

نقشه راه ۳

راهنمای یادگیری پویایی سیستم ها



پویایی سیستم ها در پروژه آموزشی

Road Map 3

به نقشه‌راه سوم خوش آمدید!

نقشه‌راه‌ها، راهنمایی برای مطالعه شخصی به منظور یادگیری اصول و قواعد پویایی سیستم‌ها و تمرین آن‌ها هستند. نقشه‌راه سه، سومین فصل در سری فصل‌های نقشه‌راه‌ها است. در نقشه‌راه سوم شما آموخته‌های نقشه‌راه‌های یک و دو را تقویت می‌کنید در عین حال که مهارت‌های مدل‌سازی تان را نیز بهبود می‌بخشید. مشخصاً، شما می‌آموزید که چگونه نمودارهای حلقه علی را به نمودارهای جریان و چگونه معادلات DYNAMO را به مدل‌ها و معادلات مربوطه در نرم افزار STELLA تبدیل کنید. نقشه‌راه سه یکپارچگی گرافیکی و همچنین مهارت‌های شبیه سازی ذهنی شما را وسعت خواهد بخشید. مدل‌سازی در نقشه‌راه سه با حلقه‌های بازخور مثبت و منفی آغاز شده و با ترکیب آن‌ها برای شکل دادن یک ساختار رشد S- شکل ادامه می‌یابد. آخرین بخش نقشه‌راه سه را کتاب پویایی محیط‌های شهری (Urban Dynamics) نوشته ی پروفیسور Jay Forrester تشکیل می‌دهد. این کتاب یک مدل پویایی سیستم‌ها را تشریح میکند که برای مطالعه مشکلات شهری مورد استفاده قرار میگیرد.

موضوعات مورد بحث در نقشه‌راه سه:

Graphical Integration Exercises

-*Graphical Integration Exercises Part 2: Ramp Functions* (D-4571)
by Kevin Agatstein and Lucia Breierova

Beginner Modeling Exercises

-*Beginner Modeling Exercises Section 2: Mental Simulation of Simple Positive Feedback* (D-4487)
by Joseph G. Whelan

-*Beginner Modeling Exercises Section 3: Mental Simulation of Simple Negative Feedback* (D-4536)
by Helen Zhu

Positive and Negative Feedback Loops

-*Study Notes in System Dynamics*, Exercises 4, 5
by Michael R. Goodman

-*Introduction to Computer Simulation*, Chapter 15: Using Simulation to Analyze Simple Positive and Negative Loops
by Nancy Roberts et al.

Practice with More Extensive Computer Modeling

-*Study Notes in System Dynamics*, Section 3.10-3.12
by Michael R. Goodman

Development and Modeling of S-Shaped Growth

-*Study Notes in System Dynamics*, Chapter 4: S-Shaped Growth Structure and Chapter 5: Review of Simple Structures
by Michael R. Goodman

Real-Life Applications of System Dynamics

-*Urban Dynamics*
by Jay W. Forrester

آنچه در مطالعه نقشه‌راه سه مورد نیازتان خواهد بود:

نرم افزار مدل‌سازی

به منظور اتمام نقشه‌راه سه و باقی نقشه‌راه‌ها، شما نیاز به یک نرم افزار مدل‌سازی خواهید داشت. راهنمایی‌های موجود در نقشه‌راه‌ها و اکثر مقالاتی که در کنار نقشه‌راه‌ها ذکر شده‌اند با استفاده از نرم افزار STELLA II برای سیستم عامل مکینتاش نوشته شده‌اند. STELLA II برای هر دو سیستم

عامل ویندوز و مکینتاش موجود است. اگر سئوالی 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 سئوال 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 می‌توانید 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 انتهایی 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.

برای اطلاعات بیشتر در خصوص نحوه دسترسی به نرم افزارهای Vensim و Powersim به پیوست‌ها مراجعه کنید.

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

برای نقشه‌راه سه، شما به سه کتابی که در ادامه ذکر شده نیاز خواهید داشت. کتابهای اول و دوم پیش تر در نقشه‌راه دو نیز مورد نیاز بوده اند. این کتابها در نقشه‌راه‌های بعدی نیز مورد استفاده قرار خواهند گرفت. لطفاً توجه داشته باشید که فصل‌های مورد نیاز از کتاب دوم از سرور SDEP به شکل الکترونیکی قابل دانلود هستند.

1. Goodman, Michael R, 1974. *Study Notes in System Dynamics*. Portland, Oregon: Productivity Press, 388 pp.
2. Roberts, Nancy, 1983. *Introduction to Computer Simulation*. Portland, Oregon: Productivity Press, 562 pp.
3. Forrester, Jay W., 1969. *Urban Dynamics*. Portland, Oregon: Productivity Press, 285 pp.

اگر در دسترسی به این کتاب‌ها مشکلی داشتید، می‌توانید با انتشارات Productivity Press تماس بگیرید (به پیوست‌ها مراجعه کنید).

چگونه از نقشه‌راه سه استفاده کنید:

نقشه‌راه سوم موضوعات مختلفی در پویایی سیستم‌ها را از طریق متون و تمرین‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد. قبل از هر متن یا تمرین توضیح کوتاهی از 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 اهمیت شان 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 ببینید که شروع کنیم!

تمرین‌های یکپارچه سازی گرافیکی^۱:

اولین متن در نقشه‌راه سوم درک شما از یکپارچه سازی گرافیکی را توسعه داده و مهارت شما را این زمینه تقویت می‌کند. در نقشه‌راه دوم کاربرد یکپارچه سازی گرافیکی را در تخمین رفتار سیستم‌هایی با جریان‌های مثبت و منفی ثابت و همچنین جریان‌های توابع پله‌ای را توضیح داده شد. مقاله بعدی جریان‌های توابع شیب‌دار را بررسی می‌نماید.

• تمرین شماره ۲ یکپارچه سازی گرافیکی: توابع شیب دار

نویسندگان: Kevin Agatstein and Lucia Breierova

«تابع شیب دار» در جریان مشخص کننده جریانی است که به صورت خطی افزایش یا کاهش می‌یابد. این مقاله رفتارهایی را تشریح می‌کند که به وسیله این گونه جریان اتفاق می‌افتد: رشد سهموی یا رشد رو به پایین سهموی. به منظور تمرین روش‌های یکپارچه سازی گرافیکی از شما خواسته می‌شود که چند تکلیف را انجام دهید. پاسخ تکالیف در انتهای مقاله آورده شده است.

حالا لطفا تمرین شماره ۲ یکپارچه سازی گرافیکی را انجام دهید.

پس از انجام تمرین شماره ۲ یکپارچه سازی گرافیکی ...

در این مقاله نحوه استفاده از یکپارچه سازی گرافیکی را برای تخمین رفتار سیستم‌هایی با جریان‌های افزایشی و کاهشی خطی توضیح داده شد. نشان داده شد که با محاسبه سطح زیر نمودار جریان چگونه سطح مخزن را محاسبه کنیم و چگونه شیب مخزن را از مقدار جریان به دست آوریم.

