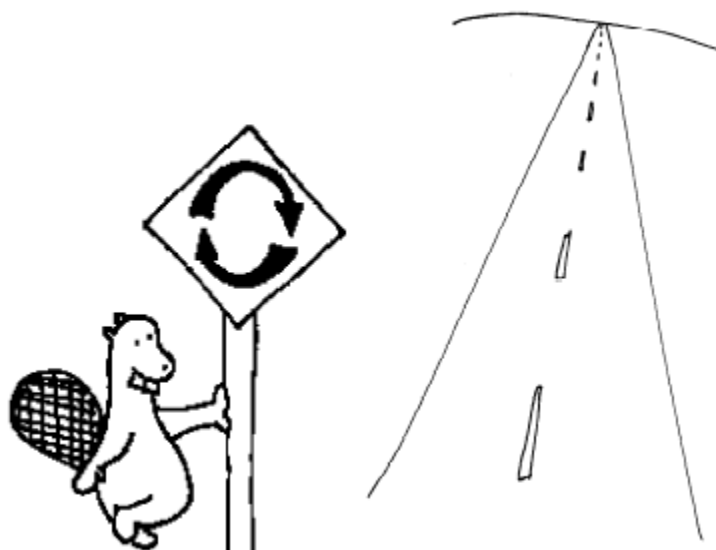


نقشه راه ۲

راهنمای یادگیری پویایی سیستم‌ها



پویایی سیستم‌ها در پروژه آموزشی

Road Map 2

به نقشه‌راه دوم خوش آمدید!

نقشه‌راه‌ها، راهنمایی برای مطالعه شخصی به منظور یادگیری اصول و قواعد پویایی سیستم‌ها و تمرین آن‌ها هستند. نقشه‌راه ۲، دومین فصل در سری فصل‌های نقشه‌راه‌ها است. در نقشه‌راه دوم مدل‌سازی سیستم‌های ساده را با استفاده از نرم‌افزار STELLA II^۱ آغاز خواهید کرد. نرم‌افزار STELLA، بسته نرم‌افزاری با کاربری ساده و آسان است که به کاربر امکان ساختن و اجرای مدل‌ها را در کامپیوتر می‌دهد.



نقشه‌راه دوم به گسترش مفهوم حلقه‌های بازخور، که در نقشه‌راه اول معرفی شد، ادامه می‌دهد. همچنین مبحث یکپارچه‌سازی گرافیکی و مفاهیم مخزن‌ها و نرخ را معرفی می‌نماید. همچنین ارتباط بین حلقه‌های بازخور، مخزن‌ها و نرخ نیز تشریح می‌شوند.

موضوعات مورد بحث در نقشه‌راه دوم:

Introduction to Computer Modeling

-The First Step (D-4694)

by Leslie A. Martin

- Beginner Modeling Exercises (D-4347-6)

by Leslie A. Martin

Feedback

- Introduction to Feedback (D-4691)

by Leslie A. Martin

Graphical Integration Exercises

-Graphical Integration Exercises Part 1: Exogenous Rates (D-4547-1)

by Alice Oh

Levels and Rates

- Introduction to Computer Simulation, Chapter 13 Levels and Rates

by Nancy Roberts et al.

آنچه در مطالعه نقشه‌راه دوم مورد نیازتان خواهد بود:

نرم افزار مدل‌سازی

به منظور اتمام نقشه‌راه دوم و باقی نقشه‌راه‌ها، شما نیاز به یک نرم افزار مدل‌سازی خواهید داشت. راهنمایی‌های موجود در نقشه‌راه‌ها و اکثر مقالاتی که در کنار نقشه‌راه‌ها ذکر شده اند با استفاده از نرم افزار STELLA II برای سیستم عامل مکینتاش نوشته شده اند. STELLA II برای هر دو سیستم عامل ویندوز و مکینتاش موجود است. اگر سؤالی در مورد نرم افزار STELLA دارید می‌توانید با شرکت High Performance Systems (به پیوست‌ها مراجعه کنید) تماس گرفته و همچنین در خصوص قیمت این نرم افزار برای استفاده آموزشی نیز سؤال کنید.

Vensim، Powersim و DYNAMO سایر نرم افزارهایی هستند که برای ساختن مدل‌های پویایی سیستمها، نوشته شده اند. Vensim توسط شرکت Ventana Systems تولید شده است که یک نسخه رایگان مقدماتی به نام Vensim PLE ارائه می‌دهد که از وبسایت آن قابل دانلود است. برای اطلاعات بیشتر در خصوص نحوه دسترسی به نرم افزارهای Vensim و Powersim به پیوست ها مراجعه کنید.

