اتم جاری) ارجاع دهیم از این نماد استفاده می‌کنیم
- (c) Animatom: برای ارجاع دستور به اتمی که در پنجره Model layout انتخاب شده استفاده می‌شود.
- (d) Model: برای ارجاع دستور به کل اتم‌های موجود در مدل استفاده می‌شود.
- (e) In (k , c): برای ارجاع دستور به اتمی که به کانل ورودی k اتم جاری متصل است استفاده می‌شود
- (f) Out (k , c): برای ارجاع دستور به اتمی که به کانل خروجی k اتم جاری متصل است استفاده می‌شود
- (g) First (c): برای ارجاع دستور به اولین اتم موجود در اتم جاری استفاده می‌شود
- (h) Last (c): برای ارجاع دستور به آخرین اتم موجود در اتم جاری استفاده می‌شود
- (i) Rank (k , c): برای ارجاع دستور به kامین اتم موجود در اتم جاری استفاده می‌شود



شکل ۶-۱

• تابع Age

مدت زمان حضور اتم را در مدل محاسبه می‌کند. و دارای یک پارامتر e1 است که بوسیله آن تابع را به اتم مورد نظر ارجاع می‌دهیم

Syntax: Age (e1)

• تابع Time

مدت زمان سپری شده از اجرا مدل را در هر لحظه محاسبه می‌کند.

Syntax: Time

- تابع If

بوسیله این تابع می‌توان برای اجرا دستورات دیگر یک عبارت شرطی تعریف کرد

Syntax: If (e1, e2 {, e3})

e1 : عبارت شرطی

e2 : دستور اعمالی در صورت درست بودن شرط (e1=1)

e3 : دستور اعمالی در صورت غلط بودن شرط (e1=0)

- تابع Do :

بوسیله این تابع می‌توان دستورات مختلفی را اعمال کرد

Syntax: Do (e1 {, e2, ..., e255})

- تابع Color :

این تابع رنگ اتم مورد نظر را مشخص می‌کند. این تابع دارای یک پارامتر e1 است که برای ارجاع تابع به اتم موردنظر مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صورت حذف آن اتم جاری (c) در نظر گرفته می‌شود.

Syntax: Color ({e1})

- تابع Set :

بوسیله این تابع می‌توان مقدار یک مولفه را تنظیم کرد.

Syntax: Set (e1, e2)

e1 : مولفه‌ای که می‌خواهیم آنرا تنظیم کنیم

e2 : مقدار تعیین شده برای مولفه

مثال (Set (color(c) , yellow) که این دستور رنگ اتم جاری را به زرد تغییر می‌دهد

- تابع Setlabel :

بوسیله این تابع می‌توان مقدار مشخصی را به اتم‌ها نسبت داد.

Syntax: SetLabel ([e1], e2 {, e3})

e1 : نام لیبل

e2 : مقدار لیبل

e3 : جهت ارجاع به اتم مورد نظر است که در صورت خالی بودن این قسمت اتم فعال در مدل در نظر گرفته می‌شود.

- تابع Label :

این تابع مقدار لیبل اتم مورد نظر را مشخص می‌کند.

Syntax: Label([e1] {, e2 })

e1 : نام لیبل

e2 : جهت ارجاع به اتم مورد نظر است که در صورت خالی بودن این قسمت اتم فعال در مدل در نظر گرفته می‌شود.

- تابع **SetSize**:

بوسیله این تابع می‌توان اندازه اتم‌ها را تعیین کرد.

Syntax: SetSize (e1, e2, e3 {, e4})

e1, e2, e3 : به ترتیب معرف X, Y, Z هستند

e4 : جهت ارجاع به اتم مورد نظر است که در صورت حذف این پارامتر اتم فعال در مدل در نظر گرفته می‌شود

- تابع **Input**:

تعداد اتم‌های ورودی را به اتم مورد نظر در هر لحظه نشان می‌دهد. این تابع دارای یک پارامتر است که از آن جهت ارجاع دستور به اتم مورد نظر استفاده می‌شود.

Syntax: Input (e1)

مثال (Input(c) : تعداد اتم‌های ورودی به اتم جاری را نشان می‌دهد

Input(in(1, c)) : تعداد اتم‌های ورودی به اتمی که به کانال ورودی اول اتم جاری متصل است نشان می‌دهد.

- تابع **Output**:

تعداد اتم‌های خروجی را از اتم مورد نظر در هر لحظه نشان می‌دهد. این تابع دارای یک پارامتر e1 است که از آن جهت ارجاع دستور به اتم مورد نظر استفاده می‌شود.

Syntax: Output (e1)

- تابع **Content**:

این تابع تعداد اتم‌های موجود در اتم مورد نظر را در هر لحظه تعیین می‌کند. این تابع دارای یک پارامتر e1 است که از آن جهت ارجاع دستور به اتم مورد نظر استفاده می‌شود.

Syntax: Content (e1)

- تابع **Avgcontent**:

این تابع متوسط تعداد اتم‌های موجود در اتم مورد نظر را در هر لحظه تعیین می‌کند. این تابع دارای یک پارامتر e1 است که از آن جهت ارجاع دستور به اتم مورد نظر استفاده می‌شود.

Syntax: Avgcontent (e1)

- تابع **Avgstay**:

این تابع متوسط مدت زمان ماندن اتم‌ها در اتم مورد نظر را در هر لحظه مشخص می‌کند. این تابع دارای یک پارامتر e1 است که از آن جهت ارجاع دستور به اتم مورد نظر استفاده می‌شود.

Syntax: Avgcontent (e1)

- توابع **OpenIc** و **CloseIc**:

از این توابع برای باز کردن و یا بستن کانال‌های ورودی اتم مورد نظر استفاده می‌شود

Syntax: OpenIc (e1 {, e2}) OR CloseIc (e1 {, e2})

e1 : شماره کانال ورودی مورد نظر

e2 : ارجاع به اتم مورد نظر است که در صورت حذف این پارامتر اتم فعال در مدل در نظر گرفته می‌شود.

- توابع **OpenOc** و **CloseOc** :

از این توابع برای باز کردن و یا بستن کانال‌های خروجی اتم مورد نظر استفاده می‌شود

Syntax: OpenOc (e1 {, e2}) OR CloseOc (e1 {, e2})

e1 : شماره کانال خروجی مورد نظر

e2 : ارجاع به اتم مورد نظر است که در صورت حذف این پارامتر اتم فعال در مدل در نظر گرفته می‌شود.

- دستور **ExcelWrite**

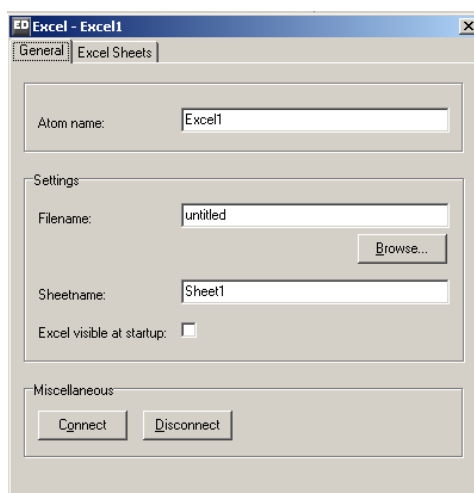
از این دستور برای انتقال مقادیر مشخص به فایل اکسل (۲۰۰۳) لینک شده به مدل استفاده می‌شود

Syntax: ExcelWrite (e1, e2, e3)

e1 و e2 : به ترتیب شماره سطر و ستون فایل اکسل مورد نظر، جهت ذخیره مقادیر را مشخص می‌کنند

e3 : مقداری که می‌خواهیم آنرا ذخیره کنیم را مشخص می‌کند

❖ جهت لینک کردن یک فایل اکسل به برنامه ED کافی است اتم Excel را از مجموعه Data در پنجره Library، به مدل اضافه کنیم و سپس با دابل کلیک بر روی آن در پنجره تنظیمات مربوط در General Tab با کلیک بر روی دکمه Browse مکان فایل اکسل مورد نظر را تعیین کنیم و در نهایت با کلیک بر دکمه Connect این فایل را به برنامه لینک کنیم.



شکل ۶-۲

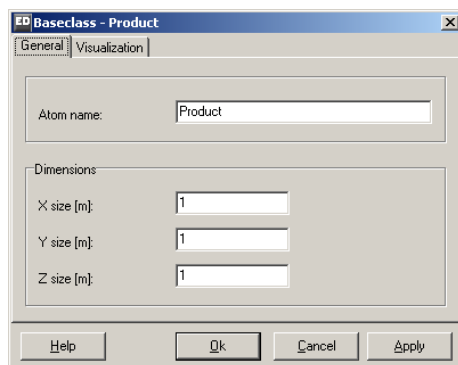
❖ در 4DScript از علامت "=" برای نمایش تساوی استفاده می‌شود و سایر علامت‌های منطقی در شکل معمول خود بکار می‌روند.

۶- معرفی چند اتم کاربردی :

در این فصل به معرفی چند اتم پرکاربرد می‌پردازیم.

• اتم Product:

از این اتم برای مدل کردن جریان محصولات، کالاها، پرونده‌ها، اوراق، انسان‌ها و ... در سیستم استفاده می‌شود. این اتم را می‌توان از طریق مجموعه Basic modeling وارد مدل کرد. البته بلافاصله بعد از Reset کردن مدل این اتم، به مدل اضافه شده و به کانال ورودی اتم‌های source که به ورودی آنها هیچ اتمی وصل نیست، متصل می‌شود. در پنجره تنظیمات آن مولفه‌های مربوطه را به شرح زیر تعیین نمود. (برای باز کردن پنجره تنظیمات اتم‌ها کافی است پس از قرار دادن آنها در مدل بر روی آنها راست کلیک کرد)



شکل ۶-۱

General tab

Atom name: در این قسمت یک نام برای اتم در نظر می‌گیریم.

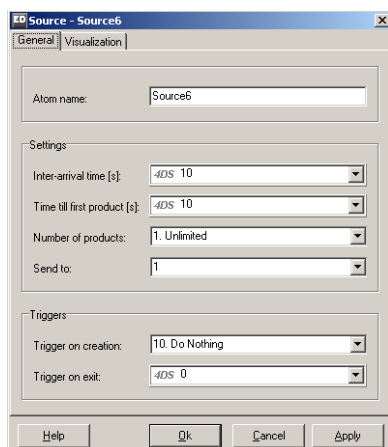
Dimension: در این قسمت می‌توان ابعاد محصول را تعریف کرد.

: Visualization tab

در این قسمت می‌توان شکل اتم‌ها را در مدل سه بعدی به شکل واقعی آن نزدیکتر کرد. که بحث درباره آن از سطح این کتاب بالاتر است.

• اتم Source:

این اتم مانند یک در ورودی در مدل عمل می‌کند که محصولات و مشتریان از طریق آن با نرخ معینی وارد مدل می‌شوند. در واقع کار این اتم تولید محصولات و مشتریان با نرخ مشخص و فرستادن آنها به داخل مدل است. این اتم را می‌توان از طریق مجموعه Basic modeling وارد مدل کرد. و در پنجره تنظیمات آن مولفه‌های مربوطه را به شرح زیر تعیین نمود.



