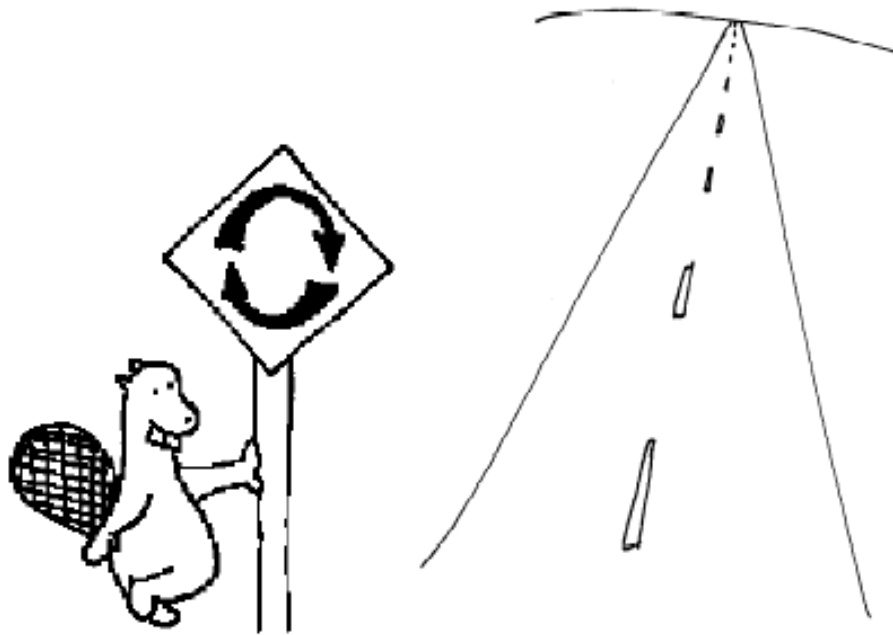


# نقشه راه صفر

راهنمای یادگیری پویایی سیستم‌ها



پویایی سیستم‌ها در پروژه آموزشی

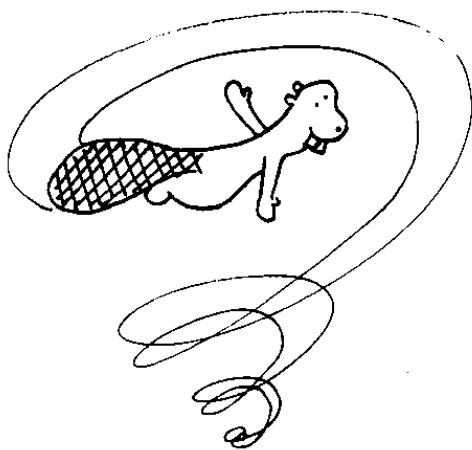
# Road Map 0

## به نقشه راه‌ها خوش آمدید!

کتاب‌های زیادی به همراه هزاران مقاله، حوزه‌ی پویایی سیستم را پوشش می‌دهند. با توجه به در دسترس بودن این حجم از منابع، دانستن اینکه یادگیری پویایی سیستم را از کجا شروع کنیم، کار دشواری است. در پروژه آموزش پویایی سیستم در دانشگاه MIT، نقشه راه‌ها تهیه شده‌اند تا به استفاده از این حجم وسیع از کتابها و مقالات کمک کنند. نقشه راه‌ها مجموعه‌ای از راهنماهای مطالعه‌ی شخصی هستند که از تمرینات مدلسازی و گزیده‌ی ادبیات موضوع، منابعی را برای آموزش قواعد پویایی سیستم و تمرین آنها فراهم می‌آورند. نقشه راه‌ها در فرمت فعلی‌شان، به منظور استفاده به عنوان ابزاری آموزشی در کلاس درس تهیه نشده‌اند.

## روش آموزش حلزونی:

معمولاً با یکبار مطالعه در مورد یک مفهوم جدید، تسلط کامل روی آن حاصل نمی‌شود. همچنین، یادگیری معمولاً با یادگیری از یک سطح موجود به سطحی بالاتر از آن همراه است. به این دلایل، نقشه راه‌ها از رویکرد آموزش حلزونی استفاده می‌کنند، به این نحو که هر مفهوم جدید، با تکرار در فصول بعد تقویت می‌شود. این تکرار به این نحو است که مفاهیم سطح بالاتر بر اساس مفاهیمی که قبلاً آموزش داده شده‌اند توسعه داده می‌شوند.



در ساخت این مارپیچ‌ها، نقشه راه‌ها به فصلهایی تقسیم شده‌اند. در پایان هر فصل، زیرمجموعه‌های تکمیل‌شده‌ی مفاهیم، مشخص شده‌اند. مطالب فصل‌های بعد نیز تنها بر اساس مطالب آموزش داده شده در فصول قبل می‌باشد. هر فصل به صورت مستندی مجزا آورده شده است، تا مخاطب در صورت نیاز بتواند آن را درخواست نماید.