توجه (نوشته شده در ژوئن سال ۲۰۰۰):

در هر بخش از نقشه‌راهها که شامل مدل‌سازی کامپیوتری است، ما راهنمایی برای استفاده از نرم افزار Vensim نوشته ایم. هر راهنما در پشت مستند تمرین‌ها وجود دارد. در زمانی که فصل ۹-۱ نقشه‌راهها نوشته میشد، نرم افزار STELLA رایج ترین نرم افزار مدل‌سازی موجود برای مبتدیان بود. اما اکنون شما می توانید از بین بسته‌های نرم افزاری متعدد موجود برای مدل‌سازی پویایی سیستمها انتخاب کنید. در صورتی که تمایل دارید اطلاعات بیشتری در خصوص نرم افزار Vensim داشته باشید لطفاً به وب سایت <http://www.vensim.com> مراجعه نمایید. نسخه رایگان این نرم افزار که Vensim PLE نام دارد، در این وب سایت قرار دارد.

برای اطلاعات بیشتر و دقیق تر برای استفاده از Vensim در نقشه‌راهها لطفاً به مقاله «راهنمای Vensim (D-4856)» در پیوست‌های انتهای نقشه‌راه مراجعه کنید.

از این پس با توجه به مقالات تکمیلی که برای سری نقشه‌راهها نوشته شده، برای تمرین‌های مدل‌سازی منحصر از نرم افزار Vensim استفاده خواهد شد.

کامپیوتر

برای استفاده از آخرین نسخه STELLA یعنی STELLA 5.0 بر روی سیستم عامل مکینتاش شما به یک کامپیوتر Apple Macintosh (با پردازنده 68020 و یا بالاتر و سیستم عامل نسخه 7.1 و یا بالاتر نیاز خواهید داشت. برای استفاده از STELLA 5.0 بر روی ویندوز شما به یک کامپیوتر شخصی IBM و یا سازگار با آن، با پردازنده سری 486 و یا بالاتر، سیستم عامل ویندوز نسخه 3.1 و یا بالاتر، با حداقل 8 مگابایت RAM و 16 مگابایت فضای هارددیسک خالی نیاز خواهید داشت. نسخه‌های قدیمی تر STELLA نیز مشخصات مشابهی را نیاز دارند.

در هر دو حالت، اگر برنامه دارید که به مدل‌سازی ادامه دهید، ایده خوبی است که دسترسی به کامپیوتری با حافظه بیشتر، فضای هارد دیسک بیشتر و پردازنده قویتری داشته باشید.

کتاب

در نقشه‌راه دوم به فصل‌هایی از کتاب زیر نیاز پیدا خواهید کرد. مطالب منتخب از این کتاب در نقشه‌راه‌های بعد نیز استفاده خواهد شد، و از این قسمت‌ها از سرور SDEP به شکل الکترونیک قابل دانلود است.

چگونه از نقشه‌راه دوم استفاده کنید:

در نقشه‌راه دوم مباحث مختلفی در پویایی سیستمها، به وسیله متون، تمرین‌ها و تکالیف منتخب، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. قبل از هر متن یا تمرین توضیح کوتاهی درباره متن و مهمترین نکات آن وجود دارد. پس از هر متن یا تمرین و پیش از ادامه درس، نکات و ایده‌های اصلی را مشخص می‌کنیم.

هر فصل از نقشه‌راهها شامل متونی است که مفاهیم اساسی پویایی سیستمها را معرفی کرده یا آموخته‌های شما از مفاهیم معرفی شده را تقویت می‌کند. برخی دیگر از متون بر تمرین مهارت‌های کسب شده تمرکز کرده و به وسیله تکالیف و بازی‌های مختلفی آن‌ها را تقویت می‌نمایند. بیشتر فصل‌ها شامل مقالات برجسته‌ای از ادبیات حوزه پویایی سیستمها هستند.

