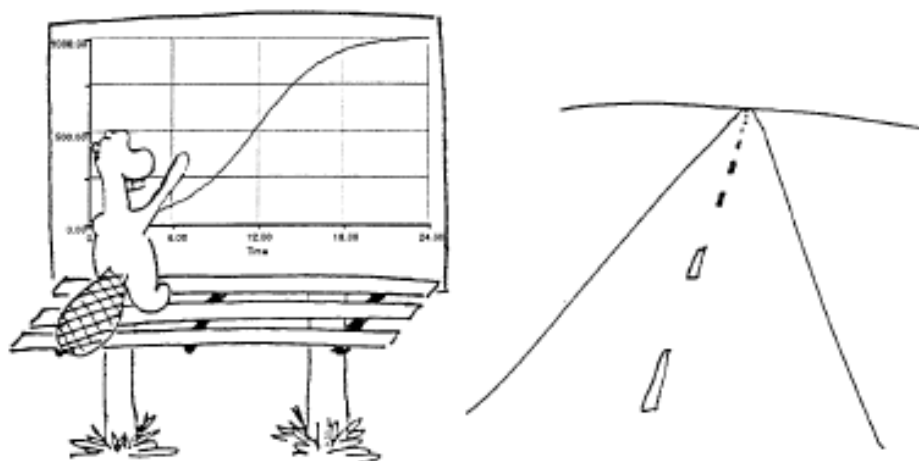


نقشه راه ۷

راهنمای یادگیری پویایی سیستم‌ها



پویایی سیستم‌ها در پروژه آموزشی

Road Map 7

به نقشه راه هفتم خوش آمدید!

نقشه راهها، راهنمایی برای مطالعه شخصی به منظور یادگیری اصول و قواعد پویایی سیستمها و تمرین آن ها هستند. نقشه راه هفت، هفتمین فصل در سری فصلهای نقشه راهها است. در نقشه راههای اول تا سوم شناخت وسیعی از پویایی سیستمها به شما ارائه شد و بر درک و شناخت ساختار و رفتار سیستمها به وسیله حلقههای بازخور مثبت و منفی تمرکز گردید. در نقشه راه چهارم ساختارهای عمومی (قابل انتقال) معرفی شد و تجربه ای از تحلیل سیاست و خطمشی با استفاده از مدل Fish Banks در اختیاران گذاشته شد. نقشه راه پنجم کاربرد تاخیرات را در مدل های کامپیوتری معرفی نموده و ساختارهای قابل انتقالی که باعث ایجاد رشد S-شکل میشود را، تشریح کرد؛ پس از نگاهی به شیوع و گسترش اپیدمی، شروع به بررسی صحت و اعتبار مدل نمود. در تمرین های نقشه راه ششم عرضه و تقاضای اقتصادی مدل شد، ساختار عمومی تولیدکننده نوسان و رشد S-شکل بررسی گردید و برای نخستین بار فرصت ایجاد مدل های پویایی سیستم توسط خودتان، به شما داده شد.



در نقشه راه هفتم، رفتارهای غیرمنتظره ای که در حلقه های بازخور درجات بالاتر رخ می دهد، معرفی شده و اولین مقاله، از سری متونی که در مورد اشتباهات و سوء تفاهم های رایج در مدل سازی صحبت می کنند، ارائه می گردد. به منظور افزایش مهارت مدل سازی تان، مدل های بیشتری در تمرین های مدل سازی: بخش (۲) خواهید ساخت. همچنین با ارائه فرایند "معکوس" یکپارچگی گرافیکی، مجدداً به مبحث یکپارچه سازی گرافیکی خواهیم گشت. این فصل شامل مقاله ای از جی فارستر در مورد ارتباط تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم پویایی سیستمهاست.