شکل ۶-۲

Atom name: در این قسمت یک نام برای اتم در نظر می‌گیریم

Inter-arrival time: زمان و یا توزیع احتمالی نرخ بین دو ورود متوالی محصولات را در این قسمت می‌توان تنظیم کرد. باید توجه داشت که واحد زمان باید ثانیه باشد.

Time till first product: مدت زمان تا ورود اولین محصول را در این فیلد تعیین می‌شود. اگر نرخ ورود تمام محصولات یکسان باشد مقدار صفر را به این مولفه اختصاص می‌دهیم که در اینصورت تمام محصولات با نرخ ورود تعیین شده در قسمت Inter-arrival time وارد مدل می‌شوند.

Number of products: بوسیله این گزینه می‌توان تعداد محصولات ورودی به مدل را به مقدار مشخصی محدود کرد.

Send to: بیانگر شماره کانال خروجی‌ای است که محصولات بوسیله آن از اتم خارج می‌شوند که اگر متناظر با عدد وارد شده در این قسمت کانال خروجی وجود نداشته باشد هیچ محصولی از اتم خارج نمی‌شود و در اصطلاح اتم مسدود (Block) می‌شود. مسدود شدن اتم در صورت بسته بودن کانال خروجی تعیین شده نیز اتفاق می‌افتد. با کلیک بر دکمه مثلی شکل کنار این فیلد می‌توان این امکان برای کاربر وجود دارد که از بین قواعد موجود یک قاعده را برای چگونگی خروج محصولات از کانال‌های مختلف انتخاب کند و یا یک استراتژی خاص، بوسیله 4DScript تعریف کند. برخی از گزینه‌های موجود به شرح زیر است:

۱. Specific channel: always send to channel 1: با انتخاب این گزینه تمام محصولات از طریق کانال خروجی تعیین شده از اتم خارج می‌شوند.

۲. An open channel (First channel first): طریقه عملکرد این دستور به این صورت است که بازای هر محصول کانال‌های خروجی بترتیب از اولین کانال (شماره ۱) تا آخرین کانال خروجی جستجو می‌شوند و محصولات از طریق اولین کانال باز یافت شده از اتم خارج می‌شوند.

۳. An open channel (Last channel first): طریقه عملکرد این دستور به این صورت است که بازای هر محصول کانال‌های خروجی بترتیب از آخرین کانال تا اولین کانال خروجی جستجو می‌شوند و محصول از طریق اولین کانال باز یافت شده از اتم خارج می‌شوند.

۴. A random open channel: با انتخاب این گزینه هر محصول توسط کانال خروجی‌ای که بطور تصادفی از بین کانال‌های باز انتخاب شده، از اتم خارج می‌شوند.

۵. By percentage: بوسیله این گزینه و تعیین درصد خروج محصولات از کانال‌های مختلف می‌توان میزان خروجی از کانال‌ها را کنترل کرد.

۶. By atom name: این دستور محصولات را بر اساس نام تعریف شده برای آنها به کانال خروجی مشخصی می‌فرستد.

۷. By label value (direct): با انتخاب این گزینه هر محصول به کانال خروجی‌ای که شماره آن کانال بعنوان لیبل در محصول قرار دارد فرستاده می‌شود. باید توجه شود که کانال خروجی متناظر با مقدار لیبل هر محصول موجود باشد در غیر صورت در اجرا مدل خطا پیش می‌آید.

۸. By label value (conditional): این دستور محصولات را بر اساس شرایطی که مقدار لیبل آنها دارد به کانال مشخصی می‌فرستد. مثلاً اگر مقدار لیبل محصولی از ۱ کمتر بود، محصول از طریق کانال اول و در غیر اینصورت از طریق کانال دوم از اتم خارج می‌شود.

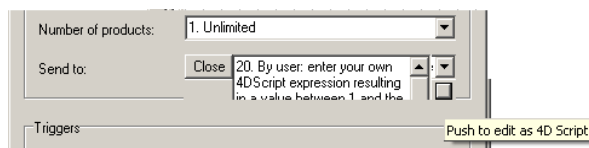
۹. Round robin: با انتخاب این گزینه تمام کانال‌های خروجی بطور چرخشی برای خروج محصولات انتخاب می‌شوند و اگر کانالی که نوبت ارسال محصول از طریق آن است بسته باشد تا زمانی که باز شود اتم مسدود می‌ماند.

۱۰. Round robin if available: با انتخاب این گزینه تمام کانال‌های خروجی بطور چرخشی برای خروج محصولات انتخاب می‌شوند و اگر کانالی که نوبت ارسال محصول از طریق آن است بسته باشد کانال بعدی انتخاب می‌شود.

۱۱. Smallest queue: این دستور محصولات را به خروجی‌ای که صف تشکیل شده مقابل آن کوتاه‌تر است می‌فرستد.

۱۲. Largest queue: این دستور محصولات را به خروجی‌ای که صف تشکیل شده مقابل آن طولانی‌تر است می‌فرستد.

۱۳. By user: با انتخاب این گزینه این امکان برای کاربر فراهم می‌شود که یک قاعده دلخواه برای نحوه خروج محصولات از اتم تعریف کند که برای این کار باید با کلیک بر روی دکمه کوچک مربعی شکل (مطابق شکل ۲-۷) در پنجره Edit 4DScript ظاهر شده دستور مدنظر را کد کرد

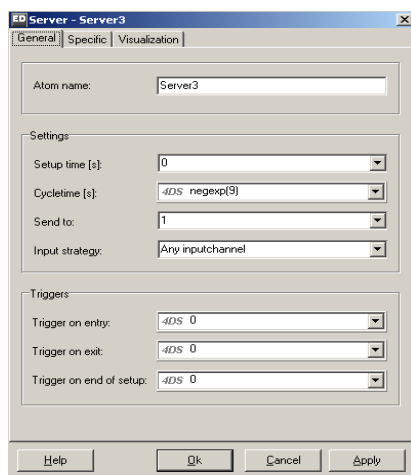


شکل ۳-۶

Triggers: در این قسمت می‌توان دستوراتی را جهت اجرا در هنگام تولید محصولات (Trigger on Creation) و یا هنگام خروج محصولات از اتم (Trigger on Exit) تعریف کرد. از جمله این دستورات می‌تواند اختصاص لیبل به محصولات، تنظیم اندازه محصولات و ... باشد.

• اتم Server :

از این اتم برای شبیه‌سازی هر نوع عملیاتی که مدت زمان خاصی برای انجام آن وقت صرف می‌شود و در محل ثابتی انجام می‌شود مثل ماشینکاری قطعات توسط دستگاه تراش، ارائه خدمت به مشتریان توسط یک کارمند و ... استفاده می‌شود. این اتم را می‌توان از طریق مجموعه Basic modeling وارد مدل کرد. و در پنجره تنظیمات آن مولفه‌های مربوطه را به شرح زیر تعیین نمود.



شکل ۴-۶

General tab

Atom name: در این قسمت یک نام دلخواه برای اتم تعیین می‌کنیم.

Setup time: مدت زمان لازم قبل از شروع بکار اصلی اتم، در این فیلد تعریف می‌شود. مثلاً مدت زمان تعویض قالب، تنظیم دستگاه، تمیز کردن دستگاه قبل از شروع کار می‌توانند جزء زمان‌های Setup لحاظ شوند. با کلیک بر دکمه مثلثی شکل کنار این فیلد می‌توان از بین گزینه‌های موجود در لیست ظاهر شده یکی را جهت تعیین فرکانس و مدت زمان لازم برای انجام هر Setup انتخاب کرد. برخی از گزینه‌های موجود به شرح زیر است:

۱. Fixed setup time: با انتخاب این گزینه به ازای هر محصول یک دوره Setup با زمان مشخص در نظر گرفته می‌شود.
۲. Fixed intervals: با انتخاب این گزینه به ازای پردازش تعداد مشخصی محصول یک دوره Setup با زمان معین در نظر گرفته می‌شود.
۳. Depending on label: با انتخاب این گزینه مدت زمان Setup برای پردازش هر محصول با توجه به مقدار لیبل تعریف شده برای آن محصول تعیین می‌شود.
۴. Cur-Prev Label: با انتخاب این گزینه اگر مقدار لیبل محصول فعلی با لیبل محصول قبلی متفاوت باشد یک دوره Setup با مدت زمان مشخص اعمال می‌شود.

Cycle time: در این فیلد مدت زمان یا توزیع احتمال مدت زمان پردازش محصولات تعیین می‌شود.

Send to: نحوه تنظیم این قسمت همانند قسمت مشابه در اتم Source است.

Input strategy: در این قسمت کانال ورودی که محصولات از طریق آن وارد اتم می‌شوند تعیین می‌شود. با کلیک بر روی دکمه مثلثی شکل این فیلد می‌توان از لیست ظاهر شده یک گزینه را بعنوان استراتژی ورود محصولات به اتم انتخاب کرد و یا یک استراتژی دلخواه را تعریف نمود. نحوه عملکرد استراتژی‌های موجود در لیست موجود به شرح زیر است:

۱. Any input channel: با انتخاب این گزینه محصولات، از تمام کانال‌های ورودی اتم، با اولویت کانالی که شماره آن کمتر است وارد اتم می‌شوند.
۲. Largest queue: با انتخاب این گزینه محصولات، از تمام کانال‌های ورودی اتم، با اولویت کانالی که طول صف اتم متصل به آن طولانی‌تر است، وارد اتم می‌شوند.
۳. Longest waiting: با انتخاب این گزینه محصولات، از تمام کانال‌های ورودی اتم، با اولویت کانالی که متوسط زمان انتظار محصولات در اتم متصل به آن بیشتر است، وارد اتم می‌شوند.
۴. Round robin: با انتخاب این گزینه تمام کانال‌های ورودی بطور چرخشی برای ورود محصولات انتخاب می‌شوند.
۵. Channel 1: با انتخاب این گزینه محصولات تنها از طریق کانال ورودی تعیین شده می‌توانند وارد اتم شوند.

Triggers: در این قسمت می‌توان دستوراتی را جهت اجرا در هنگام ورود محصولات (Trigger on entry)، خروج محصولات از اتم (Trigger on Exit) و یا هنگام پایان هر بار Setup (Trigger on end of setup) تعریف کرد.

Specific tab

Batch (B): تعداد محصولاتی که می‌توانند همزمان وارد اتم شوند و یا از آن خارج شوند در این قسمت تعیین می‌شود.

Batch rule: در این قسمت از بین گزینه‌های موجود یکی را بعنوان نحوه عملکرد اتم انتخاب می‌کنیم.

۱. B in, 1 out (the first): با انتخاب این گزینه به ازای هر B واحد محصول ورودی تنها یک محصول از اتم خارج می‌شود.
۲. B in, B out: با انتخاب این گزینه به ازای هر B واحد محصول ورودی B واحد محصول نیز از اتم خارج می‌شود.

۳. $1 \text{ in}, B \text{ out (copies of in)}$: با انتخاب این گزینه به ازای هر یک واحد محصول ورودی B واحد محصول از اتم خارج می‌شود.

Busy time: با تیک زدن این گزینه، برای محاسبه میانگین زمان دو خرابی اتم (MTBF: Mean Time Between Failure)، تنها زمان‌هایی که اتم مربوطه مشغول کار بوده لحاظ می‌شود نه مدت زمان سپری شده از شبیه‌سازی.