ما مفاهیم اساسی پویایی سیستم‌ها را در نقشه‌راه‌ها با نام *اصول سیستم معرفی* خواهیم کرد. این اصول به منظور تاکید بر اهمیت‌شان با قرار گرفتن در کادر از سایر قسمت‌های متن متمایز شده‌اند. تکرار اصول سیستم‌ها در نقشه‌راه‌ها به شما امکان می‌دهد که هر اصل را چند بار ببینید و مطالعه کنید. هر بار که یک اصل در نقشه‌راه تکرار می‌شود، شما چیزهایی جدید از آن اصل را بر آموخته‌های قبلی خودتان اضافه خواهید کرد. اصول سیستم‌ها، مرکز نقشه‌راه‌هاست که متون، تکالیف و مقالات حول آن سوار شده است.

به عنوان بخشی از روش آموزش حلزونی که ما در نقشه‌راه‌ها از آن استفاده می‌کنیم، اغلب مفاهیم ابتدا به طور خلاصه در فصول ابتدایی معرفی شده و در فصول بعدی با جزییات بیشتری تشریح خواهند شد. نقشه‌راه‌ها شامل تعدادی از مجموعه مقالات هستند که در فصول پیاپی گسترش می‌یابند. این مجموعه‌ها یا بر موضوع مشخصی از پویایی سیستم‌ها یا بر توسعه و تقویت مهارت خاصی تمرکز می‌کنند. این مجموعه‌ها با مقاله‌ای ساده شروع شده و با توسعه بیشتر ایده در فصول بعدی ادامه می‌یابند.

حالا بیایید که شروع کنیم!

مقدمه‌ای بر مدل‌سازی کامپیوتری:

دو متن نخست در نقشه‌راه دوم شما را با مطالب پایه‌ای مدل‌سازی با نرم‌افزار STELLA آشنا می‌کنند. نیازی به هیچ تجربه قبلی استفاده از نرم‌افزار STELLA یا کامپیوتر نیست. ما در هر قدم کمک‌تان خواهیم کرد، از روشن کردن کامپیوتر تا ایجاد مدلی پیشرفته در STELLA.

اگر در مطالعه نقشه‌راه‌ها علاقمند به استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی دیگری، به جای STELLA، هستید، در این مقطع، زمانی را اختصاص دهید که با آن نرم‌افزار آشنا شوید. خودآموز مبتدیان برای Vensim PLE¹ در انتهای نقشه‌راه دوم آورده شده است. توصیه می‌شود که مستندات مربوط به Vensim در وب‌سایت Ventana را نیز مطالعه نمایید. مستندات با استفاده از خودآموزهای جالب، نمای کلی از پویایی سیستم به خواننده داده و معرفی کاملی از Vensim نیز ارائه می‌کنند. پس از انجام آموزش‌های و تجربه نرم‌افزار، به نقشه‌راه‌ها بازگردید و متن *قدم اول* را شروع کنید؛ و در صورت نیاز به تبدیل مدل‌ها از STELLA به نرم‌افزار مدل‌سازی مورد علاقه‌تان بپردازید.

• قدم اول²

نویسنده: **Leslie A. Martin**

قدم اول پایه‌های پویایی سیستم را بررسی نموده و اصطلاحات و مفاهیم کلیدی را معرفی می‌کند. خودآموز شما را در ایجاد اولین مدل‌ها در STELLA و استفاده از نرم‌افزار کمک‌تان خواهد کرد.

حالا لطفاً *قدم اول* را بخوانید.

پس از خواندن *قدم اول* ...

در *قدم اول* مطالب مهمی عنوان شد. کمک‌تان کرد که دو سیستم دارای یک مخزن و چندین نرخ را، مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل و آزمایش کنید. همچنین مفاهیم مخزن و جریان و نقش اساسی آن‌ها در مدل کردن سیستم‌ها تشریح گردید.

¹ Nelson Repenning, 1997. *Formulating Models of Simple Systems using VENSIM PLE* (D-4697), System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, August, 20 pp.

² Manas Ratha, 1997. *The Credit Card Model* (D-4683), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, June 17, 29 pp.

پیش از آن که ادامه دهید، لازم است به این نکته توجه نمایید که متن قدم/اول از اصطلاحات **مخزن و جریان**^۱ استفاده می کند که می توان به جای آن **حالت و نرخ**^۲ را به کار برد. مخزن و حالت در پویایی سیستم مترادف هستند، جریان و نرخ نیز همین طور. باید دقت کنید که این اصطلاح به صورت جفتی مورد استفاده قرار می گیرند و نمی توان ترکیبی از این دو جفت را استفاده کرد. یعنی مخزن و جریان با هم به کار برده می شود و نرخ و حالت نیز با هم. ترکیب آن ها، مثلاً حالت و جریان، نباید استفاده شود. صحبت از نرخ و حالت است ...