موضوعات مورد بحث در نقشه راه هفتم:

Structure and Behavior in System Dynamics

-*Unexpected Behaviors in Higher-Order Positive Feedback Loops* (D-4455-1)
by Aaron Ashford

Improving Modeling Skills

-*Mistakes and Misunderstandings: Examining Dimensional Inconsistency* (D-4452-1)
by Michael Shayne Gary

-*Modeling Exercises: Section 2* (D-4451-1)
by Joseph Whelan

Graphical Integration Exercises

- *Graphical Integration Exercises Part 4: Reverse Graphical Integration* (D-4603)
by Laughton Stanley

The Methodology of System Dynamics

-*System dynamics, systems thinking, and soft OR* (D-4405-1)
by Jay W. Forrester

آنچه در مطالعه نقشه راه هفتم مورد نیازتان خواهد بود:

نرم افزار مدل سازی

به منظور اتمام نقشه راه هفتم و باقی نقشه راهها، شما نیاز به یک نرم افزار مدل سازی خواهید داشت. راهنمایی های موجود در نقشه راهها و اکثر مقالاتی که در کنار نقشه راهها 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 سئوالی در مورد نرم افزار STELLA دارید می‌توانید با شرکت High Performance Systems (به پیوست ها مراجعه کنید) تماس گرفته و همچنین در خصوص قیمت این نرم افزار برای استفاده آموزشی نیز سئوال 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 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 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.

چگونه از نقشه راه هفتم استفاده کنید:

در نقشه‌راه هفتم 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 اهمیت شان با قرار گرفتن در کادر از سایر قسمت‌های متن متمایز شده اند. 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 نقشه راهها از آن استفاده می کنیم، اغلب مفاهیم ابتدا به طور خلاصه در فصول ابتدایی معرفی شده و در فصول بعدی با جزییات بیشتری تشریح خواهند شد. نقشه راهها شامل تعدادی از مجموعه مقالات هستند که در فصول پیاپی گسترش می یابند. این مجموعه ها یا بر موضوع مشخصی از پویایی سیستمها یا بر توسعه و تقویت مهارت خاصی تمرکز میکنند. این مجموعه ها با مقاله ای ساده شروع شده و با توسعه بیشتر ایده در فصول بعدی ادامه می یابند.

حالا بیایید که شروع کنیم!

ساختار و رفتار در پویایی سیستم:

حلقه های بازخور مثبت معمولا با رفتار مشخصه اشان، رشد نمایی، همراه هستند. هرچند، زمانی که حلقه بازخور مثبت درجه ی بالاتری داشته باشد (بیش از یک حالت داشته باشد)، می تواند انواع مختلفی از رفتارهای دیگر را نشان دهد.

• رفتارهای غیرمنتظره در حلقه های بازخور مثبت درجات بالاتر^۱

نویسنده: Aaron Ashford

در این مقاله، در خصوص انواع رفتارهای ممکن و محتمل در حلقه های بازخور مثبت درجه اول تا درجه پنجم بحث می شود. فقط حلقه درجه اول است که همیشه رشد نمایی دارد (مگر آن که مقدار اولیه مخزن مساوی صفر باشد). بسته به درجه حلقه و همچنین مقدار اولیه متغیر حالت موجود در سیستم، حلقه بازخور مثبت علاوه بر رشد نمایی، می تواند رشد مجانبی، نوسانهای میرا، پایدار یا در حال گسترش را نشان دهد. این مقاله بررسی های مستقل متعددی را به همراه پاسخ و راه حل آنها ارائه می کند.^۲

حالا لطفا رفتارهای غیرمنتظره در حلقه های بازخور مثبت درجات بالاتر را بخوانید.

پس از خواندن رفتارهای غیرمنتظره در حلقه های بازخور مثبت درجات بالاتر...

حلقه بازخور مثبت می تواند تنوع حیرت آوری از رفتارها را نشان دهد. مقدار اولیه حالتها، رفتاری که حلقه نشان خواهد داد را تعریف و تعیین می کند. هرچند، مدهای رفتاری که توسط مقادیر اولیه مشخص ایجاد می شوند، بسیار ناپایدار هستند. حتی یک تغییر جزئی در یکی از مقادیر اولیه باعث می شود که حلقه ثباتش را از دست داده و رفتارش به رشد نمایی تغییر یابد. رشد نمایی رایج ترین رفتار در حلقه های بازخور مثبت است. اکنون این ایده را به عنوان یک اصل سیستمی جدید بررسی خواهیم کرد.