بسیار مهم است که پس از درک و یادگیری این روش‌ها، به سراغ مقاله بعدی در مجموعه یکپارچه سازی گرافیکی بروید.

¹ Graphical Integration

تمرین های مدل سازی مبتدی:

دو متن بعدی ادامه مجموعه تمرین های مدل سازی مبتدی است که اولین بار در نقشه راه دوم معرفی گردید. در نقشه راه اول، حلقه های بازخور به عنوان عناصر پایه ای ساختاری سیستم های تشریح شدند. بازخور مثبت و منفی تقریباً دلیل کلیه رفتارهای پویای سیستمها است.

• تمرین شماره ۲ مدل سازی مبتدی: شبیه سازی ذهنی بازخور مثبت ساده

نویسنده: *Joseph G. Whelan*

در مقاله دوم مجموعه تمرینهای مدل سازی مبتدی اثرات بازخور مثبت بر پویایی سیستمها مورد بحث قرار میگیرد. ابتدا توضیح میدهد که چگونه یک حلقه بازخور مثبت را در سیستم شناسایی کرده و چگونه از شبیه سازی ذهنی برای شناخت آن سیستم استفاده کنید. سپس از شما خواسته میشود که تکالیف مختلفی را به منظور بهبود درک شما از سیستمهایی با بازخور مثبت ساده انجام دهید. پاسخ تکالیف در انتهای مقاله آورده شده است.

حالا لطفا تمرین شماره ۲ مدل سازی مبتدی را انجام دهید.

پس از انجام تمرین شماره ۲ مدل سازی مبتدی ...

در این مقاله نحوه شناسایی یک حلقه بازخور مثبت در سیستم توضیح داده شد. حلقه بازخور مثبت منجر به رشد نمایی میشود. سپس نحوه یافتن زمان دوبرابر شدن مخزن نشان داده شد.

مهم است که پس از آنکه توانستید کلیه تکالیف را انجام دهید، به سراغ متن بعدی بروید.

• تمرین شماره ۳ مدل سازی مبتدی: شبیه سازی ذهنی بازخور منفی ساده

نویسنده: *Helen Zhu*

در مقاله سوم مجموعه تمرینهای مدل سازی مبتدی اثرات بازخور منفی بر پویایی سیستمها مورد بحث قرار میگیرد. مانند مقاله قبلی، ابتدا توضیح میدهد که چگونه یک حلقه بازخور منفی را در سیستم شناسایی کرده و چگونه رفتار سیستمی دارای حلقه بازخور منفی را به صورت ذهنی شبیه سازی کنید. به منظور اطمینان از درک آنچه که آموخته اید از شما خواسته میشود که تکالیف مختلفی انجام دهید. پاسخ تکالیف در انتهای مقاله آورده شده است.

حالا لطفا تمرین شماره ۳ مدل سازی مبتدی را انجام دهید.

پس از انجام تمرین شماره ۳ مدل سازی مبتدی ...

در این مقاله توضیح داده شد که چرا بازخور منفی منجر به رشد مجانبی میشود و همچنین ساختار goal-gap آن تشریح شد. روشی برای محاسبه زمان نصف شدن مخزن بیان گردید و نحوه استفاده از اطلاعات به منظور تخمین رفتار سیستمها توضیح داده شد. درک مفاهیم و تکالیف ذکر شده تا اینجا، پیش از ادامه مطالعه سایر بخشهای نقشه راه سوم کاملاً لازم و بسیار مهم است.

حلقه های بازخور مثبت و منفی:

سه بخش آتی نقشه راه سوم در مورد حلقه های بازخور مثبت و منفی است. در نقشه راه اول پایه های حلقه های بازخور مثبت و منفی بیان شد، در نقشه راه دوم تمرین های مدل سازی مبتدی ارائه شد که شامل حلقه های بازخور مثبت و منفی بود، و توضیح داده شد که چگونه میتوان از شبیه سازی ذهنی برای درک رفتار سیستمهایی با حلقه های بازخور مثبت و منفی استفاده نمود. ما اکنون یک قدم جلوتر رفته و حلقه های بازخور مثبت و منفی را با استفاده از STELLA در کامپیوتر مدل سازی خواهیم کرد.

• Study Notes in System Dynamics تمرین شماره ۴

نویسنده: Michael R. Goodman

بخش بعدی نقشه‌راه سوم، تمرین شماره ۴ از Study Notes in System Dynamics نوشته شده توسط Michael R. Goodman است. تمرین شماره ۴ این کتاب از مدل DYNAMO استفاده میکند که شما می‌بایست آن را به STELLA تبدیل نمایید. اگر در تبدیل آن به مشکلی برخورد کردید، به نقشه‌راه دوم رجوع کنید که در آن با مدل مشابهی کار شد و اطلاعات اضافی برای کمک به تبدیل آن ارائه گردید.

این تمرین یک نمودار حلقه علی و معادلات سیستم DYNAMO را در اختیار شما می‌گذارد که آنرا مدل‌سازی کنید. پیش از آن که از شما خواسته شود که آن را در STELLA مدل‌سازی نمایید، از شما سئوالاتی در مورد سیستم از شما پرسیده میشود که شما بایستی به صورت حسی^۱ به آنها پاسخ دهید. فکر کردن به این سئوالات و آوردن افکار و پاسخ‌ها بر روی کاغذ، پیش از شروع مدل‌سازی و مشاهده جوابهای صحیح الزامی و فوق العاده مهم است.

حالا لطفا تمرین شماره ۴ را انجام دهید. راهنمایی‌های زیر می‌تواند به شما کمک کند.

نکاتی در مورد STELLA: نمودارهای چندگانه^۲

برای ایجاد نمودارهای چندگانه در STELLA دو روش مختلف وجود دارد.

۱. کادر گفتگوی^۳ نمودار اول را باز کرده و بر روی فلش به سمت بالا در کنار new یکبار کلیک کرده و نمودار مورد نظرتان را تعریف کنید. زمانی که کادر گفتگوی نمودار را ببندید، میتوانید با کلیک کردن بر روی مثلث کوچکی که در گوشه پایین سمت چپ نمودار وجود دارد صفحات مختلف آن را مشاهده کنید.
۲. یک نمودار جدید را با کلیک کردن بر روی آیکن نمودار ایجاد کرده و آن را در صفحه قرار دهید.

نکاتی در مورد DYNAMO: تبدیل به STELLA

معادلات DYNAMO داده شده در حل تمرین در صفحه ۱۷۱ شامل دستوراتی از DYNAMO است که قبلا در نقشه‌راهها ذکر نشده است. دستورات جدید برای تعریف نمودارهای DYNAMO را در شبیه سازی DYNAMO استفاده می‌شوند. حاصل این دستورات نمودار S4.9، DYNAMO، در صفحه ۱۷۲ نمایش داده شده است. برای اطلاعات بیشتر در مورد معادلات DYNAMO به صفحات ۸۸ تا ۹۴ «The SPEC statement» از کتاب Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO نوشته شده توسط Richardson و Pugh مراجعه کنید.