MTTF: مخفف Mean Time To Failure و به معنی متوسط زمان بین پایان تعمیر دستگاه تا وقوع خرابی بعدی است. که می‌تواند بصورت متوسط زمان بین دو خرابی متوالی دستگاه، MTBF (Mean Time Between Failure) نیز تعریف شود.

MTTR: مخفف Mean Time To Repair و به معنی متوسط زمان برای تعمیر دستگاه است.

MCBF: مخفف Mean Cycles Between Failure و به معنی متوسط تعداد سیکل‌های کاری بین دو خرابی است. در این شاخص مدت زمان بین دو خرابی مطرح نیست بلکه تعداد سیکل‌های کاری که دستگاه می‌تواند بین دو خرابی متوالی انجام دهد در نظر گرفته می‌شود.

MTTR for cycles: در این قسمت متوسط زمان برای تعمیر خرابی ناشی از MCBF وارد می‌شود.

Triggers: در این قسمت می‌توان دستوراتی را جهت اجرا در هنگام وقوع خرابی (Trigger on Breakdown) و یا هنگام آغاز تعمیر (Trigger on Repair) تعریف کرد.

• اتم Queue:

از این اتم می‌توان برای شبیه‌سازی محل انتظار محصولات و مشتریان برای دریافت خدمت، مثل بافرها، انبارک‌ها، صف‌ها و... استفاده کرد. این اتم را می‌توان از طریق مجموعه Basic modeling وارد مدل کرد. و در پنجره تنظیمات آن مولفه‌های مربوطه را به شرح زیر تعیین نمود.

شکل ۵-۶

: General tab

Atom name: در این قسمت یک نام دلخواه برای اتم تعیین می‌کنیم.

Capacity: در این قسمت حداکثر ظرفیت اتم مشخص می‌شود و هرگاه تعداد محصولات موجود در این اتم، به این مقدار برسد کانال‌های ورودی اتم بسته می‌شوند.

Send to: نحوه تنظیم این قسمت همانند قسمت مشابه در اتم Source است.

Queue discipline: در این قسمت ترتیب خروج قطعات از اتم تعیین می‌شود که می‌تواند یکی از گزینه‌های زیر باشد

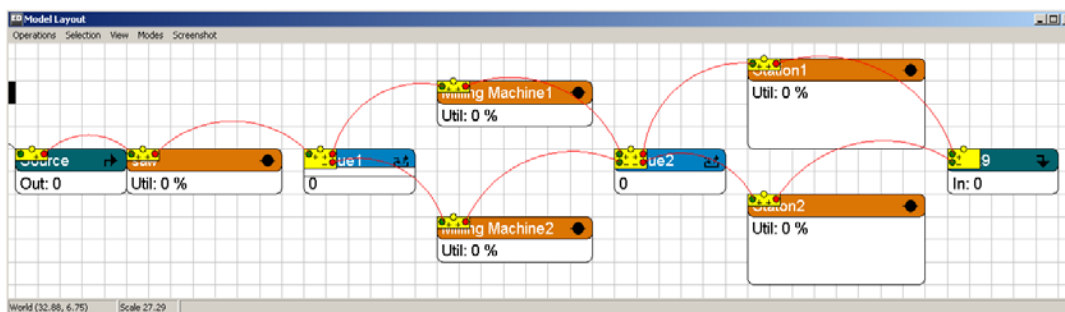
۱. First in first out: با انتخاب این گزینه محصولاتی که زودتر به اتم وارد شده‌اند زودتر نیز از آن خارج می‌شوند.
۲. Last in first out: با انتخاب این گزینه محصولاتی که دیرتر به اتم وارد شده‌اند زودتر از آن خرج می‌شوند.
۳. Random: با انتخاب این گزینه هیچ اولوی برای خروج محصولات وجود ندارد و محصولات بصورت تصادفی از اتم خارج می‌شوند.
۴. Sort by Label Ascending: با انتخاب این گزینه محصولاتی که مقدار لیبل تعریف شده برای آنها کمتر است زودتر از اتم خارج می‌شوند.
۵. Sort by Label Descending: با انتخاب این گزینه محصولاتی که مقدار لیبل تعریف شده برای آنها بیشتر است زودتر از اتم خارج می‌شوند.
۶. User defined: با انتخاب این گزینه می‌توان یک استراتژی دلخواه برای تعیین ترتیب خروج محصولات از اتم تعریف کرد.

Input strategy: نحوه تنظیم این قسمت همانند قسمت مشابه در اتم Server است.

Triggers: در این قسمت می‌توان دستوراتی را جهت اجرا در هنگام ورود محصولات (Trigger on entry) و یا هنگام خروج محصولات از اتم (Trigger on Exit) تعریف نمود.

مثال ۱-۶) در یک کارگاه ساخت فریم پنجره‌های چوبی روزانه ۱۵۰ الوار چوبی برای تولید فریم استفاده می‌شود که هر یک از این الوارها در مرحله اول توسط یک دستگاه اره برقی به ۱۰ قسمت به اندازه‌های معین برش داده می‌شوند در مرحله دوم هر یک از این قسمت‌های برش داده شده توسط دو دستگاه تراش که بصورت موازی کار می‌کنند به اشکال مورد نظر تراشیده می‌شوند و در مرحله آخر هر ۴ قطعه تراش خورده بوسیله چسب و پیچ بهم متصل می‌شوند که این کار در دو ایستگاه که بطور مستقل و موازی با هم کار می‌کنند انجام می‌شود. مدت زمان برش الوارها توسط دستگاه اره برقی دارای توزیع یکواخت بین ۲ تا ۳ دقیقه است. و این دستگاه هر روز نیم ساعت بعد از آغاز کار سایر دستگاه‌ها شروع بکار می‌کند. دو دستگاه تراش دارای سیکل عملیاتی نرمال با میانگین ۳۶ ثانیه و انحراف استاندارد ۲ ثانیه هستند. همچنین مدت زمان متصل کردن قطعات بهم در هر دو ایستگاه در قبل از ساعت ۱۲، ۱۲۰ ثانیه است و بعد از آن تا پایان ساعت کاری به ۱۵۰ ثانیه افزایش می‌یابد. تیغ اره دستگاه اره برقی بطور میانگین بعد از برش هر ۳۰ الوار کند شده و باید تعویض شود که مدت زمان تعویض آن نیز بطور میانگین ۵ دقیقه طول می‌کشد و همچنین مدت زمان بین دو خرابی این دستگاه مستقل از ساعات کارکرد دارای توزیع نرمال با میانگین ۵ روز و انحراف استاندارد یک روز است. زمان متوسط تعمیر آن نیز ۳۰ دقیقه بطول می‌انجامد. و به طور متوسط هر یک از دستگاه‌های تراش بعد از هر ۲ ساعت کار نیاز به پاکسازی از خاک اره دارند که این بطور متوسط در ۱۵ دقیقه انجام می‌شود. در بین مراحل تولیدی در این کارگاه انبارک‌هایی با ظرفیت ۵۰۰ وجود دارد. مدت زمان فعالیت این کارگاه از ساعت ۸ الی ۱۶ است. فرآیند تولیدی این کارگاه را مدل کنید؟

برای مدل کردن سیستم ابتدا اتمها را مطابق شکل زیر در پنجره Model layout قرار داده و ارتباط بین آنها را نیز برقرار کنید.



شکل ۶-۶

حال به ترتیب، تنظیمات اتمها را انجام دهید و برای این کار ابتدا از اتم Source آغاز کنید و در پنجره تنظیمات آن در قسمت Inter arrival time عدد صفر را وارد کنید زیرا فرض می‌شود با شروع بکار دستگاه اره الوارها بدون وقفه برای برش در دستگاه قرار می‌گیرند. در قسمت Time till first product از دستور Mins(30) که به معنی ۳۰ دقیقه است، استفاده کنید زیرا فرض شده دستگاه اره برقی نیم ساعت بعد از

آغاز کار سایر دستگاه‌ها شروع بکار می‌کند و می‌توانیم این فرض را با نرساندن الوار به این دستگاه در آغاز روز به مدت ۳۰ دقیقه ارضاء کنیم. در قسمت Number of product عدد ۱۵۰ را وارد کنید تا در روز بیش از ۱۵۰ الوار برای برش به دستگاه اره فرستاده نشود.

شکل ۶-۷

در پنجره تنظیمات اتم Server مربوط به دستگاه اره برقی زمان سیکل کاری را بصورت Uniform(120, 180) تنظیم کنید و در ادامه در Specific Tab تنظیمات را به شرح زیر انجام دهید.

در قسمت Batch(B) اندازه دسته‌های تولیدی را برابر ۱۰ تعیین کنید. و در Batch Rule، گزینه 1 in, B out (copies of in) را انتخاب کنید. زیرا نحوه عملکرد دستگاه بدین صورت است که هر یک الوار ورودی را به یک دسته ۱۰ تایی از قطعات چوب تبدیل می‌کند؛ چون فرض شده که دستگاه اره بطور متوسط در هر ۵ روز (مستقل از ساعات کارکرد) سرویس می‌شود نیازی به تیک زدن گزینه Busy time نیست. در قسمت MTTF دستور $\text{Max}(0, \text{Normal}(\text{hr}(40), \text{hr}(1)))$ را وارد کنید زیرا هر روز ۸ ساعت کاری در نظر گرفته شده و در نتیجه برای شناساندن زمان ۵ روز به برنامه از $\text{hr}(40)$ که به معنی ۴۰ ساعت است استفاده کرده‌ایم. و در قسمت MTTR مقدار mins(30) را وارد کنید. برای اعمال مدت زمان بین تعویض تیغ اره دو رویکرد وجود دارد، یکی اینکه تعویض تیغ اره جزء تنظیمات دستگاه لحاظ شود و در نتیجه برای اعمال آن از فیلد Setup time در General tab استفاده شود و دیگری اینکه تعویض تیغ اره جزء خرابی دستگاه در نظر گرفته شود و تعداد سیکل بین دو خرابی متوالی در فیلد MCBF در Specific tab درج شود که در این مثال از رویکرد دوم و از قسمت MCBF برای وارد کردن تعداد سیکل کاری بین دو تعویض متوالی تیغه اره استفاده شده و مقدار آن ۳۰ در نظر گرفته شده زیرا بعد از بریدن ۳۰ الوار لازم است که تیغه آن تعویض شود. در فیلد MCBF نیز مقدار mins(5) را وارد کنید.

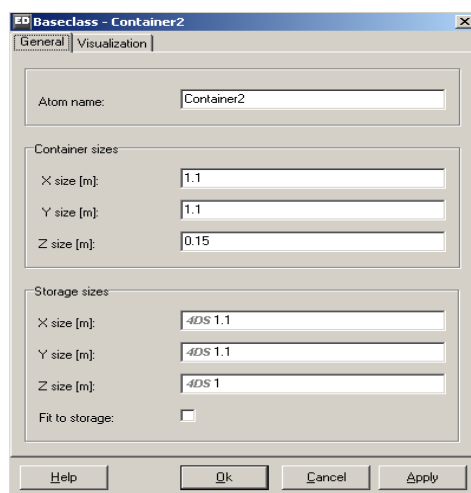
شکل ۶-۸

برای انجام تنظیمات اتم‌های Queue در مدل کافی است که مقدار Capacity آنها برابر ۵۰۰ تعیین شود و از دستور A Random open channel در قسمت Send to استفاده شود.