اصل شماره ۲ سیستم ها:

نرخ و حالت عناصر اساسی زیرساختار حلقه ها هستند.

به مدل جمعیت نهایی در شکل ۳۴ در صفحه ۵۱ از متن قدم اول نگاه کنید. توجه نمایید که حالت "جمعیت" و نرخ های "تولد" و "مرگ" اجزاء اولیه ساختار هستند. نرخ و حالت در ساختار سیستم بسیار مهم و اساسی هستند.

دانستن اصل شماره ۲ بسیار مهم است زیرا که تمامی مدل های پویایی سیستم از نرخ و حالت به عنوان زیرساختار حلقه استفاده می کنند. تفاوت بین اصل شماره ۱، که بیانگر این بود که حلقه های بازخور اجزای سازنده سیستم ها هستند، این است که اصل ۲ به این اشاره می کند که همانگونه که حلقه های بازخور عناصر سازنده سیستم ها هستند، نرخ و حالت نیز عناصر سازنده حلقه های بازخور هستند.

برای آشنایی بیشتر با نرم افزار STELLA، لطفاً هم اکنون زمانی را برای مطالعه خودآموز STELLA که به همراه نرم افزار ارائه می شود، اختصاص دهید: *آشنایی با نرم افزار STELLA II: یک تجربه عملی*^۳

این متن از سیستم شکارچی-شکار استفاده می کند تا راهنمایی های لازم برای ساختن یک مدل تک مخزن، وارد کردن معادلات، و اجرای مدل را ارائه دهد.^۴ فرایند مدل سازی و اجرای آن بایستی شبیه آن چه باشد که در قدم/اول انجام دادید. *آشنایی با نرم افزار STELLA II* نیز چند قابلیت منحصر بفرد نرم افزار مانند ایجاد و به کار بردن نقشه های سطح بالا و زیرمدل ها را معرفی می کند.

علاوه بر خودآموز، سیستم های متعددی مدل سازی شده با STELLA II نیز در بسته نرم افزاری وجود دارد. طیف وسیعی از مدل ها در نرم افزار Vensim PLE نیز گنجانده شده اند. توصیه می کنیم این مدل ها را ببینید که با کاربردهای متعدد پویایی سیستم آشنا شوید.

مقاله بعدی به تقویت مهارت های مدل سازی تان کمک خواهد کرد.

• **تمرین مدل سازی مبتدی**^۵

نویسنده: **Leslie A. Martin**

¹ Stock and Flow

² Level and Rate

³ Getting Started with STELLA II: A hands-on Experience

⁴ The iThink tutorial, on the other hand, will guide you through a management flight simulator. The iThink software is the corporate version of the STELLA software.

⁵ Leslie A. Martin, 1997. *Beginner Modeling Exercises* (D-4347-6), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, September 5, 42 pp.

این تمرین فرصتی به شما می‌دهد که آموخته‌هایتان از نقشه‌راه‌های یک و دو را محک بزنید. تمرین مدل‌سازی از شما می‌خواهد که مخزن‌ها و جریان‌ها را شناسایی نموده، جریان‌های ورودی و خروجی را تشخیص دهید، نمودارهای مخزن و جریان را رسم کرده و سناریوهای کوتاه را به معادلات مخزن و جریان تبدیل کنید.

حالا لطفا تمرین مدل‌سازی مبتدی را بخوانید.

پس از خواندن تمرین مدل‌سازی مبتدی ...

تمرین‌های مدل‌سازی مرور خوبی است از آنچه که تا کنون در نقشه‌راه‌های اول و دوم معرفی شده است. مهم است که بتوانید تمامی تمرین‌ها را انجام دهید و در صورت نیاز، برخی از مطالب را پیش از ادامه دادن به مطالعه نقشه‌راه‌ها، مجددا مرور نمایید.



اصل شماره ۳ سیستم‌ها:

نرخ و حالت از واحد اندازه‌گیری‌شان قابل تمایز نیستند.

واحدهای اندازه‌گیری، تعیین نمی‌کنند که یک متغیر حالت است یا نرخ. در تمرین مدل‌سازی مبتدی، "سرعت" در دو سیستم متفاوت دیده می‌شود. در مثالی که رندی برای ماراتن بوستون آماده می‌شود، "سرعت" نرخ است که مسافت طی شده را افزایش می‌دهد. در مثال شتاب گرفتن ماشین فراری در زمان سبز شدن چراغ، "سرعت" مخزنی است که شتاب ماشین مسابقه در آن انباشته می‌شود. در هر دو مثال، واحد "سرعت"، فاصله در زمان است.