برخی اصطلاحات مورد استفاده در DYNAMO با ذکر مورد مشابه آن در نرم افزار STELLA در ادامه توضیح داده شده‌اند. اگر سئوالات بیشتری در این زمینه دارید می‌توانید به کتاب راهنمای STELLA مراجعه نمایید.

[DT = 1] مدل هر 0.1 سال یکبار شبیه سازی خواهد شد. معادل آن در STELLA وارد کردن "1." در کادر^۴ dt در کادر گفتگوی Time Specs است. پس از آن با یکبار کلیک در واحد زمانی مورد نظرتان شبیه سازی انجام میشود.

[Pltper = 1] به ازای هر سال یک نقطه بر روی نمودار قرار گرفته و با وصل شدن این نقاط توسط خطی به یکدیگر یک منحنی بر روی نمودار مشاهده خواهد شد. معادلی برای این مورد در نرم افزار STELLA وجود ندارد اما نزدیک ترین چیز به آن کادر Report Interval در کادر گفتگوی table است.

^۱ Intuitively

^۲ Multiple Graphs

^۳ Dialog box

^۴ Box

[Length = 50] نمودار ۵۰ سال را در خروجی نشان خواهد داد. معادل آن در STELLA وارد کردن "0" در کادر *From* و "50" در کادر *To* در کادر گفتگوی *Time Specs* است.

[Plot Pop = P(0,320)/BR=B(0,24)] این دستور متغیرها و مقیاس‌های نمودار تعیین میکند. معادل آن در STELLA این است که مقیاس‌ها را برای هر متغیر در کادر گفتگوی Graph تغییر دهید.

پس از انجام تمرین شماره ۴ ...

با انجام این تمرین تجربه بیشتری در تبدیل معادلات DYNAMO به STELLA کسب کردید. خصوصیات پایه ای حلقه بازخور مثبت نیز در آن تشریح شد. حلقه‌های بازخور مثبت از عناصر سازنده اساسی^۱ پویایی سیستمها و مدل‌سازی کامپیوتری هستند. آن‌ها مجدداً در نقشه‌راه سوم تشریح خواهند شد و در سراسر نقشه‌راه‌ها مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

مدلی که ساختید همچنین یکی از اصول سیستم‌ها را نشان می‌دهد:



اصل شماره ۵ سیستم‌ها:

حالت‌ها^۲ تنها به نرخ‌ها^۳ تغییر می‌کنند.

به مدلی که اندکی قبل در STELLA ساختید نگاه کنید (مشابه مدل صفحه ۱۷۱ کتاب *Study Notes in System Dynamics*). توجه کنید که حالت، جمعیت^۴ صرفاً تحت تاثیر نرخ، نرخ زاد و ولد^۵ قرار دارد. تنها نرخ‌ها می‌توانند حالت‌ها را تغییر دهند.

اصل شماره ۵ سیستمها در مدل‌سازی مهم است زیرا به شفاف سازی اثرات متقابل بین حالت‌ها و نرخ‌های مختلف کمک می‌نماید.

• Study Notes in System Dynamics تمرین شماره ۵

نویسنده: Michael R. Goodman

متن بعدی نقشه‌راه سوم، تمرین شماره ۵ از *Study Notes in System Dynamics* است. الگوی این تمرین مشابه تمرین شماره ۴ همین کتاب است. هرچند که در تمرین شماره ۵ شما با حلقه‌های بازخور منفی مواجه خواهید شد. پیش از شروع شبیه سازی مدل از شما سؤالاتی پرسیده خواهد شد که شما باید به شکل حسی به آن‌ها پاسخ دهید. جواب دادن به این سؤالات پیش از اجرای مدل برای یادگیری حلقه‌های بازخور بسیار حیاتی است. مجدداً تکرار می‌کنیم، اگر نیاز به راهنمایی بیشتر در تبدیل DYNAMO به STELLA دارید می‌توانید به اطلاعات تکمیلی که در نقشه‌راه دوم موجود است مراجعه کنید.

^۱ Fundamental Building Block

^۲ Levels

^۳ Rates

^۴ Population

^۵ Birth rate

حالا لطفا تمرین شماره ۵ را انجام دهید.

نکاتی در مورد مدل سازی

برای مدل کردن یک جریان برون ریز^۱، در داخل مخزن یک جریان بکشید، سپس آن را در حدود ۵ سانتیمتر از مخزن بیرون کشیده و دکمه ماوس را رها کنید.

پس از انجام تمرین شماره ۵ ...

با انجام این تمرین تجربه بیشتری در تبدیل معادلات DYNAMO به STELLA کسب کردید. خصوصیات پایه ای حلقه بازخور منفی نیز در آن تشریح شد. حلقه های بازخور منفی از عناصر سازنده اساسی^۲ پویایی سیستمها و مدل سازی کامپیوتری هستند. آنها مجددا در نقشه راه سوم تشریح خواهند شد و در سراسر نقشه راهها مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

• **Introduction to Computer Simulation^۳، فصل ۱۵: استفاده از شبیه سازی برای تحلیل حلقه های مثبت و منفی ساده**
نویسنده: Nancy Robert et al.

در فصل ۱۵ گفته می شود که حلقه های بازخور مثبت و منفی تنها حلقه های موجود در سیستمها هستند. سایر چیزها از این حلقه های بازخور مثبت و منفی ساخته میشوند. این موضوع در اصل شماره ۱ سیستمها ذکر شد که در واقع حلقه های بازخور عناصر سازنده پایه ای سیستمها هستند. فصل ۱۵ آخرین بخش از نقشه راه سوم است که مشخصا در خصوص حلقه های بازخور مثبت و منفی صحبت میکند. بعد از این فصل، به سراغ ساختارهای پیچیده تر خواهیم رفت.

در فصل ۱۵ از معادلات DYNAMO نیز استفاده میشود. اما فصل ۱۵ شامل معادلات DYNAMO ای هست که برای شما جدید خواهد بود. برای کمک به شما اطلاعات تکمیلی فراهم شده است.

حالا لطفا **فصل ۱۵** را بخوانید و تمامی تکالیف آن را مطابق آنچه در کتاب خواسته شده، انجام دهید. در صورت نیاز به اطلاعات تکمیلی که در ادامه آورده شده است مراجعه کنید.

نکاتی در مورد "استفاده از شبیه سازی برای تحلیل حلقه های مثبت و منفی ساده"

فصل ۱۵ را از صفحه ۲۶۱ تا انتهای تکلیف شماره ۳ در صفحه ۲۶۲ بخوانید. کلیه مثالها و تمرینها را آن گونه که در کتاب گفته شده، بخوانید و انجام دهید. مثال ۱ به معادلاتی در فصل ۱۴ همان کتاب اشاره میکند، که در نقشه راهها استفاده نشده است. این معادلات، تبدیل شده به STELLA، به شرح زیر هستند:

```
YEAST_CELLS(t) = YEAST_CELLS(t-dt) + (BUDDING) * dt
INIT YEAST_CELLS = 10 {CELLS}
INFLOWS:
BUDDING = YEAST_CELLS * BUDDING_FRACTION {CELLS/HOUR}
BUDDING_FRACTION = 0.1 {1/HOUR}
```

¹ Outflow

² Fundamental Building Block

³ Roberts, Nancy, David Andersen, Ralph Deal, Michael Garet, and William Shaffer, 1983. *Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Approach*, Portland, Oregon: Productivity Press. 800/394-6868. 562 pp.