اصل شماره ۱۷ سیستمها:

حلقه های بازخور مثبت درجات بالاتر، اغلب رفتار نمایی نشان می دهند.

حلقه های بازخور مثبت درجه n ام، معمولا رشد نمایی ساده نشان می دهند (به جز ناپایداری های اولیه).

به شکل ۴ صفحه ۸ از مقاله رفتارهای غیرمنتظره در حلقه های بازخور مثبت درجات بالاتر بازگردید. شکل رایج ترین رفتار حلقه های بازخور مثبت نشان می دهد. رشد نمایی تنها رفتار پایدار و باثبات حلقه های مثبت است. تمامی رفتارهای دیگر ناپایدار بوده و کوچکترین اختلال در مقادیر اولیه حالتها باعث بی ثباتی رفتار و تبدیل آن به رشد نمایی می گردد. شکل های ۶، ۹ و ۱۲ نمونه هایی از بی ثبات شدن ها را نشان می دهند. در اکثر مدل های دنیای واقعی، مقادیر اولیه آن گونه هستند که حلقه های بازخور مثبت رشد نمایی تولید بنماید.

¹ Aaron Ashford, 1995. *Unexpected Behaviors in Higher-Order Positive Feedback Loops* (D-4455-1), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, May 8, 21 pp.

^۲ اگر می خواهید حلقه های بازخور مثبت را با STELLA شبیه سازی کنید، باید مطمئن شوید که جریانها همگی دوطرفه بوده و تمامی مخزنها بتوانند مقادیر منفی بگیرند.

تقویت مهارت‌های مدل‌سازی:

زمانی که مدل‌سازی می‌کنید، ممکن است به طور مداوم اشتباهاتی را مرتکب شده یا مفاهیم مشخصی را بد تعبیر نمایید. هرچند که نباید دلسرد شوید، زیرا اشتباه کردن و تجزیه و تحلیل اشتباهی که مرتکب شده‌اید، راه بسیار خوبی برای یادگیری اصول سیستمی و در نتیجه تجربه و تمرین یک مدل‌سازی خوب است.

• اشتباهات و سوءتعبیرها: تجزیه و تحلیل تناقض در واحدهای اندازه‌گیری^۱

نویسنده: Michael Shayne Gary

این اولین مقاله در سری نقشه‌راه‌هاست که به بررسی اشتباهات و سوءتعبیرهای رایج در مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها می‌پردازد. با استفاده از یک مدل ساده ترموستات، این مقاله، اشتباه رایج در مدل‌سازی، تناقض در واحدهای اندازه‌گیری، را تحلیل می‌کند. سپس به جایی که این اشتباه رخ می‌دهد و به دلایلی که باعث رخداد آن می‌شود، پرداخته و همچنین راه‌هایی که می‌توانید از این اشتباه دوری کنید را به شما می‌آموزد.

حالا لطفا مقاله **اشتباهات و سوءتعبیرها** را بخوانید.

پس از خواندن مقاله **اشتباهات و سوءتعبیرها**...

مقاله به اشتباهات رایجی مانند تخصیص واحدهای اندازه‌گیری متناقض به مخزن‌ها و جریان‌ها، یا ایجاد مخزن‌هایی که جمع‌پذیر نیستند، اشاره می‌کند. شما باید از لیستی از اشتباهات رایجی که مرتکب می‌شوید تهیه کنید و از خودتان بپرسید که چرا این اشتباهات رخ داده‌اند. آیا مفاهیم را درست نفهمیده‌اید؟ یا در به کار بستن مفاهیم در ساختار مدل مرتکب اشتباه شده‌اید؟ اشتباه‌ها و سوءتعبیرهای بیشتری در نقشه‌راه‌های بعدی معرفی خواهند شد.