اصل شماره ۳ سیستم‌ها به این دلیل اهمیت دارد که خاطرنشان می‌کند که صرفا با دیدن واحد اندازه‌گیری یک جزء سیستم نمی‌توان تعیین کرد که این جزء حالت است یا نرخ. می‌توانید مثال‌های دیگری از اجزای دنیای واقعی بیابید که هم می‌توانند حالت باشند و هم نرخ؟ مقاله بعد، با استفاده از مدل‌های ساده پویایی سیستم به تقویت درک شما از فرایندهای بازخور می‌پردازد.

• مقدمه‌ای بر بازخور^۱

نویسنده: **Leslie A. Martin**

مقدمه‌ای بر بازخور نحوه دنبال کردن اتصالات علی را به شما می‌آموزد. شما یاد می‌گیرید که چگونه بین حلقه‌های بازخور مثبت و منفی تمایز قائل شوید.

حالا لطفا مقدمه‌ای بر بازخور را بخوانید.

¹ Leslie A. Martin, 1997. Beginner Modeling Exercises (D-4347-6), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, September 5, 42 pp.

پس از خواندن *مقدمه‌ای بر بازخور...*

اکنون باید بتوانید حلقه‌های بازخور مثبت و منفی از یکدیگر تشخیص دهید. ساختارهای بازخور ساده‌ی متعددی را مشاهده کرده‌اید و باید بتوانید که در مدل‌های دیگران آن‌ها را تشخیص داده و سپس در مدل‌های خودتان نیز قادر به این کار باشید.

تمرین یکپارچه‌سازی گرافیکی:

نرم‌افزارهایی همچون STELLA II ابزار قدرتمندی برای شبیه‌سازی سیستم‌ها هستند. هرچند باید قادر باشید که بدون استفاده از کامپیوتر، رفتار سیستم را پیش‌بینی نمایید. مقاله بعدی روش یکپارچه‌سازی گرافیکی را معرفی می‌نماید.

• تمرین شماره ۱ یکپارچه‌سازی گرافیکی: نرخ‌های برون‌زا^۱

نویسنده: Alice Oh

این اولین مقاله از مجموعه مقالات یکپارچه‌سازی گرافیکی است. این مقاله به تشریح روش یکپارچه‌سازی گرافیکی برای سیستم‌هایی با توابع نرخ پله‌ای و ثابت می‌پردازد. تمرین‌های متعددی از شما خواسته می‌شود و راه‌حل‌ها در پیوست آورده شده است.

حالا لطفاً تمرین شماره ۱ یکپارچه‌سازی گرافیکی را بخوانید.

پس از خواندن تمرین شماره ۱ یکپارچه‌سازی گرافیکی...

روش یکپارچه‌سازی گرافیکی در پیش‌بینی رفتار سیستم‌های مختلف بسیار مفید است. سیستم‌هایی با نرخ‌های مثبت و منفی ثابت و نرخ‌های تابع پله‌ای در این مقاله مورد بررسی قرار گرفتند. آموختن و درک کامل این متد پیش از ادامه نقشه‌راه‌ها و مقاله بعدی این مجموعه، الزامی و بسیار مهم است.

نرخ و حالت:

• مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی کامپیوتری، فصل ۱۳ نرخ و حالت^۲

نویسندگان: Nancy Roberts et al.

فصل ۱۳ از مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی کامپیوتری، نرخ و حالت، نمودارهای مخزن و جریان را به عنوان نوع پیشرفته نمودار حلقه علی، تشریح می‌نماید. معادلات مربوط به متغیرهای مخزن و جریان نیز توضیح داده می‌شود. معادلات فصل ۱۳ به زبان شبیه‌سازی DYNAMO نوشته شده‌اند. DYNAMO زبان شبیه‌سازی کامپیوتری بر اساس معادله است که بین سال‌های ۱۹۶۳ و ۱۹۸۶ در پویایی سیستم استفاده می‌شد. کمک خواهیم کرد که معادلات DYNAMO را بفهمید و بتوانید آن‌ها را به معادلات STELLA تبدیل نمایید.

حالا لطفاً فصل ۱۳ مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی کامپیوتری را بخوانید. نکات زیر می‌تواند راهنمای شما باشد.