$dt = 1$

simulation length = 30 hours

نکاتی در مورد STELLA Sensi Specs

STELLA راه ساده ای برای مشاهده اثر مقادیر مختلف و متفاوت یک متغیر بر روی نمودار را برای شما فراهم میکند. سه مقداری که شما در تمرین سوم برای متغیر BUDDING_FRACTION استفاده میکنید 0.2، 0.1 و 0.05 هستند. برای دیدن تمامی این مقادیر بر روی یک نمودار، لازم است که نمودار در Sensi Specs ایجاد شود.

- نخست، کلیه نمودارها و کادرهای گفتگوی باز را ببندید.
- سپس منوی Run را پایین بکشید و دکمه ماوس را روی Sensi Specs رها کنید.
- در لیست Allowable بر روی BUDDING_FRACTION دو بار کلیک کنید.
- سپس روی BUDDING_FRACTION در لیست Selected(value) یکبار کلیک نمایید.
- بر روی دکمه ی کنار ad hoc یکبار کلیک کرده و مقدار "0.2" را تایپ کرده و روی Set یکبار کلیک کنید. مقدار "0.1" را تایپ کرده و روی Set یکبار کلیک کنید و در نهایت مقدار "0.05" را تایپ کرده و روی Set یکبار کلیک کنید.
- روی دکمه Define:Graph در گوشه پایین سمت چپ یکبار کلیک کنید. مکان نما به آیکون نمودار تبدیل خواهد شد. در یک فضای خالی در صفحه یکبار کلیک کنید تا نمودار در آنجا قرار داده شود. نمودار جدید و کادر گفتگوی مربوط به آن باز شده و آماده تعریف شدن خواهد بود، Comparative را انتخاب کنید.
- نمودار را تنها با یک متغیر تعریف کرده، و روی YEAST_CELLS دوبار کلیک نمایید.
- سپس عنوانی برای نمودار تعیین کرده و روی OK یکبار کلیک کنید.
- از منوی Run، S-Run را انتخاب کنید.

لطفا تمرین ۴ را در انتهای صفحه ۲۶۲ و بالای صفحه ۲۶۴ بخوانید و انجام دهید. سپس تمرین شماره ۵ در صفحه ۲۶۳ را بصورت کامل بخوانید. در تمرین شماره ۵، شما مدل ساخته شده در تمرین ۴ را با اضافه کردن یک جریان برون ریز از مخزن BANK BALANCE تغییر خواهید داد. اضافه کردن یک جریان برون ریز، مدل را به یک مدل دو جریانی تبدیل خواهد کرد. این اولین مدل دو جریانی است که شما در نقشه راهها مدل سازی کرده اید.

- برای اضافه کردن یک جریان برون ریز، WITHDRAWALS، جریان را در داخل مخزن BANK BALANCE قرار داده و آنرا از جریان درون ریز INTEREST به سمت بیرون بکشید. قرار دادن جریانها در دو سمت مختلف مخزن، خواندن مدل را آسان تر میکند.
- جریان برون ریز WITHDRAWALS را تعریف و مستند کنید.
- معادلات مدل STELLA را مشاهده کرده و به تغییری که در معادله ی BANK BALANCE ایجاد شده است، توجه نمایید.

بخش b تمرین شماره ۵ را انجام دهید.

اگر میخواهید جریان WITHDRAWALS را در نمودار ببینید، بایستی WITHDRAWALS را به لیست Selected در کادر گفتگوی نمودار اضافه نمایید. بخشهای c و d از تمرین پنجم با استفاده از Sensi Specs در STELLA، همانگونه که در بالا گفته شد، میتوانند انجام شوند. (نکاتی در مورد STELLA Sensi Specs را ببینید)

لطفاً "Starting a Model in Equilibrium," را بخوانید و تمرین ششم در صفحه ۲۶۳ را انجام دهید. اگر در انجام این تمرین به مشکلی برخوردید سعی کنید که مدل را با موجودی ها^۱، نرخهای مختلف سود^۲ و برداشت^۳ اجرا نمایید.

لطفاً بخش "Examining a System's Response to Disturbances— Part I" در صفحه ۲۶۴ بخوانید. سپس تمرین هفتم در صفحه ۲۶۵ را بصورت کامل انجام دهید.

نکاتی در مورد STELLA: Step Functions

در این بخش نحوه قرار دادن تغییرات آنی، که در حین شبیه سازی یک مدل اتفاق می افتند، با استفاده از توابع پله ای تشریح خواهد شد. کارکرد توابع پله ای در STELLA مشابه DYNAMO است.

- برای تغییر دادن معادله WITHDRAWALS در مدل کادر گفتگوی WITHDRAWALS را باز کنید. "STEP(25,5) + " را به معادله اضافه کنید که به "50 + STEP(25,5)" تبدیل شود.
- نمودار نتایج را رسم کنید.

لطفاً مثال ۲ در صفحه ۲۶۵ را تا انتهای تمرین ۱۰ در صفحه ۲۶۶ بخوانید. کلیه مثالها و تکالیف را مشابه آنچه در کتاب خواسته شده بخوانید و انجام دهید. مثال ۱ به معادلاتی در فصلی از همان کتاب اشاره میکند، که در نقشه راهها استفاده نشده است. این معادلات، تبدیل شده به STELLA به شرح زیر هستند:

$$\text{YEAST_CELLS}(t) = \text{YEAST_CELLS}(t-dt) + (- \text{YEAST_DEATHS}) * dt$$

$$\text{INIT YEAST_CELLS} = 10 \{ \text{CELLS} \}$$

OUTFLOWS:

$$\text{YEAST_DEATHS} = \text{YEAST_CELLS} / \text{AVERAGE_LIFETIME} \{ \text{CELLS/HOUR} \}$$

$$\text{AVERAGE-LIFETIME} = 0.1 \{ 1/\text{HOUR} \}$$

تمرین ۱۱ در صفحه ۲۶۶ را بصورت کامل بخوانید. پیش از انجام این تمرین به یاد داشته باشید که لازمه یک تمرین مدل سازی خوب این است که جریان درون ریز YEAST BUDDING در یک سمت مخزن و جریان برون ریز YEAST DEATHS در سمت مقابل مخزن YEAST CELLS قرار گیرند.

تمرین های ۱۲ و ۱۳ را از صفحه ۲۶۶ و تا بالای صفحه ۲۶۷ انجام دهید. مثال ۳، شامل تمرین ۱۴ برای یادگیری دست اول رفتار سیستم بسیار مهم هستند. سعی کنید آن ها را انجام دهید.