## سازمان:

مجموعه‌ی نقشه راه‌ها با نقشه راه اول آغاز می‌شود، که مفهوم حلقه علی و دوایر بازخور در سیستم‌ها را معرفی می‌کند. همچنین برخی از کاربردها و تاریخچه‌ی پویایی سیستم بیان می‌شود.

در نقشه راه دوم شما اولین مدل پویایی سیستم خود را می‌سازید. شبیه‌سازی کامپیوتری و مفاهیم و روش‌های یکپارچه‌سازی گرافیکی به شما معرفی می‌شوند. همچنین عناصر نرخ و حالت که دو عنصر پایه‌ای در مدل‌های پویایی سیستم هستند، ارائه داده می‌شوند. برای این فصل و فصول بعدی نقشه راه‌ها، به یک کامپیوتر و نرم‌افزار Vensim و یا STELLA II نیاز خواهید داشت.

نقشه راه سوم، دو ساختار را به شما معرفی می‌کنند که از رایج‌ترین ساختارها در پویایی سیستم هستند: حلقه‌های بازخور مثبت و منفی درجه اول. سیستم‌هایی که رشد و زوال نمایی نشان می‌دهند نیز بررسی می‌شود. همچنین ایده‌ی حلقه‌ی غالب در سیستم‌ها نیز معرفی می‌شود.

**نقشه راه چهارم،** ساختارهای عمومی را معرفی نموده و به بحث در مورد کاربرد بازی‌های شبیه‌سازی کامپیوتری در آموزش پویایی سیستم می‌پردازد. پس از انجام بازی *Fish Banks* مدلی از این سناریو ساخته و تراژدی عوام<sup>۱</sup> را یاد خواهید گرفت. با استفاده از مدل کامپیوتری‌تان، سیاست‌های مختلفی برای این سیستم‌ها را شبیه‌سازی کرده و تحلیل خواهید کرد.

**نقشه راه پنجم،** ساختار مدل‌های پویایی سیستم را کاوش کرده و بر روی برخی جنبه‌های مهم که احتمال دارد شما تا به حال به آنها توجه نکرده باشید، تاکید خواهد نمود. همچنین این فصل شیوع یک اپیدمی را تشریح می‌کند. همچنین آزمونی را برای ارزیابی صحت و اعتبار مدل در حوزه‌ی پویایی سیستم ارائه می‌دهد. شما چگونه می‌فهمید که مدل‌تان نمایش مناسبی از سیستم واقعی است؟

**در نقشه راه ششم،** پویایی عرضه و تقاضا در اقتصاد بیان می‌شود و تمرین‌های بیشتری از مدل‌سازی ارائه می‌شود. همچنین، سیستم‌های نوسانگر به منظور نمایش قابلیت انتقال ساختارها به کار می‌روند. تمرینات بیشتر مهارت‌های مدل‌سازی شما را تقویت می‌کنند و درک و شهود شما از سیستم‌ها را بهبود می‌بخشند.

**نقشه راه هفتم،** برخی رفتارهای غیرمنتظره، که در حلقه‌های بازخور مثبت درجات بالاتر می‌توانند رخ دهند، ارائه می‌شوند. این فصل همچنین به اشتباهات رایج در پویایی سیستم می‌پردازد و تعدادی تمرین مدل‌سازی مستقل ارائه می‌دهد.

**نقشه راه هشتم،** با بررسی مرحله اول فرایند مدل‌سازی: مفهوم‌سازی<sup>۲</sup>، و با هشدار در خصوص سایر اشتباهات رایج در مدل‌ها، به بهبود مهارت‌های مدل‌سازی شما ادامه می‌دهد. نقشه راه هشتم درک شما از سیستم‌های نوسانگر را افزایش می‌دهد و تحلیل حساسیت را به شما معرفی می‌کند.

**نقشه راه نهم،** به کاوش در پویایی خرج کردن کارت اعتباری پرداخته، نحوه فرموله کردن صحیح توابع جدولی را نشان داده و رفتاری که از حد خارج شدن و فروپاشی نامیده می‌شود را معرفی می‌نماید. تمرین‌های یکپارچه‌سازی گرافیکی بیشتری ارائه می‌شود که درک شهودی شما را از فرایند یکپارچه‌سازی گرافیکی افزایش دهد.

**نقشه راه دهم،** راهنمایی‌های بیشتری را در مورد نحوه ساخت مدل از ابتدا را ارائه می‌دهد. این کار از طریق تمریناتی برای گام دوم مدل‌سازی که فرموله کردن است، انجام می‌شود. تعداد زیادی مقاله در نقشه راه دهم است که به بهبود مهارت کار با مدل‌های پویایی سیستم و افزایش درک خواننده از قواعد پویایی سیستم کمک می‌کنند.