یکسان بودن واحدهای اندازه‌گیری یکی از اساسی‌ترین و قوی‌ترین راه‌ها برای کنترل فرموله کردن نادرست مدل‌ها است. به منظور تاکید بر اهمیت کنترل یکسان بودن واحدهای اندازه‌گیری، برابری واحدها را به عنوان اصل سیستمی که در نقشه‌راه چهارم معرفی کردیم، مورد بررسی قرار خواهیم داد.



اصل شماره ۹ سیستم‌ها:

در هر معادله، واحدهای اندازه‌گیری بایستی مشابه باشند.

در هر معادله، تمامی عبارت‌ها بایستی با یک واحد اندازه‌گیری سنجیده شوند. "سیب و پرتقال را نمی‌توان با هم جمع کرد." این موضوع در مورد مبدل‌ها نیز صادق است. همچنین در مورد معادلات حالت‌ها و نرخ‌ها. همانگونه که در مقاله **اشتباهات و سوءتعبیرها: تجزیه و تحلیل تناقض در واحدهای اندازه‌گیری** مشاهده می‌کنید.

$$\text{House_Temperature}(t+dt) = \text{House_Temperature}(t) + \text{Heat_Production}(t) * dt$$

واحدهای اندازه‌گیری این معادله به این شکل هستند:

$$[\text{Degrees Celsius}] = [\text{Degrees Celsius}] + [\text{BTUs/min}] * [\text{min}] = [\text{Degrees Celsius}] + [\text{BTUs}]$$

که به وضوح سیب و پرتقال هستند. عدم تشابه بین واحدهای اندازه‌گیری عبارت‌ها، نشان می‌دهد فرمول معادله نادرست است.

¹ Michael Shayne Gary, 1992. *Mistakes and Misunderstandings: Examining Dimensional Inconsistency* (D-44521), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, January 1992, revised September 1995, 6 pp.

اکنون اصل سیستمی جدیدی را در مورد ضرایب تبدیل به شما معرفی می‌کنیم.



اصل شماره ۱۸ سیستم‌ها:

ضرایب تبدیل در سیستم‌های واقعی قابل شناسایی هستند.

ضرایب تبدیل همیشه بایستی معنی شفاف، روشن و واقعی داشته باشند. آن‌ها صرفاً به منظور ایجاد تعادل در معادلات قرار داده نمی‌شوند. مدلی که در شکل ۲ صفحه ۶ از مقاله /اشتباهات و سوءتعبیرها: تجزیه و تحلیل تناقض در واحدهای اندازه‌گیری مشاهده می‌کنید، شامل یک "عامل تبدیل"^۱ است. عامل تبدیل، یا ضریب تبدیل، مشخص می‌کند که چه میزان حرارت توسط کوره بایستی تولید شود که دمای خانه را یک درجه بالا ببرد. به این روش، واحد "حرارت" یعنی کالری را به واحد "دما" یعنی درجه سلسیوس یا درجه فارنهایت تبدیل می‌شود و برابری واحدهای اندازه‌گیری را فراهم می‌کند. در نتیجه عامل تبدیل معنی واقعی فیزیکی داشته و توازن را بین واحدهای اندازه‌گیری معادله ایجاد می‌کند.

انتخاب یک سیستم و مدل‌سازی آن از صفر، اصلاً کار آسانی نیست و اشتباه کردن جزء خصوصیات همه ماست. حالا که تجربه خوبی از مدل‌سازی در چنته دارید، برگشتن و تحلیل اشتباهات می‌تواند مفید باشد. ببینید که آیا مکرر یک نوع اشتباه را مرتکب شده‌اید و از خودتان بپرسید که آیا می‌توانید درست‌شان کنید. اشتباهات می‌تواند چیزهای بسیار بزرگ و مفیدی باشند اگر بخواهیم و اراده کنیم که از آن‌ها بیاموزیم. تمرین‌های بعدی مهارت مدل‌سازی و شبیه‌سازی ذهنی شما را محک می‌زنند. این فرصتی است که با استفاده از دانش و مهارتی که تا اینجا در نقشه‌راه‌ها کسب کرده‌اید، مدل خودتان را از صفر بسازید.