لطفاً "Modeling Temperature Change" را تا ابتدای تمرین ۱۵ در صفحه ۲۶۹ بخوانید. تمرین ۱۵ را از انتهای صفحه ۲۶۹ تا بالای صفحه ۲۷۰ بخوانید. اما پیش از مدل سازی سیستم، بایستی "Auxiliary Variables" را از صفحه ۲۷۰ تا ۲۷۱ بخوانید. "Auxiliary Variables" به شما کمک میکند که مدل کاربرپسندتری را برای تمرین ۱۵ بسازید. حالا تمرین ۱۵ را انجام دهید.

یک ورودی دیگر که در نمودار جریان صفحه ۲۷۱ نشان داده نشده، COOLING CONSTANT, (T) است. در مدل STELLA COOLING CONSTANT مبدلی است که بایستی به DECLINE وصل شود که در مدل مخفی نماند.

¹ balances

² Interest rates

³ Withdrawal rates

از "The Goal-Gap Formulation" در صفحه ۲۷۱ تا مثال ۴: Pushups and Practice در صفحه ۲۷۴ را بخوانید. تمرین‌ها و مثال‌ها همانگونه که در کتاب نوشته شده انجام داده و بخوانید.

تمرین ۴ را از پایت صفحه ۲۷۴ تا بالای صفحه ۲۷۷ بصورت کامل بخوانید. مثال ۴ به بخشی از کتاب اشاره میکند که در نقشه‌راه‌ها وجود ندارد. بحثی که به آن اشاره شده میتواند از نمودار حلقه علی در شکل 15.9 در صفحه ۲۷۴ استنباط شود.

- مدلی در STELLA، همانطور که در تمرین ۱۸ صفحه ۲۷۶ تشریح شده، ایجاد کنید. مدل شما بایستی شبیه شکل 15.11 در صفحه ۲۷۶ باشد. تفاوت در متغیرهای کمکی^۱ است که در مدل شما مشاهده میشود:

$$\text{PRACTICE TIME PER PUSHUP} = 0.5 \{ \text{MIN/PUSHUP} \}$$

$$\text{MAINTENANCE} = 10 \{ \text{MIN} \}$$

$$\text{PRACTICE EFFECTIVENESS} = 0.2 \{ \text{PUSHUPS/MO/MIN} \}$$

زمانی که دارید جریان IMPROVEMENT RATE را ایجاد میکنید، یکبار روی دکمه bi-flow در گوشه بالای سمت چپ کادر گفتگوی جریان کلیک کنید. جیم^۲ میتواند پیشرفت کرده و یا بدتر شود.

تمرین 18b تا انتهای 18e را با استفاده از Sensi Specs در STELLA بصورت کامل انجام دهید.

مثال ۵ در صفحه ۲۷۷ را تا انتهای تمرین ۲۰ در بالای صفحه ۲۸۲ بخوانید.

در زمان انجام تمرین ۱۹ در صفحه ۲۷۸، به یاد داشته باشید که تمامی پارامترها را نامگذاری کرده و آیکن به آن‌ها اختصاص دهید.

$$\text{NUMBER OF PUSHUPS} = 10 \{ \text{INITIAL NUMBER OF PUSHUPS} \}$$

$$\text{IMPROVEMENT RATE} = (\text{AMOUNT OF PRACTICE-BASE PRACTICE}) * \text{PRACTICE EFFECTIVENESS} \{ \text{PUSHUPS/MO} \}$$

$$\text{PRACTICE EFFECTIVENESS} \{ \text{PUSHUPS/MO} \}$$

$$\text{BASE PRACTICE} = 30 \{ \text{MIN} \}$$

$$\text{AMOUNT OF PRACTICE} = \text{PRACTICE TIME PER PUSHUP} * \text{DIFFERENCE} \{ \text{MIN} \}$$

$$\text{DIFFERENCE} = \text{GOAL FOR PUSHUPS} - \text{NUMBER OF PUSHUPS} \{ \text{PUSHUPS} \}$$

$$\text{GOAL FOR PUSHUPS} = 50 \{ \text{PUSHUPS} \}$$

$$\text{PRACTICE TIME PER PUSHUP} = 0.5 \{ \text{MIN/PUSHUP} \}$$

$$\text{PRACTICE EFFECTIVENESS} = 0.2 \{ \text{PUSHUPS/MO/MIN} \}$$

برای "Choosing a Value for DT" در صفحات ۲۷۹ الی ۲۸۲، متاسفانه نرم افزار STELLA II نسخه v.2.2.1. به شما اجازه نمیدهد که مقادیر بزرگتر از ۱ برای DT اختصاص دهید، اما شما بایستی به خواندن این بخش ادامه داده و مدل‌هایی که میتوانید را اجرا نمایید. کلیه مدل‌هایی که در این بخش استفاده میشوند، مدل‌هایی هستند که تا کنون ساخته‌اید. اطلاعات در خصوص DT، بازه حل^۳، در بخش‌های بعدی نقشه‌راه‌ها گسترش داده خواهد شد.

لطفا تمرین ۲۱ در صفحه ۲۸۲ را بخوانید و انجام دهید.

¹ Auxiliary variables

² Jim

³ The solution interval

تمرین ۲۱ فرصتی است که شما مدل خودتان را بسازید. این مدل میتواند تا جایی که بخواهید پیچیده باشد. به ساختار و پیچیدگی تنوع دهید تا بتوانید رفتارهایی که در مدل‌های پیشین دیده اید، رشد S-شکل، رشد نمایی و زوال^۱ را در مدل نشان دهید.

به انتهای نکاتی در مورد "استفاده از شبیه سازی برای تحلیل حلقه‌های مثبت و منفی ساده" رسیدید.

پس از خواندن فصل ۱۵ ...

فصل ۱۵ مهارت‌های مدل‌سازی شما با نرم افزار STELLA را و همچنین مهارت شما برای تبدیل DYNAMO به STELLA را تقویت نمود. در این فصل توضیحات بیشتری در خصوص حلقه‌های بازخور مثبت و منفی ارائه کرد. همچنان که در نقشه‌راه‌ها پیش می‌رویم، خواهید دید که حلقه‌های بازخور مثبت و منفی عناصر سازنده تمامی ساختارهای دیگر هستند. آشنایی با خصوصیات حلقه‌های بازخور، برای یادگیری پویایی سیستم و مدل‌سازی کامپیوتری بسیار ضروری است.

اصل سیستمی که در ادامه بیان میشود، اصلی که در نقشه‌راه دوم ارائه کردیم. این اصل مجدداً به عنوان بخشی از روش آموزش حلزونی ما، بیان میشود که بر اهمیت آن تاکید گردد.

اصل شماره ۲ سیستم‌ها:

حالت‌ها و نرخ‌ها از عناصر بنیادین زیرساخت‌های حلقه‌ها هستند.