نقشه‌راه‌ها در مورد اصول و مشخصه‌های سیستم‌ها بحث می‌کنند. ارتباط بین ساختار و رفتار مدل‌های پویا را بیان می‌کنند. راهنمایی‌هایی برای تمرین مدل‌سازی ارائه می‌دهند و در مورد کاربردهای پویایی سیستم بحث می‌کنند. از نقشه‌ی راه یک مارپیچ یادگیری بارها به نواحی اولیه برخورد گشت و مفاهیم سطح بالاتری را بر روی شالوده‌ی مفاهیم اولیه بنا خواهد کرد. پس از خواندن کامل نقشه‌راه‌ها شما می‌بایست دانش کاربردی قدرتمندی از پویایی سیستم داشته باشید، می‌بایست درک شما از مفاهیم اساسی سیستم‌ها توسعه یافته باشد و برای به‌کارگیری پویایی سیستم در حوزه‌های مختلف آمادگی داشته باشید.

## چگونه از نقشه‌راه‌ها استفاده کنید:

ابتدا، مشخص کنید که از کدام بخش نقشه‌راه‌ها مطالعه‌تان را بایستی آغاز کنید. برخی از خوانندگان در مقایسه با دیگران سابقه‌ی بیشتری در این مبحث دارند. این مقدمه به شما کمک می‌کند که ببینید از کدام بخش نقشه‌راه‌ها را آغاز کنید.

نقشه‌راه‌ها از طریق متن‌ها و تمرین‌ها موضوعات بسیاری را در مورد پویایی سیستم بیان می‌کنند. قبل از هر متن یا تمرین، توضیحی کوتاه در مورد آن و مهم‌ترین مطالبش آورده شده است. پس از هر متن، قبل از عبور از آن بر ایده‌های اصلی آن تاکید شده است.

<sup>1</sup> Tragedy of commons

<sup>2</sup> Conceptualization

هر فصل از نقشه راهها، شامل متونی است که برخی ایده‌های اولیه‌ی پویایی سیستم را معرفی می‌کنند و آنها را بسط می‌دهند. سایر متن‌ها از طریق تمرین‌های مختلف و بازی‌های شبیه‌سازی به بکارگیری مهارت‌های کسب شده می‌پردازند. اکثر فصل‌ها با یک مقاله‌ی مهم از ادبیات حوزه‌ی تفکر سیستمی به پایان می‌رسند.

ما مفاهیم اساسی پویایی سیستم‌ها را در نقشه‌های راه 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 شده‌اند.

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 جزئیات 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.

## آنچه در مطالعه نقشه‌راه‌ها مورد نیازتان خواهد بود:

### نرم افزار مدل سازی

به منظور اتمام نقشه‌راه‌ها و باقی نقشه‌راه‌ها، شما نیاز به یک نرم افزار مدل سازی 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.

Vensim، Powersim و DYNAMO سایر نرم افزارهایی هستند که برای ساختن مدل‌های پویایی سیستمها، نوشته شده‌اند. 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 پیوست‌ها مراجعه کنید.

توجه (نوشته شده در ژوئن سال ۲۰۰۰):

در هر بخش از نقشه‌راه‌ها که شامل مدل سازی کامپیوتری است، ما راهنمایی برای استفاده از نرم افزار Vensim نوشته ایم. هر راهنما در پشت مستند تمرین‌ها وجود دارد. در زمانی که فصل ۹-۱۱ نقشه‌راه‌ها نوشته می‌شد، نرم افزار STELLA رایج ترین نرم افزار مدل سازی موجود برای میتدیان بود. اما اکنون شما می‌توانید از بین بسته‌های نرم افزاری متعدد موجود برای مدل سازی 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 مدل سازی 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 مدل سازی ادامه دهید، ایده خوبی است که دسترسی به کامپیوتری با حافظه بیشتر، فضای هارد دیسک بیشتر و پردازنده قویتری داشته باشید.

کتاب

1) Goodman, Michael R, 1974. *Study Notes in System Dynamics*.

Portland, Oregon: Pegasus Communications, 388 pp. (Road Maps 2 onwards)

2) Forrester, Jay W., 1969. *Urban Dynamics*.

Portland, Oregon: Pegasus Communications, 285 pp. (Road Maps 3 onwards)

اگر در دسترسی به این کتاب ها مشکلی داشتید، می توانید با Pegasus Communications تماس بگیرید (به پیوست ها مراجعه کنید).

3) Meadows, Donella H., Dennis Meadows, Jorgen Randers, 1992.

*Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*.

Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Co., 300 pp. (Road Maps 5)

برای سفارش نسخه چاپی می توانید با انتشارات Chelsea Green Publishing Co. تماس بگیرید (به پیوست ها مراجعه کنید).

در مطالعه نقشه راه ها موفق باشید!