در پنجره تنظیمات اتم‌های Server مربوط به ماشین‌های تراش را سیکل کاری بصورت $(\text{Max}(0, \text{Normal}(36, 2)))$ تعریف کنید و در Specific Tab، ابتدا گزینه Busy time را تیک بزنید چرا؟ و در قسمت MTTF عبارت $\text{hr}(2)$ و در قسمت MTTR عبارت $\text{mins}(15)$ را وارد کنید. در نهایت در پنجره تنظیمات اتم‌های Server مربوط به ایستگاه مونتاژ، سیکل کاری را بصورت $\text{If}(\text{Time} < \text{hr}(4), 120, 150)$ تعریف کنید زیرا فرض شده زمان سیکل کاری ایستگاه‌ها، قبل از ساعت ۱۲، یعنی تا زمانی که کمتر از ۴ ساعت از شروع کار سیستم می‌گذرد برابر ۱۲۰ ثانیه و بعد از آن تا پایان روز کاری برابر ۱۵۰ ثانیه است. در ادامه تنظیمات این اتم در Specific Tab ابتدا مقدار هر Batch را برابر ۴ قرار می‌دهیم و در قسمت Batch rule گزینه $B \text{ in}, 1 \text{ out (the first)}$ را انتخاب می‌کنیم تا بدین ترتیب به ازای هر ۴ محصول ورودی به اتم تنها یک محصول از آن خارج شود. حال مدل را به مدت ۸ ساعت اجرا کنید.

• اتم Container :

این اتم، معادل یک پالت و یا یک جعبه در دنیای واقعی است و امکان قرار دادن تعداد مشخص محصول بر روی آن وجود دارد. این اتم را می‌توان از طریق مجموعه Basic Modeling در پنجره Library به مدل اضافه کرد. پس از انتقال این اتم به مدل، باید کانال مرکزی آن را به کانال ورودی یک اتم Source متصل کرد تا با نرخ مشخص وارد مدل شود.



شکل ۹-۶

:General tab

Atom name: در این قسمت یک نام دلخواه برای اتم تعیین می‌کنیم.

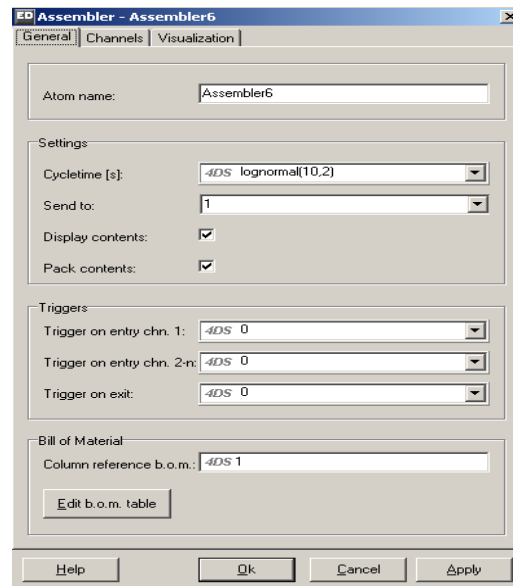
Container sizes: در قسمت امکان تعیین ابعاد اتم وجود دارد.

Storage sizes: در این فیلد می‌توان ابعاد قسمتی را که محصولات در آن قرار می‌گیرند را مشخص کرد.

Fit to storage: با تیک زدن گزینه باعث تعدیل اندازه محصولات قرار گرفته بر روی اتم میشود به این معنی که اگر اندازه محصولاتی که قرار است در این اتم قرار گیرند از اندازه مکان تعیین شده در اتم Container بزرگتر باشد برنامه به طور خودکار اندازه محصولات را بگونه‌ای تنظیم می‌کند که از مکان تعریف شده تجاوز نکند.

• اتم Assembler :

این اتم در هر سیکل کاری تعداد مشخصی محصول را از ورودی‌های مختلف دریافت کرده و آنها در یک Container قرار می‌دهد و در نهایت یک محصول را بعنوان خروجی، خارج می‌کند. نکته مهم درباره استفاده از این اتم این است که حتماً یکی از محصولات ورودی به این اتم باید از نوع اتم Container باشد و از طریق ورودی اول که به شکل مربع است به اتم Assembler وارد شود. از این اتم می‌توان برای مدل کردن دستگاه بسته‌بندی استفاده کرد. این اتم را می‌توان از طریق مجموعه Processes در پنجره Library به مدل اضافه نمود. و پس از وارد کردن این اتم به مدل در پنجره تنظیمات آن مولفه‌های مربوطه را به شرح زیر تعیین نمود.



شکل ۶-۱۰

General tab

Atom name: در این قسمت یک نام دلخواه برای اتم تعیین می‌کنیم.

Cycle time: در قسمت مدت زمان لازم برای قرار دادن قطعات در Container را تعیین می‌شود.

Send to: نحوه تنظیم این قسمت همانند قسمت مشابه در اتم Source است.

Display contents: با علامت زدن این گزینه امکان مشاهده محتویات اتم بوجود می‌آید.

Pack contents: تیک زدن این گزینه باعث می‌شود که قطعاتی که از ورودی‌های مختلف وارد اتم می‌شوند در اتم Container که از ورودی اول وارد می‌شود، قرار گیرند. در صورت تیک نزدن این گزینه قطعاتی که از ورودی غیر از ورودی اول وارد اتم می‌شوند از بین می‌روند و فقط قطعه‌ای که از ورودی اول وارد اتم شده بعنوان خروجی از اتم خارج می‌شود.

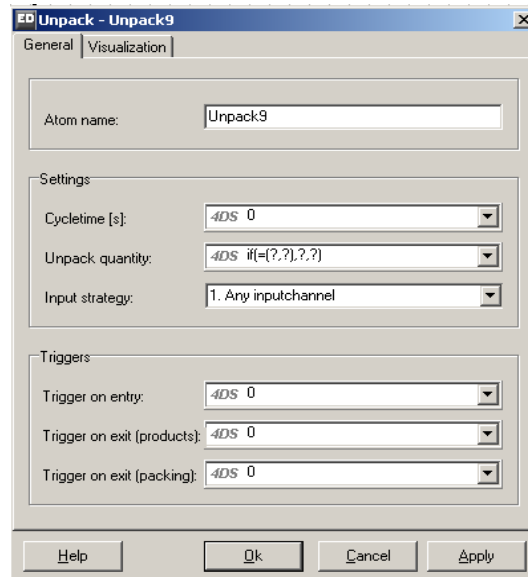
Triggers: در این قسمت می‌توان دستوراتی جهت اجرا در هنگام ورود قطعه از ورودی اول (Triggers on entry chn 1)، ورود قطعه از سایر کانال‌های ورودی (Triggers on entry chn 2-n) و در هنگام خروج محصول از اتم (Triggers on exit)، تعریف کرد.

Colum reference b.o.m: در این قسمت، عدد ستونی از جدول b.o.m را که نشان دهنده نسبت قطعات در محصول خروجی است، وارد می‌شود و برای تدوین این جدول با کلیک بر دکمه Edit b.o.m table در جدول ظاهر شده نسبت تعداد قطعات تشکیل دهنده محصول خروجی تعیین می‌گردد.

Channel Tab: در این قسمت امکان افزایش و یا کاهش تعداد کانال‌های ورودی و خروجی وجود دارد.

• اتم Unpack :

این اتم عکس کار اتم Assembler را انجام می‌دهد و محصولات قرار گرفته در Container را از آن جدا می‌کند و آن‌ها را به اتم متصل به خروجی اول و Container را به اتم متصل به خروجی دوم می‌فرستد. این اتم را می‌توان از طریق مجموعه Processes در پنجره Library به مدل اضافه نمود. پس از وارد کردن اتم به مدل می‌توان تنظیمات مربوط به آن را به شرح زیر انجام داد.



شکل ۶-۱۱

:General tab

Atom name: در این قسمت یک نام دلخواه برای اتم تعیین می‌شود.

Cycle time: در این قسمت مدت زمان لازم برای جدا کردن قطعات در Container تعیین می‌شود.

Unpack quantity: در این قسمت تعداد محصولاتی که از اتم Container جدا می‌شوند را می‌توان تعیین نمود که این کار با کلیک بر دکمه‌ی مثلثی شکل کنار این فیلد و انتخاب گزینه مورد نظر و یا کد کردن آن توسط 4DScript انجام می‌گیرد. گزینه‌های موجود در لیست این فیلد به شرح زیر است.

۱. Content (first(c)): با انتخاب این گزینه، تمام محصولات روی Container از آن جدا می‌شوند.
۲. duniform (1,10): با انتخاب این گزینه، تعداد محصولات جدا شده از هر اتم Container دارای توزیع یکنواخت گسسته بین ۱ تا ۱۰ خواهد بود.
۳. Label ([?], first(c)): با انتخاب این گزینه تعداد محصولات جدا شده از اتم Container برابر مقدار لیبل تعریف شده برای آن مجموعه خواهد بود. پس از انتخاب این گزینه باید نام لیبل مورد نظر که مقادیر از روی آن استخراج می‌شود را وارد نمود.
۴. If (=[?],[?],[?]): توسط این گزینه می‌توان تعداد محصولات جدا شده از اتم Container را در شرایط مختلف تعیین نمود.

Input strategy: نحوه تنظیم این قسمت همانند قسمت مشابه در اتم Server است.

Triggers: در این قسمت می‌توان دستوراتی جهت اجرا در هنگام ورود محصولات (Triggers on entry)، خروج قطعه جدا شده (Triggers on exit(product)) و در خروج Container از اتم (Triggers on exit(packing))، تعریف کرد.

• اتم Operator:

با استفاده از این اتم می‌توان نحوه عملکرد اپراتور در سیستم را مدل نمود. این اتم تنها در کنار اتم Team می‌تواند به مدل وارد شود، در واقع وظایف مختلف توسط اتم Team به هر اپراتور تخصیص داده می‌شود. این اتم‌ها را می‌توان از طریق مجموعه Operators در پنجره Library به مدل اضافه کرد. پس از وارد کردن این اتم‌ها به مدل باید از کانال ورودی یا خروجی اتم‌هایی که نیازمند حضور اپراتور هستند با کانال مرکزی اتم Team مورد نظر ارتباط برقرار شود و برای فراخوانی اپراتور از دستور Calloperator به شرح زیر استفاده کرد.

Syntax: CallOperators (e1, e2, e3 {, ..., e23})

e1: از این پارامتر جهت ارجاع به اتم Team مورد نظر استفاده می‌شود. مثلاً اگر اتم Team به ورودی دوم اتم جاری متصل باشد دستور In(2,c) در این قسمت درج می‌شود.

e2: تعداد اپراتور مورد نیاز توسط این پارامتر تعریف می‌شود.

e3: اولویت اتم متقاضی برای دریافت اپراتور توسط این پارامتر تعیین می‌شود که در آن ۱ دارای کمترین اولویت است و با افزایش عدد درج شده در این قسمت اولویت افزایش می‌یابد.