از صفحه ۲۲۳ فصل ۱۳ تا صفحه ۲۲۹ را بخوانید. کلیه تمرینات آن را انجام داده و مثال‌ها را مطالعه نمایید.

مدلسازی شکل 13.11 در نرم‌افزار STELLA

بخش "شبیه‌سازی، ساختار و رفتار" در صفحه ۲۲۹ را تا انتهای پاراگراف اول در صفحه ۲۳۱ بخوانید.

- یک فایل جدید در STELLA باز کنید.

- مخزنی (□) در وسط صفحه قرار داده و نام آن را "Population" بگذارید.

¹ Alice Oh, 1995. Graphical Integration Exercises Part 1: Exogenous Rates (D-4547-1), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, December 1, 19 pp.

² Roberts, Nancy, David Andersen, Ralph Deal, Michael Garett, and William Shaffer, 1983. *Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Approach*. Portland, Oregon: Productivity Press. 562 pp.

- جریان ورودی () در سمت چپ مخزن "Population" قرار داده و به آن متصل کنید. نام این جریان را "births" بگذارید. اکنون مدل شما بایستی شبیه شکل 13.11 شده باشد.

تعریف شکل 13.11 در نرم افزار STELLA

از ابتدای پاراگراف دوم در صفحه ۲۳۱ تا تمرین ۵ در صفحه ۲۳۴ را مطالعه کنید. مثال ۲ به شبیه سازی مدلی که می سازید اشاره دارد. کتاب برای این کار از معادلات DYNAMO استفاده می کند. برای تبدیل معادلات DYNAMO به STELLA گام های زیر را دنبال کنید.

معادلات DYNAMO در وسط صفحه ۲۳۳ را ببینید.

- برای تبدیل $births = 100$ به معادله STELLA، روی آیکون کره () در گوشه بالا سمت چپ کلیک کنید تا به شکل () درآید. در مخزن ها و جریان ها بایستی علامت سؤال ظاهر شود.
- بر روی "births" دوبار کلیک کنید تا کادر گفتگو باز شود. در معادله عدد ۱۰۰ را برای "births" وارد کنید (واحد "births" نفر در سال است).
- بر روی دکمه Document کلیک کنید. در کادر document عبارت "هر ساله ۱۰۰ کودک در پادشاهی زانادو به دنیا می آیند" را وارد کرده و دکمه تایید را بزنید.
- بر روی مخزن "Population" دوبار کلیک کنید و عدد ۵۵۱۰ را در آن وارد کنید (جمعیت اولیه Xanadu).
- بر روی دکمه Document کلیک کنید. در کادر document عبارت "جمعیت اولیه زانادو ۵۵۱۰ نفر است." را وارد کرده و دکمه تایید را بزنید.

برای مشاهده معادلات مدلی که ساخته اید، روی آیکون فلش () که بالای آیکون () قرار دارد کلیک کنید. سپس *Equation Prefs* را در منوی Edit انتخاب نمایید. زمانی که کادر گفتگوی *Equation Prefs* در صفحه ظاهر شد، بر روی *Show Documentation* کلیک کنید. سپس دکمه تایید را بزنید. معادلات زیر پدیدار خواهند شد:

$$\text{Population}(t) = \text{Population}(t - dt) + \text{births} * dt$$

$$\text{INIT Population} = 5510 \{ \text{people} \}$$

DOCUMENT: The initial population of the kingdom of Xanadu is 5510 people.

$$\text{births} = 100 \{ \text{people/year} \}$$

DOCUMENT: 100 babies are born every year in the kingdom of Xanadu.

متوجه خواهید شد که تمامی اطلاعات به جز اطلاعات معادله اول برای "Population" را وارد کرده اید. دلیل این اتفاق فرموله شدن خودکار مخزن ها توسط نرم افزار STELLA است. به شباهت موجود بین معادلات STELLA و DYNAMO برای این مدل توجه نمایید.

- بر روی آیکون فلش () کلیک کنید که به مدل بازگردید.

مطابق آنچه در کتاب گفته شده تمرین ۵ صفحه ۲۳۴ را خوانده و تکالیف آن را انجام دهید.