• تمرین مدل‌سازی: بخش (۲)^۲

نویسنده: Joseph Whelan

این دومین تمرین در سری مقاله‌های نقشه‌راه‌هاست که به تقویت مهارت‌های مدل‌سازی شما می‌پردازد. اولین تمرین در این مقاله سناریوی رشد و رکود شهری را ارائه می‌کند. سئوالات شناسایی، شما را در فرایند مدل‌سازی هدایت می‌کنند اما مدل تا حد زیادی توسط شما ایجاد و ساخته می‌شود. تمرین دوم مقاله، مدل ساده‌ای از تمرین شبیه‌سازی ذهنی ارائه می‌نماید. پیش از نگاه کردن به پاسخ تمرین‌ها، بایستی درباره مدل‌ها فکر کرده و برای حل آن‌ها تلاش خودتان را بکنید.

حالا لطفاً تمرین مدل‌سازی: بخش (۲) را بخوانید و تمرین‌های آن را انجام دهید.

پس از خواندن تمرین مدل‌سازی: بخش (۲) و انجام تمرین‌های آن ...

استفاده از فرایند مدل‌سازی، که نویسنده مشخص کرده است، به عنوان راهنمای مدل‌سازی، عموماً از اشتباهات و گیج شدن جلوگیری می‌کند. همچنین، شبیه‌سازی ذهنی یک مدل، پیش از اجرای آن در کامپیوتر، در یافتن اشتباهات کمکتان می‌کند. مهمتر از آن، شبیه‌سازی ذهنی به فهم بهتر روابط بین ساختار و رفتار سیستم‌ها کمک می‌نماید.

¹ Conversion Factor

² Joseph Whelan, 1994. *Modeling Exercises: Section 2* (D-4451-1), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, August 1994, 35 pp. Revised by Lucia Breierova, January 1997.

تمرین مدل سازی: بخش (۲) همچنین به تشریح کاربرد ضریب‌ها^۱ و ثابت‌های زمانی^۲ در مدل‌های پویایی سیستم می‌پردازد. این مفاهیم بسیار مهم بوده و در مدل‌سازی‌هایی آتی بسیار مفید خواهند بود.

لطفاً اصل سیستمی را که در ادامه بیان شده است را به منظور مرور ایده‌های مهمی که در مقاله فوق معرفی گردید، بخوانید.



اصل شماره ۱۱ سیستم‌ها:

حالت‌ها وضعیت سیستم را به طور کامل بیان می‌کنند.

به ازای هر کمیت که برای تشریح وضعیت و شرایط سیستم نیاز است، یک حالت باید وجود داشته باشد و مقدار هر یک از حالت‌ها بایستی در ابتدای شبیه‌سازی معلوم و معین باشد.

راه‌حلی که برای تمرین پویایی محیط شهری در تمرین مدل‌سازی: بخش (۲) ارائه شده، شامل دو حالت، ساختارهای کسب و کار^۳ و جمعیت^۴ است. هر دو حالت برای بیان کردن وضعیت و شرایط سیستم لازم هستند.

چون وضعیت سیستم در هر قدم از شبیه‌سازی محاسبه می‌شود و به مقادیر قبلی وابسته است، در ابتدای شبیه‌سازی مقادیر باید معلوم باشند. بنابراین مقادیر اولیه ساختارهای کسب و کار و جمعیت بایستی تعریف و تعیین شوند.

¹ Multipliers

² Time constants

³ Business Structures

⁴ Population

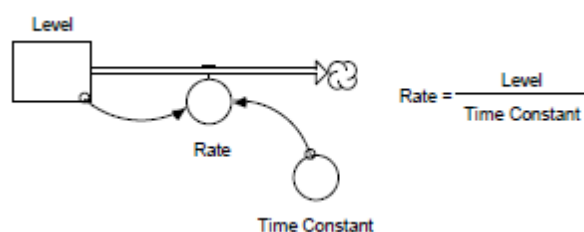


اصل شماره ۱۹ سیستم‌ها:

ثابت زمانی در یک حلقه درجه اول، مخزن را به نرخ مرتبط می‌سازد.