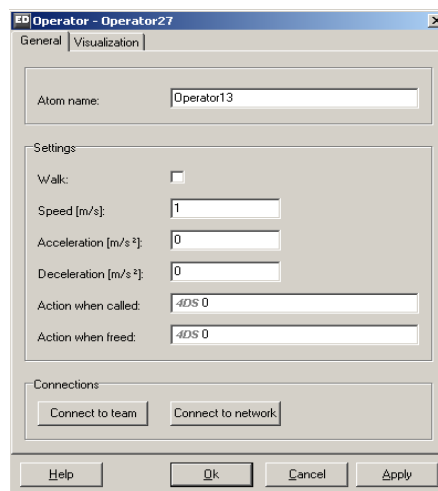
e4,...,e23: نام اپراتورهای مورد نیاز توسط این پارامترها تعیین می‌شود

پس از اتمام مأموریت محول شده به اپراتور، باید این اپراتور بعنوان اپراتور آزاد معرفی شود تا این امکان را داشته باشد به اتم‌های متقاضی دیگر رسیدگی کند که برای این کار از دستور FreeOperator استفاده می‌شود.

Syntax: FreeOperators (e1, e2)

e1: این پارامتر جهت ارجاع به اتم تیمی است که اپراتور مدنظر به آن متصل است

e2: این پارامتر جهت ارجاع به اتم اپراتور مدنظر است.



شکل ۴-۱۲

:General tab

Atom name: در این قسمت یک نام دلخواه برای اپراتور تعیین می‌شود.

Walk: با تیک زدن این گزینه اپراتور با راه رفتن در طول مسیر، خود را به اتم متقاضی می‌رساند. در غیر این صورت، بدون حرکت، به اتم مربوطه منتقل می‌شود.

Speed: در این فیلد می توان حداکثر سرعت حرکت اپراتور در مدل را تعیین کرد.

Acceleraton: در این فیلد شتاب حرکتی اپراتور تعیین می شود.

Deceleration: شتاب ایستایی اپراتور در این قسمت مشخص می شود.

Action when called: دستوراتی را جهت اجرا هنگام فراخوانی اپراتور، در این قسمت می توان تعریف نمود.

Action when freed: دستوراتی را جهت اجرا هنگام فراغت اپراتور از کار، در این قسمت می توان تعریف نمود.

با کلیک بر دکمه ی Connect to Team می توان اپراتور را به Team مورد نظر متصل کرد.

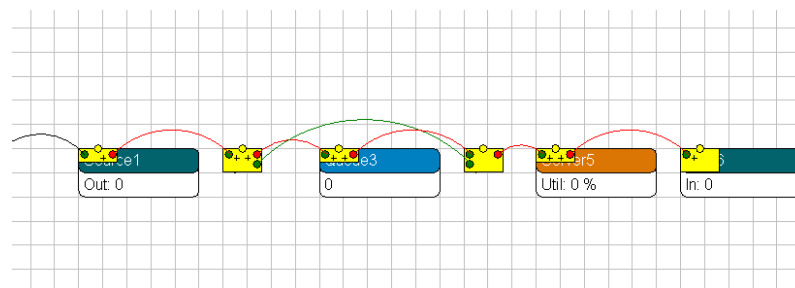
مثال ۲-۶) در یک کارگاه تراش مواد اولیه به شکل میله های فولادی ۶ متری هستند که در مرحله اول به اندازه های ۲۰ سانتی بریده می شوند و سپس توسط دو عدد دستگاه تراش که بصورت موازی و مستقل از هم کار می کنند، به اشکال مورد نظر تراشیده شده و در نهایت هر ۱۰ عدد از آنها در یک جعبه بسته بندی می شوند و بعنوان محصول نهایی از کارگاه خارج می شود. در این کارگاه ۲ اپراتور به نام های علی و محمد نیز مشغول کار هستند که عملیات های فوق را انجام می دهند که عملیات بسته بندی فقط توسط علی و عملیات برش فقط توسط محمد انجام می شود. عملیات بسته بندی به محض آماده شدن تعداد قطعه مورد نیاز آغاز می شود و همچنین اجرا عملیات تراش، از اولویت بیشتری نسبت به برشکاری برخوردار است. اگر مدت زمان برش هر میله فولادی دارای توزیع نرمال با میانگین ۵ دقیقه و انحراف استاندارد ۲۰ ثانیه و متوسط مدت زمان تراش قطعات در هر یک از دستگاه های تراش ۲ دقیقه باشد و در نهایت مدت زمان بسته بندی نیز دارای توزیع نرمال به میانگین ۲ دقیقه و انحراف استاندارد ۲۰ ثانیه است. فرآیند تولیدی این کارگاه را مدل کنید.

(حل این مثال در CD ارائه شده موجود است)

• اتم های Lock و Unlock

استفاده از اتم Lock به تنهایی در مدل، باعث می شود حداکثر محصولات عبوری از آن، از یک مقدار مشخصی بیشتر نشود و وقتی اتم Lock در کنار اتم Unlock در مدل قرار می گیرد، حداکثر محصولات در قسمت قرار گرفته بین این دو اتم، محدود به مقدار مشخصی می شوند. که برای این منظور باید آخرین کانال خروجی اتم lock را به آخرین کانال ورودی اتم Unlock متصل نمود و اتم های ابتدایی و انتهایی قسمتی را که می خواهیم تعداد محصولات آن را کنترل کنیم به ترتیب به سایر کانال های خروجی اتم Lock و ورودی اتم Unlock متصل می کنیم و پس از آن در پنجره ی تنظیمات اتم Lock در فیلد Lock Level حداکثر محصولات تعیین شود. این اتم ها را می توان از طریق مجموعه ی Flow control در پنجره ی Library به مدل اضافه نمود.

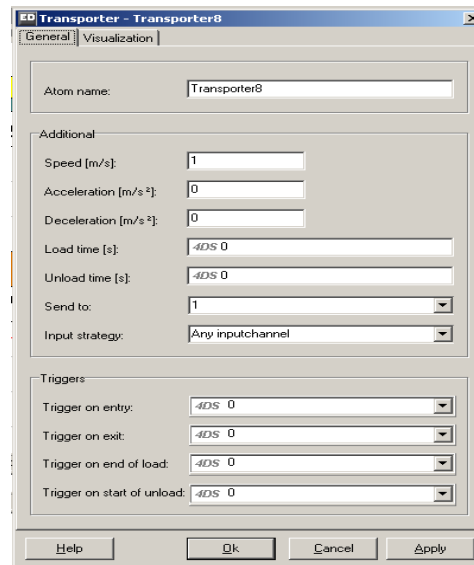
فرض کنید در یک مدل بخواهیم تعداد محصولات موجود در یک اتم صف را کنترل کنیم و اجازه ی ورود بیش از ۶ محصول را به آن ندهیم، برای این کار چیدمان اتم ها را مطابق شکل زیر انجام می دهیم و در پنجره ی تنظیمات اتم Lock عدد ۶ را وارد می کنیم.



شکل ۶-۱۳

• اتم Transporter:

از این اتم می‌توان برای شبیه سازی نحوه عملکرد انواع لیفتراک‌ها و وسایل نقلیه‌ی استفاده کرد. این اتم می‌تواند محصولات را از N محل برداشته و از کوتاه‌ترین راه ممکن، به سوی M محل دیگر حمل کند که برای این منظور باید از کانال خروجی اتم‌هایی که محصولات از آنها برداشته می‌شوند به کانال ورودی اتم Transporter وصل نمود و از کانال خروجی اتم Transporter نیز به کانال‌های ورودی اتم مقصد ارتباط برقرار کرد. این اتم را می‌توان از مسیر Library >> Transport >> Floorbound به مدل اضافه نمود.



شکل ۶-۱۴

:General tab

Atom name: در این قسمت یک نام دلخواه برای اتم تعیین می‌شود.

Speed: در این فیلد می‌توان حداکثر سرعت حرکت اتم در مدل را تعیین کرد.

Acceleraton: در این فیلد شتاب حرکتی اتم تعیین می‌شود.

Deceleration: شتاب ایستایی اتم در این قسمت مشخص می‌شود.

Loadtime: در این قسمت مدت زمان مورد نیاز برای بارگیری محصول تعیین می‌شود.

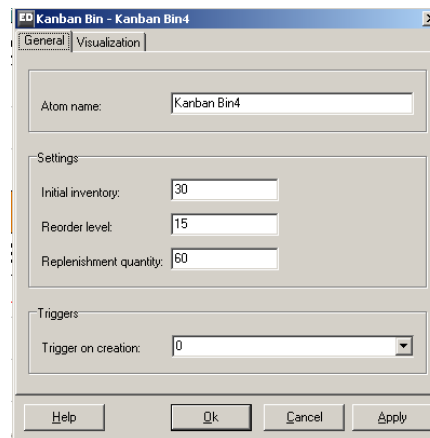
Unload: در این قسمت مدت زمان مورد نیاز برای تخلیه محصول تعیین می‌شود

Triggers: در این قسمت می‌توان دستوراتی را جهت اجرا در هنگام آغاز عملیات بارگیری (trigger on entry)، پایان عملیات بارگیری (trigger on end of load)، آغاز عملیات تخلیه (trigger on start of unload) و هنگام پایان عملیات تخلیه (trigger on exit) تعریف نمود.

• اتم Kanban Bin

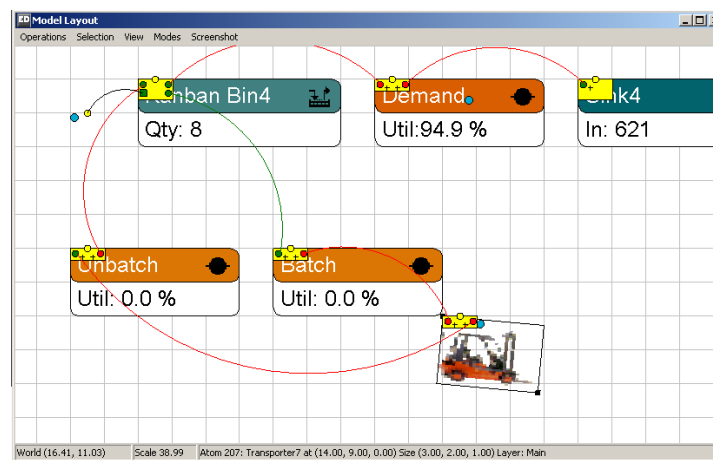
از این اتم برای شبیه سازی سیستم‌های موجودی استفاده می‌شود و نحوه‌ی عملکرد آن نیز به این صورت است که این اتم از یک مقدار، تحت عنوان موجودی اولیه کار خود را شروع کرده و به محض رسیدن سطح موجودی محصولات به نقطه‌ی سفارش مجدد، محصولات را به اندازه‌ی مقدار سفارش داده شده، تولید می‌کند که این محصولات از طریق خروجی دوم اتم به اتمی که توانایی دریافت یکباره‌ی کل مقدار سفارش را داشته باشد

فرستاده می‌شود تا از طریق آن و از طریق کانال ورودی اول دوباره به اتم Kanban Bin ارسال شود. این اتم را می‌توان از مجموعه‌ی Storage در پنجره‌ی Library به مدل اضافه کرد و در پنجره‌ی تنظیمات آن مقادیر موجودی اولیه (Initial inventory)، سطح نقطه سفارش مجدد (Reorder point) و مقدار سفارش (Replenishment quantity) را تعیین نمود.