شبیه سازی شکل 13.11 در نرم افزار STELLA

مثال III در صفحات ۲۳۴ الی ۲۳۸ را بخوانید و تمرین های آن را به انضمام تمرین های ۶ و ۷، مطابق گفته های کتاب انجام دهید. محاسبه دستی که در مثال III مورد نیاز است، با استفاده از مدل STELLA که ساخته اید به سادگی قابل انجام است. راهنمایی های لازم برای ایجاد و اجرای جدول در نرم افزار STELLA در ادامه آمده است:

- با کلیک روی آیکون جدول ()، یک جدول ایجاد کرده و آن را در فضای کار قرار دهید. با دوبار کلیک بر روی جدول، کادر گفتگوی آن باز می‌شود، نام جدول را به "جدول زانادو" تغییر دهید.
 - اکنون جدول بایستی تعریف شود. بر روی "Population" و "births" در لیست مجاز دوبار کلیک کنید (یا روی هر متغیر کلیک کرده، سپس روی آیکون  کلیک کنید). این دو متغیر بایستی اکنون در لیست منتخب‌ها قرار گرفته باشند.
 - روی *Every Dt* کلیک کنید تا از حالت انتخاب خارج شود. اکنون "1" بایستی به عنوان بازه گزارش‌گیری روشن شده باشد. دکمه تایید را بزنید.
 - *Time Specs* را در منوی Run انتخاب نمایید. در کادر گفتگوی باز شده "Years" را انتخاب کنید. بازه مقادیر را از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۴۰ تعیین کرده و دکمه تایید را بزنید.
 - برای اجرای جدول، *Run* را در منوی Run انتخاب کنید.
 - زمانی که اجرا تمام شد، دقت کنید که اعداد موجود در جدول با اعداد جدول 13.1 در کتاب برابر باشند.
 - برای بستن جدول، روی باکس گوشه بالا سمت چپ کلیک کنید.
- تمرین ۶ از شما می‌خواهد که نمودار جمعیت زانادو را تا سال ۲۰۴۰ رسم نمایید. چون مدل را قبلاً ساخته‌اید، تولید نمودار با STELLA بسیار آسان خواهد بود. بازه‌های زمانی که برای جدول وارد کرده‌اید، برای نمودار مدل نیز معتبر و قابل استفاده است.
- با کلیک روی آیکون نمودار ()، نمودار جدیدی ایجاد کرده و آن را در فضای کار قرار دهید. دوبار روی آیکون کلیک کنید.
 - دوبار بر روی خود نمودار کلیک کنید تا کادر گفتگو باز شود. نام آن را به نمودار زانادو تغییر دهید. بر روی "Population" و "births" در لیست مجاز دوبار کلیک کنید. سپس دکمه تایید را بزنید.
- زمانی که نمودارهای متغیرها را در STELLA رسم می‌کنید، هر متغیر مقیاس جداگانه‌ای دارد. همچنین مقیاس‌ها از صفر شروع نمی‌شود، مگر آنکه مقدار متغیر از صفر شروع شده باشد.
- برای مشاهده این موضوع، *Run* را در منوی Run انتخاب کنید.
 - پس از آنکه رسم نمودار به پایان رسید، دوبار روی آن کلیک کنید تا کادر گفتگو باز شود. بر روی "Population" در لیست انتخاب‌شده‌ها کلیک کرده و سپس روی فلش دو سر () در سمت راست آن کلیک نمایید. برای بازه متغیر جمعیت، مقدار حداقل ۴۰۰۰ و برای حداکثر آن ۸۰۰۰ را وارد کنید.
 - همین قدم‌ها را برای "births" تکرار کرده و مقادیر صفر و ۲۰۰ را به عنوان حداقل و حداکثر تعیین کنید. سپس روی *Set* کلیک کرده و دکمه تایید را بزنید. مقیاس‌های نمودار بایستی تغییر کند.
 - نمودار را ببندید.

مدل‌سازی و تعریف شکل 13.13 در نرم‌افزار STELLA

مثال IV را به طور کامل بخوانید. در این مثال، مدلی ساخته می‌شود که رشد جمعیت جهان را شبیه‌سازی نماید. می‌توانید این مدل را مشابه مدل جمعیت زانادو در STELLA بسازید. تنها فرق این دو مدل این است که در مثال جمعیت جهان، نرخ زاد و ولد یا همان "births" ثابت نبوده و به تعداد جمعیت بستگی دارد.