یک حلقه بازخور متشکل از دو نوع متغیر متمایز است، حالت‌ها (که مخازن یا وضعیت‌ها نیز نامیده میشوند) و نرخ‌ها (که جریان‌ها یا اقدامات نیز نامیده میشوند). هر دو متغیر برای نمایش دادن یک ساختار در حلقه بازخور ضروری هستند.

هنگام خواندن متن فصل ۱۵ از Introduction to Computer Simulation، حلقه‌های بازخور در اشکال 15.1، 15.3، و 15.5 که به ترتیب به مثالهای ۱، ۲ و ۳ مربوط هستند، را بررسی کنید. دقت کنید که حالت‌ها و نرخ‌ها، هر دو از عناصر اساسی زیرساخت حلقه‌های بازخور هستند. پویایی حلقه‌ها، نمیتوانند بدون محتوای شان^۲ ارائه شوند.

تمرین با مدل‌های گسترده تر کامپیوتری:

• Study Notes in System Dynamics بخش‌های 3.10-3.12

نویسنده: Michael R. Goodman

این بخش مدل‌های پیشرفته تر از آنچه تا کنون دیده اید را معرفی مینماید. به شما نشان داده میشود که مدل‌های پیچیده تر بر روی حلقه‌های بازخور مثبت و منفی چگونه ساخته میشوند. نیازی نیست که مدل‌ها را خودتان استنتاج نمایید، زیرا نمودارهای جریان، معادلات DYNAMO، و خروجی‌های اجرای مدل در هر مثال موجود است. شما بایستی معادلات DYNAMO را به STELLA تبدیل نمایید و مدل مربوط به هر مثال را اجرا نمایید.

حالا لطفاً بخش 3.10-3.12 را انجام دهید. راهنمایی‌های زیر می‌تواند به شما کمک کند.

¹ decay

² inclusion

نکاتی در مورد STELLA: نمودارهای جدولی^۱

یک معادله DYNAMO جدید، معادله جدولی، معرفی میشود.

معادلات 5 و 5.1 DYNAMO از صفحه ۶۳:

PAT.K = TABLE(PATT,POLR,0,80,10)
 PATT =.6 / 2.5 / 5 / 8 / 11.5 / 15.5 / 20 / 31 / 50
 PAT - POLLUTION ABSORPTION TIME (YEARS)
 POLR - POLLUTION RATIO (DIMENSIONLESS)

PAT.K – این متغیری در مدل است که نمایش دهنده جدول است. در مدل STELLA نام آن POLLUTION ABSORPTION TIME خواهد بود.

- کادر گفتگوی POLLUTION ABSORPTION TIME را باز کنید.

TABLE(.....) – این دستور متغیر PAT.K را به عنوان جدول تعریف میکند.

معادل آن در STELLA باز کردن کادر گفتگوی POLLUTION ABSORPTION TIME و تعریف آن به عنوان "A graph of ... of POLLUTION RATIO" است.

- POLLUTION RATIO را از Required Inputs انتخاب کنید.

- روی دکمه Become Graph در پایین کادر گفتگو یکبار کلیک کنید. یک کادر گفتگوی جدید برای تعریف جدول باز خواهد شد.

- برای دیدن معادله، روی دکمه To Equation در پایین کادر گفتگو یکبار کلیک کنید. این معادله را خواهید دید:

POLLUTION ABSORPTION TIME = "graph of ... " POLLUTION RATIO

- روی دکمه To Graph یکبار کلیک کنید.

PATT – این نام مشابه نام PAT در STELLA است.

DYNAMO به دو نام مختلف برای یک جدول نیاز دارد، در حالی که STELLA تنها به یک نام نیاز دارد.

POLR – این متغیری است که POLLUTION ABSORPTION TIME تابع مربوط به آن است. در نرم افزار STELLA به این معنی است که یک مقدار برای POLLUTION ABSORPTION TIME به یک مقدار برای POLLUTION RATIO مربوط است.

0 – این عدد کمترین مقداری که POLLUTION RATIO می تواند بگیرد را مشخص میکند.

80 – این عدد بیشترین مقداری که POLLUTION RATIO می تواند بگیرد را مشخص میکند.

- به کادر گفتگوی نمودار برگردید. توجه کنید که حدود افقی و عمودی نمودار از 0 تا 100 است (100 مقدار پیش فرض در نرم افزار STELLA است). اما، مطابق آنچه در معادله مشخص شده، حدود POLLUTION RATIO بر روی محور افقی از 0 تا 80 باید باشد.

¹ Table Graphs

- توجه کنید که "100"، به عنوان بیشترین مقدار، در محور افقی برای POLLUTION RATIO قرار گرفته است. برای وارد کردن مقدار صحیح برای، "80" را تایپ کنید.
- 10 - این عدد مقداری که صرفاً در DYNAMO مورد نیاز بوده و میزان افزایش بین هر دو نقطه از محور را بین 0 تا 80 را مشخص میکند.
- $PATT = .6 / 2.5 / 5 / 8 / 11.5 / 15.5 / 20 / 31 / 50$ - این نه مقدار نشان دهنده مقادیری است که جدول دارا خواهد بود. بنابراین حدود برای PULLOTION ABSORPTION TIME روی محور افقی از 0.6 تا 50 خواهد بود.
- کلید Tab روی صفحه کلید را فشار دهید تا حداکثر مقدار برای PULLOTION ABSORPTION TIME روی محور انتخاب شود و مقدار "50." برای آن وارد کنید. مجدداً کلید Tab روی صفحه کلید را فشار دهید تا حداقل مقدار برای PULLOTION ABSORPTION TIME روی محور انتخاب شود و مقدار "0.6." برای آن وارد کنید.
- دقت کنید که لازم است ۱۱ نقطه در جدول خروجی‌ها در STELLA تعریف شود، اما در کتاب Study Notes تنها ۹ نقطه برای PULLOTION ABSORPTION TIME داده شده است.
- در کادر Data Points عدد 11 را انتخاب کنید و مقدار "9." را در آن وارد کنید.
- اولین عدد یعنی 0.000 را در زیر Output با یکبار کلیک روی آن انتخاب کنید. مقدار "0.6." برای آن وارد کرده، سپس کلید Enter روی صفحه کلید را فشار دهید. سپس مقدار "2.5." را وارد کرده، کلید Enter را فشار دهید، مقدار "5." را وارد کرده و کلید Enter را فشار دهید... این کار را تا وارد کردن تمامی نقاط در زیر Output ادامه دهید.
- نمودار بایستی تا جایی که ممکن است شبیه جدولی باشد که در شکل 3-20 در صفحه ۶۱ کتاب Study Notes in System Dynamics است.
- اگر این طور است، یکبار روی OK کلیک کنید.
- برای اطلاعات بیشتر در خصوص توابع جدولی در STELLA، صفحه ۲۶ در کتاب Getting Started with STELLA II: A Hands-on Experience را ببینید.

پس از خواندن بخش 3.10-3.12 ...