شکل ۶-۱۵

برای شبیه سازی یک سیستم موجودی می‌توان از اتم Server که در بخش Cycletime آن، متوسط مدت زمان بین دو سفارش درج شده، برای مدل کردن تقاضا استفاده نمود و برای اعمال مدت زمان Lead time نیز می‌توان از یک اتم Transporter با زمان Load یا Unload برابر زمان Lead time استفاده نمود که در شکل زیر نحوه‌ی چیدمان این اتم‌ها در مدل نشان داده شده است.



شکل ۶-۱۶

همانگونه که در شکل مشخص است از دو اتم Server به نام‌های Batch و Unbatch نیز در مدل استفاده شده که نحوه عملکرد آنها بدین صورت است: مقدار محصول سفارش داده شده (Q) پس از تولید در اتم Kanban Bin به اتم Batch فرستاده می‌شود و در آن به ازای هر Q واحد محصول، یک واحد محصول خارج می‌شود و این محصول بوسیله اتم Transporter که زمان load time آنرا برابر مدت زمان Lead time در نظر گرفته‌ایم به اتم Unbatch منتقل می‌شود و در آن اتم نیز به ازای هر واحد محصول ورودی، Q واحد به اتم Kanban Bin ارسال می‌شود البته لازم به ذکر است که باید مدت زمان Cycletime این اتم‌ها برابر صفر در نظر گرفته شود تا در منطق مدل خللی ایجاد نشود. در این صورت درصد تقاضای پاسخ داده شده برابر عدد به نمایش درآمده در اتم Server مربوط به تقاضا، خواهد بود.

۷- تحلیل و آنالیز نتایج در ED؛

در ED روش‌های مختلفی برای تحلیل نتایج حاصل از اجرای مدل وجود دارد که عبارتند از:

A. اطلاعات به نمایش درآمده در هر یک از اتم‌ها:

بعنوان مثال هر اتم Queue در هر لحظه تعداد محصولات و مشتریانی که در این اتم قرار دارد نشان داده می‌شود. در هر اتم Server راندمان و کارایی آن اتم در هر لحظه نمایش داده می‌شود. در اتم‌های Source و Sink در هر لحظه می‌توان تعداد مشتریان و یا محصولاتیکه به مدل وارد شده یا از آن خارج شده‌اند را مشاهده کرد. از طریق این اطلاعات مختصر می‌توان بعنوان یک معیار برای سنجش عملکرد صحیح و منطقی مدل استفاده کرد. مثلاً اگر وجود یک Server با راندمان صفر در مدل می‌تواند نشانه وجود اشکال منطقی در مدل باشد.

B. استفاده از Result Atoms:

این اتم‌ها از طریق پنجره Library قابل دسترسی هستند و هر یک از آنها عملکرد مخصوص به خود را دارد مثلاً اتم‌های Status Indicator و Status Monitor، وضعیت‌های مختلف یک اتم در طول مدت شبیه‌سازی را نشان می‌دهد و یا اتم Monitor می‌تواند اطلاعات بیشتری درباره اتم‌ها همچون تعداد خروجی در ساعت را بصورت گرافیکی، نمایش دهد.

C. استفاده از دستورات Summary Reports و Graphs در منوی Results:

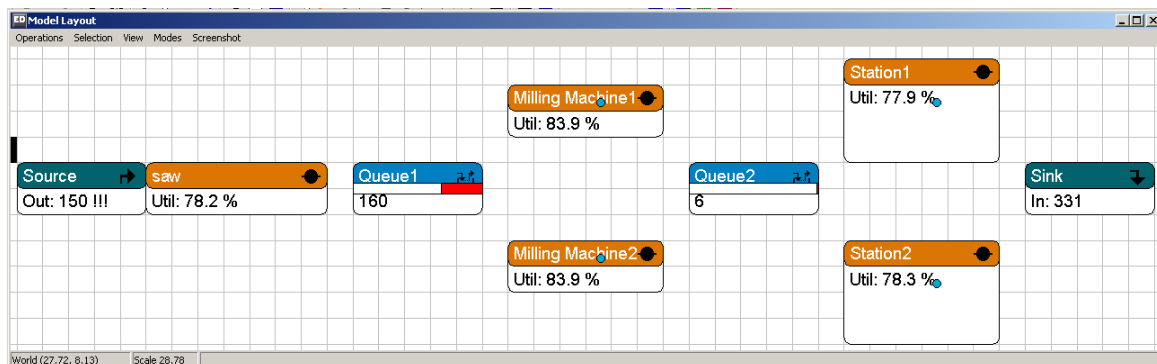
با استفاده از این روش می‌توان مجموعه‌ای اطلاعات و نتایج حاصل از اجرای مدل را مشاهده کرد که یک دید کلی درباره وضعیت مدل به کاربر ارائه می‌دهد و می‌توان با استفاده از این روش بازخورد و واکنش مدل را نسبت به اعمال تغییرات در آن را مشاهده کرد.

D. استفاده از دستور Experiment Wizard:

این تکنیک با سه روش قبل متفاوت است و در تحلیل واقعی مدل کاربرد دارد. در واقع می‌توان گفت با تحلیل نتایج به کمک سه روش قبل مدل ساخته شده مورد بازبینی (Verification) و اعتبار سنجی (Validation) قرار می‌گیرد و در صورت نیاز اصلاح می‌شود و سپس به کمک این تکنیک تحلیل نهایی روی آن صورت می‌گیرد.

در ادامه نحوه بکارگیری روش‌های فوق در چگونگی تحلیل نتایج شبیه‌سازی مدل ساخته شده در مثال ۱-۶ را توضیح می‌دهیم. برای کار ابتدا مدل را به مدت ۸ ساعت (یک روز کاری) اجرا می‌کنیم.

راندمان هر یک از دستگاه‌ها تولیدی و تعداد محصولات نیمه ساخته موجود در انبارک‌ها و تعداد محصولات نهایی تولید شده را می‌توان با توجه به عدد به نمایش درآمده در اتم‌های مربوطه بدست آورد. اما آیا می‌توان این اعداد را بعنوان مقادیر واقعی این متغیرها پذیرفت؟



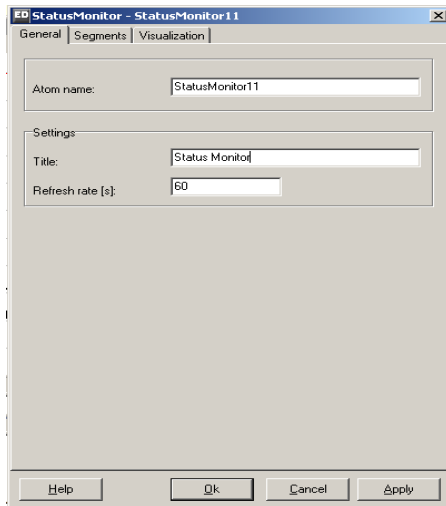
شکل ۷-۱

در ادامه برای تحلیل دقت تر مدل در ادامه از اتم‌های Result در مدل استفاده می‌کنیم.

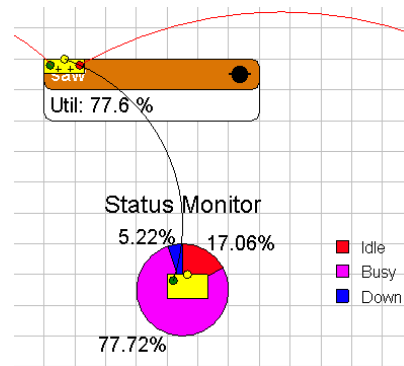
• Status Monitor:

از این اتم برای نمایش درصد وضعیت‌های مختلف یک اتم، (مثل بیکار، فعال، خراب، خالی، پر و غیره که برای هر اتم خاص بسته به ماهیت آن اتم تنها تعداد خاصی از وضعیت‌ها قابل تعریف است) در طول مدت شبیه‌سازی بصورت یک نمودار دایره‌ای استفاده می‌شود. برای استفاده از این اتم، آن را طریق پنجره Library و مسیر Status Monitor >> Result و یا کلیک بر روی آیکون آن  در نوار Speed buttons وارد مدل می‌کنیم و سپس کانال ورودی آن را به کانال مرکزی اتم مورد نظر متصل می‌کنیم. برای انجام تنظیمات بیشتر می‌توان با کلیک راست کردن بر روی این اتم در پنجره ظاهر شده در General Tab عنوان و نام اتم را تغییر داد و همچنین مدت زمان بین آپدیت کردن اطلاعات را تعیین کرد. در Segments Tab امکان تغییر رنگ وضعیت‌های مختلف وجود دارد. در Visualization Tab امکان تغییر شکل گرافیکی اتم وجود دارد.

در این مثال فرض کنید که می‌خواهیم درصد وضعیت‌های مختلف اتم مربوط به دستگاه اره را در طول مدت شبیه‌سازی بوسیله Status Monitor بررسی کنیم برای این کار همان گونه که ذکر شد کافی است از کانال مرکزی اتم دستگاه اره یک خط ارتباطی به کانال ورودی اتم Status Monitor وصل کنیم و سپس مدل را پس از Reset کردن دوباره اجرا کنیم.



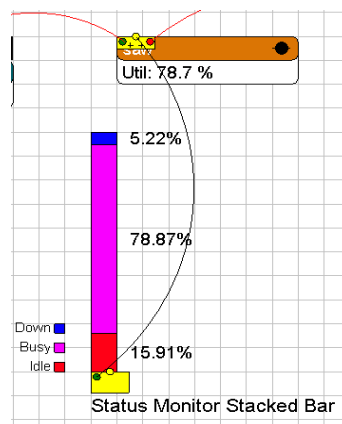
شکل ۷-۲



شکل ۷-۳

• Status Monitor Stacked Bar:

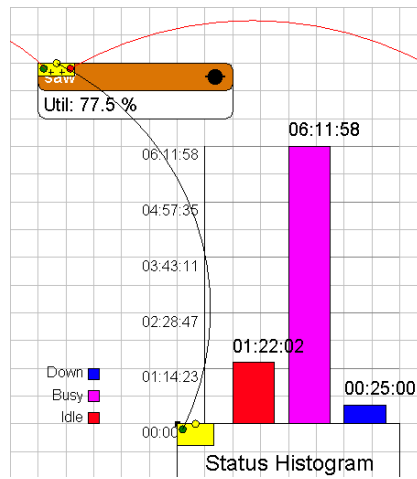
نحوه عملکرد و چگونگی بکار بردن این اتم در مدل دقیقاً مشابه اتم Status Monitor است با این تفاوت که در این اتم درصد وضعیت‌های مختلف اتم مورد بررسی توسط یک نمودار میله‌ای مجتمع، به نمایش در می‌آید.



شکل ۷-۴

• Statuse Histogram :

نحوه عملکرد و چگونگی بکار بردن این اتم در مدل دقیقاً مشابه اتم Status Monitor است با این تفاوت که در این اتم، مدت زمان وضعیت‌های مختلف اتم مورد بررسی، بصورت هیستوگرام به نمایش در می‌آید.