- نمودار جریان در شکل 13.13 صفحه ۲۳۸ را مدل‌سازی کنید. با استفاده از متصل‌کننده () "Population" را به "net births" وصل کنید. (مکان متصل‌کننده با کلیک روی آن و جابجا کردن دایره‌ای که در ابتدای فلش است، قابل تغییر است).
- اکنون لازم است که معادلات مدل را وارد کنید. روی آیکون کره () در گوشه بالا سمت چپ کلیک کنید تا به شکل () درآید. سپس جمعیت اولیه جهان را در مدل وارد کنید. وارد کردن اطلاعات "Population" فراموش نشود.
- برای تکمیل مدل جمعیت جهان، معادلات DYNAMO در صفحه ۲۳۹ را مطالعه کنید. توجه کنید که متغیر جدیدی به نام "GROWTH FRACTION" (GF) معرفی شده است. در یک مدل‌سازی صحیح، بایستی نام تمامی متغیرها را تعریف و به هر کدام آیکون مرتبطشان (مخزن، جریان یا مبدل) را تخصیص داد. روی آیکون مبدل () کلیک کنید و نام آن را "GROWTH FRACTION" بگذارید.

- "GROWTH FRACTION" را به "net births" وصل کنید. مقدار 0.02 را برای "GROWTH FRACTION" وارد کرده و فراموش نکنید که اطلاعات آن را تکمیل نمایید.
- تنها متغیری که تعریف نشده "net births" است. دوبار روی آن کلیک کنید تا کادر گفتگو باز شود. اگر پنجره document باز است، روی *Hide Document* کلیک کنید. عبارت "Population * GROWTH FRACTION" را به عنوان معادله وارد نمایید. اطلاعات "net births" را نیز تکمیل کنید.
 - مشابه قبل، معادلات STELLA و DYNAMO را با یکدیگر مقایسه کنید.

شبیه سازی شکل 13.13 در نرم افزار STELLA

- جدول (table) و نمودار (graph) این مدل را مشابه قبل بسازید و تعریف کنید. فراموش نشود که: برای هر کدام عنوان تعیین کنید. برای هریک متغیرها را انتخاب کنید. در جدول بازه گزارش گیری را تغییر دهید. در نمودار مقیاس ها را تغییر دهید.
- جدولی را که ساخته اید با جدول 13.2 در صفحه ۲۴۱ مقایسه کنید.

پس از خواندن فصل ۱۳ مقدمه ای بر شبیه سازی کامپیوتری ...

با مطالعه فصل ۱۳ تجربه بیشتری در ایجاد و استفاده از نمودارهای مخزن و جریان در STELLA کسب نمودید. همچنین نحوه تعریف معادلات مدل در STELLA نیز تشریح شد. همچنین نشان داده شد که چگونه معادلات مخزن و جریان را در DYNAMO تشخیص دهید. فصل ۱۳ اصل سیستمی شماره ۴ را نیز توضیح داد:



اصل شماره ۴ سیستم ها:

حالت ها محل انباشت (یکپارچگی) هستند.

در مثال ۱ صفحات ۲۲۷ و ۲۲۸ از مقدمه ای بر شبیه سازی کامپیوتری، حالت ها به عنوان مقادیری که در طول زمان انباشته می شوند، معرفی می شود. توجه کنید که حالت های "کودکان" و "بزرگسالان"، به ترتیب انباشت نرخ های "زاد و ولد" و "بالغ شدن" هستند. حالت ها نتایج نرخ ها (اقدامات) را جمع می کنند.

پایان نقشه راه دوم

نقشه راه دوم توضیح داد که چگونه با استفاده از نرم افزار STELLA مدل های ساده ای از سیستم ها را در کامپیوتر می توان ساخت. توانایی استفاده از کامپیوتر برای مدل سازی سیستم های دنیای واقعی مهارتی است که داشتن این مهارت با پیشرفت شما در زمینه سیستم و رفتار آن، حیاتی خواهد بود. یکپارچه سازی گرافیکی به عنوان روشی برای پیش بینی رفتار سیستم ها معرفی گردید. در نقشه راه دوم توضیح نحوه شناسایی حلقه های بازخور و طبقه بندی آن ها در دسته بازخورهای مثبت و منفی ادامه یافت. همچنین سه اصل سیستمی دیگر نیز معرفی گردید: الف) نرخ و حالت عناصر اساسی زیرساختار حلقه ها هستند. ب) حالت و نرخ از روی واحد اندازه گیری قابل تمایز نیستند. ج) حالت ها محل انباشت هستند.

نقشه راه سوم به تمرین مدل سازی کامپیوتری و ایجاد نمودارهای مخزن و جریان ادامه می دهد. همچنین به بررسی رفتارهای مشترک در بین سیستم ها، با جزییات بیشتر، می پردازد.