کار کردن با مدل‌ها در بخش‌های 3.10-3.12 بیشتر حسی از رویکرد پویایی سیستم‌ها به شما داد. اکنون اصل سیستمی مهم دیگری را به شما معرفی میکنیم.



اصل شماره ۶ سیستم ها:

حالت ها در زیر سیستم های پایستار^۱ وجود دارند.

خاصیت یک کمیت پایسته این است که هیچ گاه ایجاد نشده یا از بین نمی رود (در سیستم)؛ فقط در سیستم نقل مکان میکند. به شکل 12-3 در صفحه ۵۲ از کتاب Study Notes in System Dynamics نگاه کنید، یک سیستم کنترل موجودی ساده. دقت نمایید که مخزن Inventory شامل کالاهایی است که از Factory به آن وارد شده و برای Customers ارسال شده و از آن خارج می شوند. کالاهای نه در مخزن ایجاد شده و نه در آن از بین می روند. تمامی مخازن شامل کمیت های پایسته هستند.

توسعه و مدل سازی رشد S-شکل:

دو بخش بعدی نقشه راه سوم بر اساس دانش شما از حلقه های بازخور مثبت و منفی تدوین شده و راهنمای توسعه یک مدل از سیستم رشد S-شکل است.

• **Study Notes in System Dynamics فصل ۵**

نویسنده: **Michael R. Goodman**

فصل پنجم به شما کمک میکند که یک مدل STELLA از سیستمی بسازید که رشد S-شکل تولید میکند. پس از اتمام مدل سازی، خروجی نرم افزار STELLA را با جوابی که در DYNAMO حاصل شده، مقایسه کنید. خروجی شما با پاسخی که داده شده باید مطابقت نماید.

این بخش مدل های پیشرفته تر از آنچه تا کنون دیده اید را معرفی مینماید. به شما نشان داده میشود که مدل های پیچیده تر بر روی حلقه های بازخور مثبت و منفی چگونه ساخته میشوند. نیازی نیست که مدل ها را خودتان استنتاج نمایید، زیرا نمودارهای جریان، معادلات DYNAMO، و خروجی های اجرای مدل در هر مثال موجود است. شما بایستی معادلات را به تبدیل نمایید و مدل مربوط به هر مثال را اجرا نمایید.

حالا لطفاً فصل ۵ را بخوانید و تکالیف آن را انجام دهید.

پس از خواندن فصل ۵...

در فصل پنجم مفاهیم حلقه های بازخور مثبت و منفی توسعه داده شد و ایده های پایه ای رشد S-شکل معرفی گردید. همچنین کاربرد توابع پله ای در STELLA مرور شد.

اصلی که در ادامه آورده شده، یکی از اصولی است مجدداً تکرار میشود، اصل ۳ سیستم ها را برای تاکید بر اهمیت آن مجدداً بیان میشود.

اصل شماره ۳ سیستم ها:

حالت ها^۲ و نرخ ها^۲ با واحدهای اندازه گیری از یکدیگر متمایز نمیشوند.

¹ Conservative

^۲ Levels
^۳ Conservative

واحدهای اندازه گیری یک متغیر بین حالت و نرخ تفاوتی نمیکنند. یک مدلساز باید بتواند تفاوت بین متغیری که از یکپارچگی ایجاد شده را، با آن که جزئی از بیانیه خط مشی^۱ سیستم است، تشخیص دهد.

به شکل 11-5 از کتاب Study Notes in System Dynamics نگاه کنید. در اینجا، و در تمامی مدلها، واحد اندازه گیری نرخ، واحد اندازه گیری حالت مربوطه در زمان است.

یک روش سرانگشتی خوب برای تمایز حالتها از نرخها این است که تصور کنید که در صورت توقف عمل^۲ چه اتفاقی می افتد. در صورت توقف عمل،

نرخها متوقف خواهند شد، در حالی که حالتها همچنان وجود خواهند داشت. در این مورد، توجه کنید که واحد اندازه گیری **Industrail**

Structure، [structure] است و واحد اندازه گیری **Industrial Construction**، [structure/year] است. اگر عمل متوقف شود، ساخت و

ساز متوقف میشود، در حالیکه ساختمانها همچنان باقی خواهند ماند (تعدادشان ثابت می ماند). بنابراین **Industrail Structure** یک حالت و

Industrial Construction یک نرخ است.

• Study Notes in System Dynamics فصل ۴

نویسنده: Michael R. Goodman

فصل چهارم بر ساختار و رفتار متغیرهای مختلف در یک سیستم رشد S-شکل تمرکز میکند. در این فصل دو سیستم که رشد S-شکل را نمایش میدهند، مورد بررسی قرار میگیرند. یکی اپیدمی و دیگری پاندول است. اگرچه مثال پاندول در ابتدا و بدون داشتن دانش معادلاتی که بر حرکت پاندول حاکم هستند، شاید گیج کننده به نظر برسد، اما شما با کتاب در مدل پیش بروید و سعی کنید بر فهم و درک سیستم با استفاده از دانش پویایی سیستم تان تمرکز نمایید.

پس از خواندن فصل ۵ ...

در فصل چهارم ویژگیهای کلیدی رشد S-شکل توصیف گردید. چون سیستم هایی که این رفتار را ایجاد میکنند بسیار معمول هستند، سیستمهای رشد S-شکل بیشتری در نقشه راههای بعدی را مدل سازی خواهید کرد.

چند ویژگی کلیدی این سیستمها عبارتند از:

- رشد نمایی^۳
- رفتار هدف گرا^۴
- تسلط حلقه^۵
- تعادل پویا^۶

کاربرد پویایی سیستمها در زندگی روزمره

^۱ Policy statement

^۲ action

^۳ exponential growth

^۴ goal-seeking behavior

^۵ loop dominance

^۶ dynamic equilibrium

بازنگری شده توسط: Lei Lei

• پویایی محیط‌های شهری (Urban Dynamics)¹

نتیجه گیری نقشه راه سوم با متنی از یکی از کتاب‌های کلاسیک پروفیسور Jay Forrester به پایان می‌رسد. نیازی نیست که برای ادامه به نقشه‌راه‌های بعدی، این کتاب را کاملاً بخوانید. هرچند، متن Urban Dynamics به خواننده در ارتباط دادن محیط واقعی به پویایی سیستم‌ها کمک خواهد کرد. پویایی محیط‌های شهری، معرفی ابتدایی از سیستم‌های پیچیده محیط‌های شهری و ویژگی‌های آن‌هاست. درک نکردن کامل مدل‌های معرفی شده در این کتاب، نباید خواننده را دلسرد نماید. خواندن این متن به عنوان بخشی از آموزش حلزونی نقشه‌راه‌ها انتخاب شده، که در آن به مفاهیم اشاره شده و در این سری از نقشه‌راه‌ها گسترش یافته و تشریح شده است.