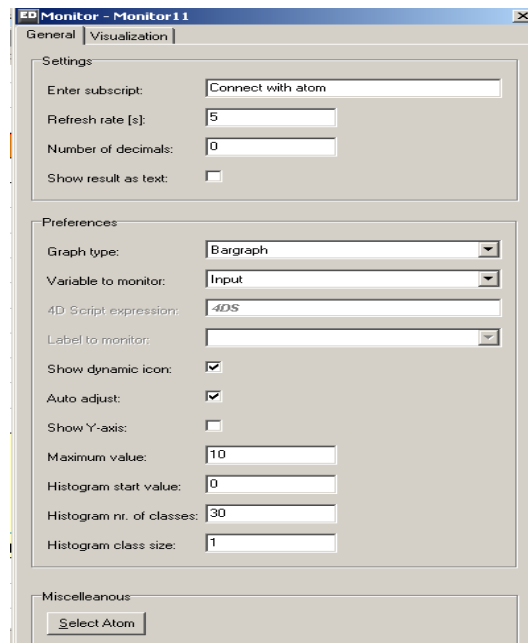
شکل ۷-۵

• Status Indicator :

از این اتم برای نمایش وضعیت اتم مورد بررسی در هر لحظه استفاده می‌شود و نحوه استفاده از آن در مدل مطابق دو اتم قبل است.

• Monitor :

از این اتم برای نمایش یک مقدار متغیر (که می‌تواند تعداد محصولات موجود در یک اتم خاص، متوسط زمان ماندن محصولات در یک اتم خاص و ...) بصورت متنی یا تصویر پویا استفاده می‌شود. برای استفاده از این اتم در مدل باید بعد از وارد کردن آن به مدل، از طریق مسیر Library >> Result >> Monitor و یا کلیک بر روی آیکون آن در نوار Speed Buttons، در پنجره تنظیمات، مولف‌های مربوطه را به شرح زیر تعیین کرد.

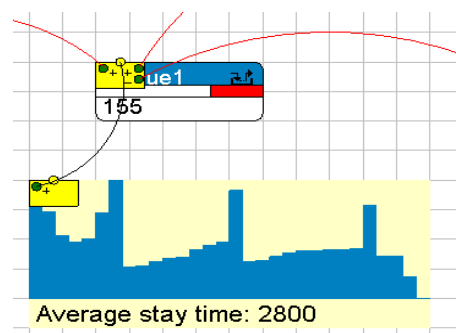


۷-۶

در General Tab در قسمت Enter subscript یک نام برای متغیری را که می‌خواهیم آن را بررسی کنیم تعریف می‌کنیم. در قسمت Refersh rate طول بازه‌های زمانی آپدیت شدن را (به ثانیه) تعیین می‌کنیم. در قسمت Number of decimal تعداد اعشار مورد نیاز برای متغیر مورد بررسی را تعیین می‌کنیم. اگر بخواهیم مقادیر متغیر مورد بررسی بصورت متنی به نمایش در آید گزینه Show result as tex را تیک می‌زنیم. در ادامه از بین گزینه‌های موجود در قسمت Graph tyape یکی را بعنوان طریقه به نمایش درآوردن مقادیر متغیر مورد بررسی انتخاب می‌کنیم. در قسمت Variable to monitor متغیر مورد بررسی را تعریف می‌کنیم که می‌تواند Output (میزان خروجی یک اتم)، Input (میزان ورودی یک اتم)، Content (مقدار محتوا یک اتم)، Avragecontent (متوسط مقدار محتوا یک اتم)، Avrage staying time (متوسط زمان ماندن محصولات در اتم)، Output per hour (میزان خروجی در ساعت یک اتم)، Label (مقادیر تعریف شده برای محصولات موجود در یک اتم) و یا هر متغیر دلخواه دیگری که آن را بوسیله 4DScript تعریف کرده‌ایم، باشد. که با انتخاب گزینه 4DScript expression می‌توان در قسمت مربوطه متغیر مورد نظر را تعریف کنیم. تیک زدن گزینه Show dynamic icon باعث نمایش لحظه به لحظه مقادیر متغیر مربوطه در طول زمان اجرا، می‌شود و تیک زدن گزینه Auto Adjust باعث می‌شود حداکثر مقدار محور عمودی گراف ترسیم شده برابر بیشترین مقدار متغیر مورد بررسی در طول مدت اجر لحاظ شود. در قسمت Maximum value می‌توان حداکثر مقدار محور عمودی گراف ترسیم شده را بطور دلخواه تعیین کرد و در قسمت Histogram start value می‌توان نقطه شروع ترسیم هیستوگرام را تعیین کرد و در قسمت Histogram nr of Classes تعداد دسته‌های نمودار هیستوگرام را تعیین می‌شود و در نهایت در قسمت Histogram class size طول هر یک از این دسته‌ها را می‌توان مشخص کرد.

حال برای برقراری ارتباط با اتمی که می‌خواهیم مقادیر متغیر مورد بررسی از طریق آن بدست آید می‌توان از کلید Select atom استفاده کرد. اگر منبع ایجاد مقادیر متغیر مورد بررسی بیش از یک اتم بود می‌توان بوسیله اتصال کانال مرکزی این اتم‌ها و کانال‌های ورودی اتم Monitor که حداکثر ۱۰ عدد هستند، آنها را به اتم Monitor متصل کرد.

فرض کنید بخواهیم متوسط مدت زمان ماندن محصولات نیم ساخته در انبارک ما بین دستگاه اره و ماشین‌های تراش را بررسی کنیم. برای این کار اتم مربوط به این انبارک را به اتم Monitor متصل کرده و در قسمت Graph tyape هیستوگرام را انتخاب می‌کنیم و در قسمت Variable to monitor گزینه Avrage staying time را انتخاب می‌کنیم و طول هر دسته را نیز در قسمت Histogram class size برابر ۱۰۰ ثانیه تعیین می‌کنیم. حال با اجرا مدل هیستوگرامی، شبیه شکل ۷-۷ ایجاد می‌شود.



شکل ۷-۷

در ادامه به معرفی دستورات Summary Reports و Graphs به عنوان یکی دیگر از روش‌های تحلیل و آنالیز نتایج می‌پردازیم.

• Summary Report

بوسیله این دستور می‌توان یک دید کلی نسبت به مدل بدست آورد با اجرای این دستور از طریق منوی Results پنجره‌ای مطابق شکل ۷-۸ ظاهر می‌شود که حاوی اطلاعاتی به شرح زیر است.

name	content		throughput		staytime average
	current	average	input	output	
Source	0	0.797	150	150	152.999
saw	0	7.660	1500	1500	147.080
Milling Machine	1	0.933	672	671	40.035
Milling Machine	1	0.933	673	672	39.959
Queue2	7	3.858	1343	1336	82.861
Station1	4	3.327	668	664	143.812
Station2	4	3.473	668	664	150.392
Sink	0	0.000	332	0	0.000
Product	0	0.000	0	0	0.000
Queue1	155	156.669	1500	1345	2800.090

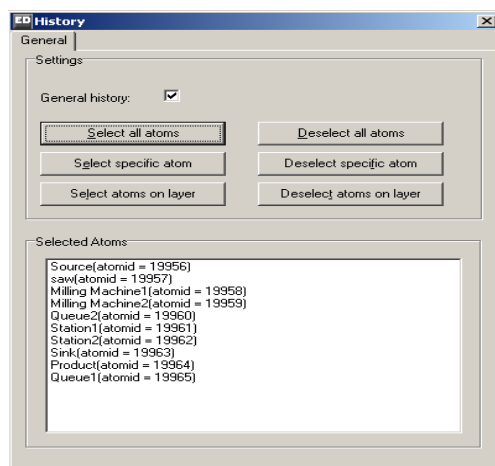
Model start time: Friday, June 04 2010 17:09:40
 Model end time: Saturday, June 05 2010 01:09:40
 Runlength (seconds): 28800.00
 End of report.

شکل ۷-۸

Current Content: بیانگر تعداد محصولات موجود در اتم‌ها در لحظه تهیه گزارش است.
 Average Content: بیانگر متوسط تعداد محصولات موجود در اتم‌ها در لحظه تهیه گزارش است.
 Throughput Input: بیانگر تعداد محصولات ورودی به اتم‌ها است.
 Throughput Output: بیانگر تعداد محصولات خروجی از اتم‌ها است.
 Staytime average: بیانگر متوسط زمان ماندن محصولات در اتم‌ها است.

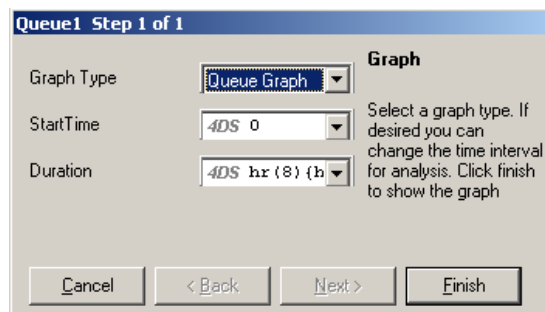
• Graph

بوسیله این دستور می‌توان یک نمایش گرافیکی از مقادیر متغیر در مدل (مانند طول صف) ایجاد کرد. قبل از استفاده از این دستور باید سوابق اتمی را که می‌خواهیم آن را مورد بررسی قرار دهیم ثبت کنیم که این کار توسط گزینه History در منوی Simulate انجام می‌گیرد. (شکل ۷-۹)



شکل ۷-۹

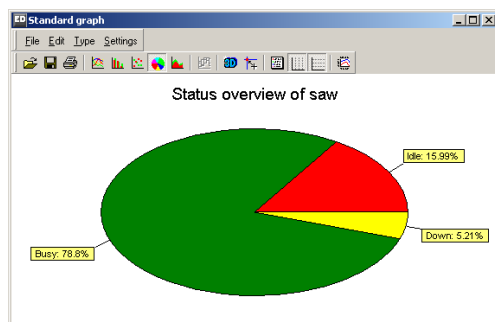
حال با هر بار اجرای مدل، اطلاعات اتم‌هایی که در پنجره History انتخاب شده‌اند ثبت می‌شود. که این اطلاعات را می‌توان بوسیله دستور Graph به تصویر کشید. برای این کار با کلیک بر روی دستور Graph در منوی Result در پنجره‌ای ظاهر شده اتم مورد نظر برای تحلیل را انتخاب می‌کنیم. اگر سوابق اتم انتخابی، ثبت شده باشد پنجره‌ای مطابق شکل ۷-۱۰ ظاهر می‌شود.



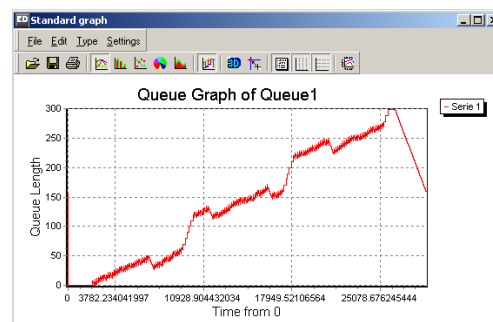
شکل ۷-۱۰

در قسمت Graph Type از بین ۵ گزینه موجود یکی را برای رسم نمودار انتخاب می‌کنیم. در قسمت Start Time زمان شروع رسم نمودار را تعریف می‌کنیم مثلاً اگر در این قسمت عدد ۶۰ وارد شود در نمودار ترسیم شده، اطلاعات ۶۰ ثانیه اول اجرای مدل در نظر گرفته نمی‌شود. در قسمت Duration مدت زمانی که نمودار در طول آن رسم می‌شود را مشخص می‌کنیم.