در صفحه ۲۶ از تمرین مدل‌سازی: بخش (۲) بحث مفصلی در مورد اثرات ثابت‌های زمانی در حلقه‌های درجه اول شروع می‌شود. خلاصه آن به شرح زیر است:

ثابت زمانی نمایی در یک حلقه درجه اول، معکوس ضریبی است که نرخ را در عبارات حالت تعریف می‌کند. حالت را به نحی که آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند مرتبط می‌کند.



نرخ برابر است با حالتی که بر ثابت زمانی تقسیم، و یا در معکوس ثابت زمانی (ثابت زمانی/۱) ضرب شود.

تمرین یکپارچه‌سازی گرافیکی:

در نقشه‌راه‌های قبلی مجموعه تمرین‌های یکپارچه‌سازی گرافیکی معرفی گردید. تاکنون مقاله‌های این مجموعه بر فرایند یکپارچه‌سازی، نحوه تعریف مقدار مخزن، در صورتی که رفتار جریان را بدانید. اگرچه، عکس این فرایند در برخورد با سیستم‌های دنیای واقعی بیشتر مفید خواهد بود. معمولاً بیشترین اطلاعات در مورد مخزن‌ها داده می‌شود، اما رفتار جریان‌های آن‌ها نیز مهم است. بنابراین، مقاله بعدی به تشریح روش یکپارچه‌سازی گرافیکی معکوس، یعنی پیش‌بینی رفتار جریان خالص مخزن از روی نمودار مخزن، می‌پردازد.

• تمرین شماره ۴ یکپارچه‌سازی گرافیکی: یکپارچه‌سازی گرافیکی معکوس^۱

نویسنده: Laughton Stanley

این مقاله سه روش برای رسم نمودار یک جریان خالص بر اساس نمودار مخزن را توضیح می‌دهد. نحوه استفاده از بازه‌ها برای برآورد جریان خالص، و نحوه کمی کردن رفتار جریان خالص با رسم خطوط مماس روی نمودار مخزن در این مقاله تشریح می‌شود. با انجام تمرینی که در انتهای مقاله آورده شده، تجربه‌ای از تکنیک یکپارچه‌سازی گرافیکی کسب خواهید کرد. پاسخ تمرین نیز در اختیار تان قرار داده شده است.

حالا لطفاً مقاله یکپارچه‌سازی گرافیکی ... را بخوانید و تمرین‌های آن را انجام دهید.

پس از خواندن مقاله یکپارچه‌سازی گرافیکی ...

راه‌های مختلف برای تشخیص رفتار جریان خالص یک مخزن از نمودار مخزن، در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت. همچنین رابطه بین رفتار مخزن و جریان خالص آن توضیح داده شد. یعنی اگر سطح مخزن در حال افزایش باشد، جریان خالص مثبت بوده و اگر سطح مخزن کاهش یابد،

¹ Laughton Stanley, 1996. *Graphical Integration Exercises Part 4: Reverse Graphical Integration (D-4603)*, System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, August 20, 24 pp.

جریان خالص منفی خواهد بود. امیدواریم که اکنون با استفاده از دانشی که از مجموعه یکپارچه‌سازی گرافیکی کسب کرده‌اید و تکنیک‌هایی که آموخته‌اید، بتوانید مقدار مخزن را با دانستن رفتار جریان برآورد کرده یا فرایند معکوس آن را انجام دهید. چنین بینش‌هایی در درک رفتار پویای سیستم‌ها می‌توانند مفید باشند.

اصل سیستمی ذیل، مفهوم مهمی که در مقاله قبل معرفی گردید، بررسی می‌کند.



اصل شماره ۲۰ سیستم‌ها:

مقدار نرخ‌ها را در یک لحظه نمی‌توان اندازه‌گیری کرد.

هیچ جریانی را نمی‌توان به صورت لحظه‌ای اندازه‌گیری کرد. نرخ در طی زمان تغییر می‌کند. بدون مشاهده در بازه‌ای از زمان، نرخ را نمی‌توان اندازه‌گیری کرد.