کتاب پویایی محیط‌های شهری یک نگاه اجمالی به خاستگاه رشته پویایی سیستم‌ها، پیش از آن که نام "پویایی سیستم‌ها" ابداع شود، در اختیار شما می‌گذارد. در کتاب مثال‌های بسیار خوبی از کاربرد مدل‌های شبیه سازی برای درک و توصیف طبیعت پیچیده سیستم‌های اجتماعی، که معمولاً متضاد حس عام است، وجود دارد. پویایی محیط‌های شهری یکی از بحث انگیزترین کتاب‌های پروفیسور Jay Forrester است. انتشار کتاب پویایی محیط‌های شهری در سال ۱۹۶۹ اتفاق بی نظیری در تحلیل سیستم‌های اجتماعی را رقم زد.

اگرچه کتاب پویایی محیط‌های شهری به بحران‌هایی که شهرهای ما در بیست سال پیش با آن‌ها روبرو بود، اشاره میکند، اما بسیاری از این مشکلات امروز هم وجود دارند. مدل پویایی محیط‌های شهری عواملی که دانش مرسوم و معمول، آن‌ها را علت مشکلات شهری می‌داند، مانند مهاجرت از روستا به شهر، منابع مالی رو به کاهش و حومه نشینی در شهرها را رد میکند.

در عوض، کتاب به این موضوع اشاره میکند که عمده مشکلات شهری از فعل و انفعالاتی که در فرایندهای درون شهرها اتفاق می‌افتد، به وجود می‌آیند. فارستر پس از نشان دادن آنچه که خط مشی‌های برقرار شده واقعاً چه کاری با شهرهای ما کرده و چرا، از مدل‌سازی برای آزمودن خط مشی‌ها و برنامه‌های جدید برای احیای شهرها استفاده میکند. خط مشی‌های ارائه شده در این کتاب وضع موجود را به چالش میکشد. به عنوان مثال، فارستر نشان میدهد که تخریب به جای ساخت و ساز و مسکن کم هزینه راه حل‌های بلند مدت بهتری برای بحران‌های شهری هستند. خواندن کتاب پویایی محیط‌های شهری، درک عمیق تری از این موضوع به خواننده میدهد که چگونه سیاست‌های کلان می‌تواند در جهت اشتباه پیش برود.

فارستر تشریح میکند که شهرها سیستم‌های غیرخطی هستند که شامل حلقه‌های بازخورد متعدد هستند. بنابراین، فهم کامل و مدیریت سیستم‌های پیچیده در تضاد با منطق و شهود ساده بشری است. فارستر همچنین پیشنهاد میکند که مدل‌سازی کامپیوتری مشکلات شهری چگونه میتواند به درک بهتر نتایج خط مشی‌ها و سیاست‌های مختلف بیانجامد. کتاب از مدل‌های DYNAMO نواحی عمومی شهری برای بحث و آزمایش نتایج گزینه‌های سیاست‌های مختلف شهری که نویسنده ارائه میکند، استفاده مینماید.

زمانی که کتاب پویایی محیط‌های شهری منتشر گردید، موجب ایجاد اختلافاتی در مناظره‌هایی در سرتاسر کشور که در خصوص بحران‌های شهری وجود داشت، شد. خلاصه اختلافات به شرح زیر است:

مجله Business Week در سال ۱۹۶۹ ضمن ستایش کتاب، نوشت: "پویایی محیط‌های شهری، کتابی جدید، نگران کننده، پیچیده و پیشرو درباره شهرهای ماست و زوالی که به آن مبتلا شده‌اند." از سوی دیگر، کین در مجله Fortune گفت: "اینچنین مدل‌ها (مانند آن‌ها که در کتاب پویایی محیط‌های شهری بود) پتانسیل زیادی برای تحلیل مشکلات شهری فراهم میکند" و همچنین گفت: "پیش از آنکه مدل‌های مناسب و کافی ایجاد شود، بسیاری از مدل‌های نامناسب مطرح خواهند شد. مدل فارستر یک مثال آشکار از این موضوع است."

مطالعه ای توسط Jerome Rothenberg که در سال ۱۹۷۴ در مجله Journal of Urban Economics منتشر شد، اشاره نمود: "اصرار به تلقی شهر به عنوان یک سیستم مستقل و مجزا منجر به مشکلات بزرگی میشود." Jantsch در Futures به بهترین شکل مباحثه‌ها را خلاصه

¹ Forrester, Jay W., 1969. *Urban Dynamics*, Waltham, Massachusetts: Pegasus Communications. 285 pp.

میکند: "پویایی محیطهای شهری، حتی پیش از انتشار، موضوع داغ مناظره‌ها بود. تخیل سیاستمداران و مدیران حوزه عمومی را تسخیر کرده بود، و توسط دانشمندان علوم اجتماعی با خشم مورد حمله قرار گرفت و رد شد." Jantsch در سال ۱۹۶۹ گفت: "یک پیشگویی امن این است که این کتاب [Urban Dynamics]، یکی از جنجالی‌ترین و محرک‌ترین کتابهای زمان ما است. "اما" او همچنین گفت: "پویایی محیطهای شهری تنها رویکرد و ایده آل‌ترین رویکرد برای برنامه ریزی بلندمدت نیست." هرکدام از گفته‌های بالا بیانگر این است که کتاب پویایی محیطهای شهری یک اثر قابل توجه بوده و جنجالهای ایجاد شده توسط آن را نیز برجسته میکند.

کتاب پویایی محیطهای شهری یکی از مهمترین کتابها در تاریخ پویایی سیستم‌هاست. نفهمیدن کامل کتاب در این مرحله و در فرایند یادگیری، نباید خواننده را ناامید کرده و به جای آن بر افزایش درک خود از سیستمهای پیچیده اجتماعی تمرکز نماید. کتاب پویایی محیطهای شهری نحوه استفاده از پویایی سیستم در مشکلات دنیای واقعی را نشان میدهد.

پایان نقشه‌راه سوم

در نقشه‌راه سوم حلقه‌های بازخور مثبت و منفی تشریح شد و توضیح داده شد که آنها عناصر سازنده کلیه مدل‌های دیگر در پویایی سیستمها هستند. این فصل یکپارچگی گرافیکی، شبیه سازی ذهنی و مهارت مدل‌سازی توسط نرم افزار STELLA را، و همچنین توانایی شما در تبدیل DYNAMO به STELLA را بهبود بخشید و تقویت نمود. دو اصل سیستمی دیگر ارائه شد: (۱) سطح مخازن تنها توسط جریان‌ها تغییر میکند. و (۲) مخازن در زیرسیستمهای پایسته وجود دارند.

در نقشه‌راه چهارم متوجه خواهید شد که چرا برخی از مدلهایی که ساختید، آشنا به نظر میرسید. مهارتهای شبیه سازی ذهنی‌تان را از طریق تمرین‌های مدل‌سازی مبتدی بیشتر توسعه خواهید داد. نقشه‌راه چهارم همچنین شامل بازی محل تجمع ماهی‌ها^۱ بوده و "تراژدی عوام"^۲ را معرفی خواهد کرد.

^۱ Fish Banks Game
^۲ The Tragedy of Commons