در شکل ۷-۱۱ نمودار مربوط به تعداد محصولات موجود در انبارک بین دستگاه اره و ماشین تراش و در شکل ۷-۱۲ نمودار مربوط به درصد وضعیت‌های دستگاه اره در ۸ ساعت اجرا مدل نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۲

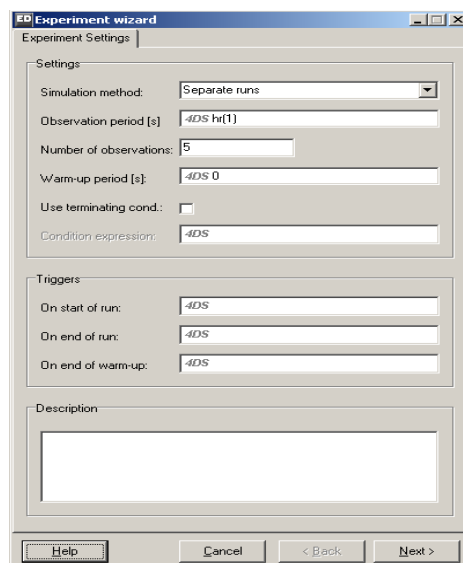


شکل ۷-۱۱

نتایج بدست آمده از روش‌های ذکر شده بدلیل اینکه حاصل تنها یک بار اجرای مدل هستند نمی‌توانند مورد اطمینان باشند و همانگونه ذکر شد این روش‌ها بیشتر برای ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ساخته شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه به معرفی روشی خواهیم پرداخت که بتوان نتایج حاصل از آن را با درصد اطمینان مشخصی به سیستم واقعی نسبت داد.

• Experimentation :

بوسیله این روش می‌توان مدل ساخته شده را در تعداد اجراهای مشخص و بصورت پی‌درپی شبیه‌سازی نمود و نتایج حاصل از این اجراهای متوالی را مشاهده نمود. برای استفاده از این روش باید ابتدا یک آزمایش طراحی شود که برای این کار از دستور Experiment Wizard در منوی Experimentation استفاده می‌کنیم. در پنجره ظاهر شده تنظیمات را مطابق مراحل زیر انجام می‌دهیم.



شکل ۷-۱۳

در قسمت Simulation method یکی از استراتژی‌های Separate runs یا Sub runs برای انجام آزمایش انتخاب می‌کنیم تفاوت بین این دو استراتژی در این است که در روش Separate runs برای هر بار اجرا مدل یک دوره Warm up لحاظ می‌شود و در هر بار اجرا، مدل Reset می‌شود ولی در روش Sub run تنها یک دوره Warm up در ابتدای اجرای اول مدل در نظر گرفته می‌شود و اجراهای بعدی بودن Reset شدن مدل انجام می‌شود.

Separate runs method

Run 1	Warm up 1	observation 1
Run 2	Warm up 2	observation 2
Run 10	Warm up10	observation10

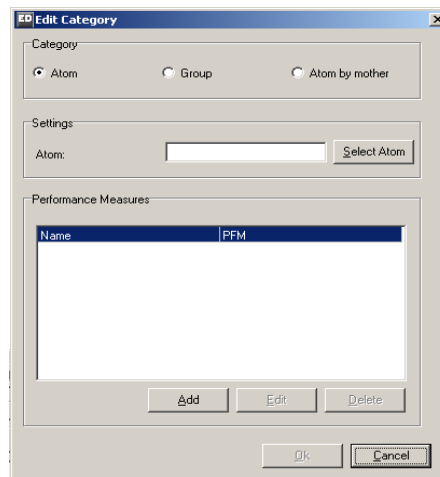
Sub runs method

Run	Warm up	observation 1	observation 2	observation 10
-----	---------	---------------	---------------	----------------

❖ Warm up period: مدت زمان لازم برای رسیدن سیستم به حال پایدار است

در قسمت Observation period طول مدت زمان هر بار اجرا مدل را وارد می‌کنیم و در فیلد Number of observation تعداد اجراهای مدل را تعیین می‌کنیم. در قسمت Warm up period طول مدت زمان لازم رسیدن سیستم به حالت پایدار را تعیین می‌کنیم. باید توجه داشت که برنامه اطلاعات دوره Warm up را در محاسبات در نظر نمی‌گیرد. با تیک زدن گزینه Use terminating cond این امکان وجود دارد که در قسمت Terminating condition شرایطی را برای توقف اجراهای مدل اعمال کنیم. و در قسمت Triggers این امکان وجود دارد که دستوراتی (همچون ثبت تعداد خروجی هر بار اجرا و...) در هنگام شروع و پایان هر مرحله اجرا، تعریف کنیم. حال با زدن کلید Next به مرحله بعد تنظیمات رفته که در این مرحله باید لیستی از شاخص‌های عملکردی (Performance Measures) PFM که می‌خواهیم اندازه‌گیری کنیم را تعریف می‌کنیم.

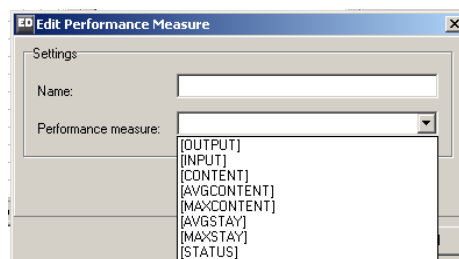
برای این کار بر روی گزینه Add کلیک کرده و در پنجره Edit category (شکل ۷-۱۴) در قسمت Category یکی از سه حالت موجود را برای تعریف PFM انتخاب می‌کنیم. با انتخاب گزینه Atom امکان تعریف PFM فقط برای یک اتم خاص امکان پذیر است بوسیله گزینه Grpup امکان تعریف PFM برای یک مجموعه از اتم‌ها امکان پذیر می‌شود و با انتخاب گزینه Atom by mother امکان تعریف PFM برای اتم‌هایی که از یک نوع هستند مثلاً تمام اتم‌های Server موجود در مدل، وجود دارد.



شکل ۷-۱۴

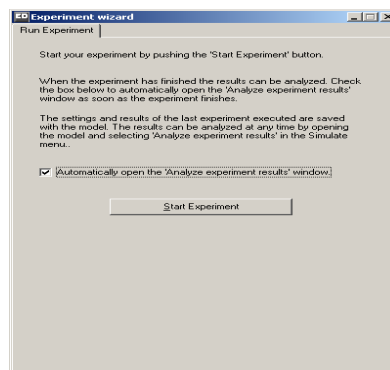
در قسمت Setting بسته به اینکه در قسمت Category کدام گزینه را برای تعریف PFM انتخاب کرده‌ایم، اتم و یا اتم‌هایی و یا نوع اتم مورد نظر را مشخص می‌کنیم.

در قسمت Performance Measures یک شاخص عملکردی تعریف می‌کنیم. برای این کار با کلیک بر روی گزینه Add در پنجره ظاهر شده (شکل ۷-۱۵) ابتدا یک نام برای شاخص مربوطه تعریف می‌کنیم و سپس از قسمت Performance Measures یکی از PFM‌های ممکن را انتخاب می‌کنیم. امکان تعریف یک شاخص جدید در این قسمت بوسیله 4DScript وجود دارد.

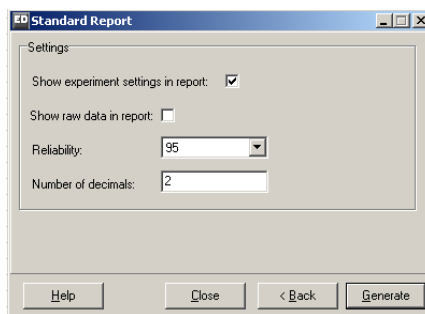


شکل ۷-۱۵

بعد از انجام تنظیمات فوق با زدن کلید Next در پنجره بعدی (شکل ۷-۱۶) ابتدا با تیک زدن گزینه موجود و سپس کیک بر دکمه Start experiment آزمایش را اجرا می‌کنیم.

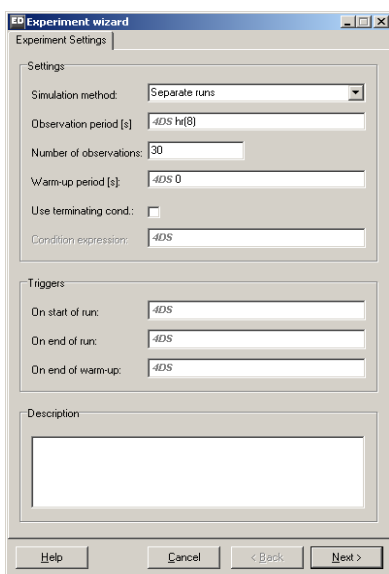


در پایان اجرا آزمایش، پنجره مربوط به Analyze experiment result بطور خودکار ظاهر می‌شود که در آن محل ذخیره کردن گزارش و نوع آن را مشخص می‌کنیم با کلیک بر روی دکمه Next در پنجره بعدی با انتخاب سطح اطمینان مناسب و تعداد اعداد اعشار مورد نیاز و کلیک بر دکمه Generate می‌توان گزارش تولید شده را در جدولی که به نمایش در آمده مشاهده کرد.

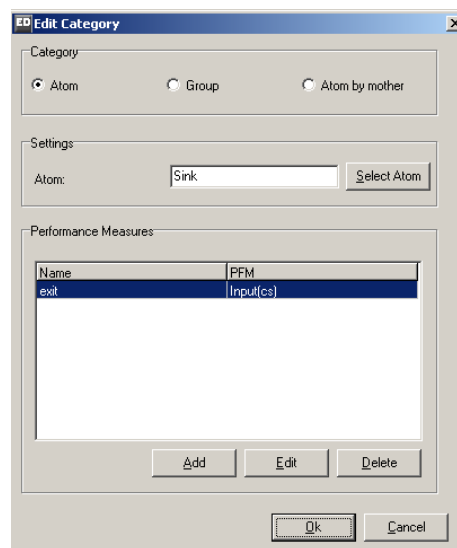


شکل ۷-۱۷

اگر بخواهیم یک بازه برای میزان تولید روزانه کارگاه را در مدت یک روز کاری با درصد اطمینان ۹۵ درصد محاسبه کنیم یک آزمایش با تنظیماتی مطابق شکل زیر طراحی می‌کنیم.



شکل ۷-۱۸



شکل ۷-۱۹

❖ همانگونه که مشاهده می‌شود PFM مربوطه را میزان ورودی به اتم Sink در نظر گرفته‌ایم زیرا میزان ورودی به اتم Sink در واقع تعداد خروجی مدل است. باید توجه داشت از آنجایی که می‌خواهیم تعداد خروجی را مشخص کنیم نیازی به تعریف دوره Warm up نیست زیرا در این صورت تعداد خروجی‌ها در این در طول مدت Warm up شمرده نمی‌شود ولی اگر بخواهیم یک بازه برای راندمان دستگاه تراش محاسبه کنیم لحاظ کردن دوره Warm up در صورت وجود در طراحی آزمایش ضروری است.