به صفحه ۶ از تمرین شماره ۴ یکپارچه‌سازی گرافیکی: یکپارچه‌سازی گرافیکی معکوس برگردید. مقدمه به تشریح نمونه‌های مختلفی می‌پردازد که نرخ از انباشت حالت در طی یک دوره زمانی به دست می‌آید. نرخ از مقدار تغییر متغیر حالت در زمان تعیین می‌گردد. هیچ راهی برای اندازه‌گیری مقدار لحظه‌ای نرخ وجود ندارد.

روش‌شناسی^۱ پویایی سیستم‌ها:

پویایی سیستم، تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم (OR نرم)، همگی روش‌هایی برای مطالعه و بررسی سیستم‌های پیچیده هستند. ارتباط و تفاوت‌های بین آن‌ها، اغلب برای کسی که تجربه کافی در این زمینه ندارد، واضح نیست. در مقاله بعد که در مجله *System Dynamics Review* نیز چاپ شده، پروفسور فارسر دیدگاه خود را ارائه می‌کند.

- پویایی سیستم، تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم^۲

نویسنده: Jay W. Forrester

این مقاله رابطه تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم را با پویایی سیستم توصیف می‌کند. برعکس پویایی سیستم که از مدل‌های صریح و شبیه‌سازی‌های ساده‌ی یک رفتار پویا، استفاده می‌کند، تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم از چنین پایه‌ی دقیقی بی‌بهره‌اند. اگرچه، آن‌ها بینش‌های مفیدی از سیستم‌های دنیای واقعی داده و می‌توانند در فاز مفهوم‌سازی^۳ و ادراک از ایجاد یک مدل پویایی سیستم به شما کمک کنند.

حالا لطفا مقاله *پویایی سیستم، تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم* را بخوانید.

¹ Methodology

² Jay W. Forrester, 1994. "System dynamics, systems thinking, and soft OR" (D-4405-1), *System Dynamics Review* Vol. 10, nos. 2-3 (Summer-Fall 1994), pp. 245-256.

³ Conceptualize

پس از خواندن مقاله پویایی سیستم، تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم ...

پروفسور فارستر شش قدمی که پویایی سیستم، از مشکلی در سیستم تا بهبود آن طی می کند را، مشخص نمود. او به رابطه نزدیک تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم با پویایی سیستم، در برخی از این قدم ها اشاره می نماید. نظر انتقادی او درباره تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم، از این واقعیت برمی آید که اساس این دو، بر ساختارهای کمی مانند نمودارهای مخزن و جریان در پویایی سیستم، بنا نشده است.

پایان نقشه راه هفتم

در نقشه راه هفتم رفتارهای شگفت آوری که ممکن است در حلقه های بازخور مثبت درجات بالاتر رخ دهد، ارائه شد. مجموعه جدیدی از مقالات در نقشه راه ها، اشتباهات و سوء تعبیرها، معرفی گردید. اولین مقاله ی این مجموعه به تناقض واحدهای اندازه گیری پرداخت. دومین متن از مجموعه تمرین های مدل سازی این فرصت را برایتان فراهم نمود که مدلی برای رشد و رکود محیط شهری ایجاد کرده و همچنین مهارت های شبیه سازی ذهنی تان را تقویت نمایید. و نیز روش یکپارچه سازی گرافیکی "معکوس" یا تمایز گرافیکی تشریح شد. آخرین متن در نقشه راه هفتم به بحث در مورد نحوه ارتباط پویایی سیستم به تفکر سیستمی و تحقیق در عملیات نرم پرداخت.

در نقشه راه هفتم چهار اصل سیستمی دیگر را آموختید:

- (۱) حلقه های بازخور مثبت درجات بالاتر، معمولاً رشد نمایی از خود نشان می دهند.
- (۲) ضرایب تبدیل در سیستم های دنیای واقعی قابل شناسایی هستند.
- (۳) ثابت زمانی حلقه ی درجه اول، حالت را به نرخ ارتباط می دهد و
- (۴) نرخ ها به صورت لحظه ای و در یک لحظه خاص قابل اندازه گیری نیستند.