





پویاشناسی سیستم‌ها

جلد یک

دیدگاه سیستمی

نویسنده

دکتر علینقی مشایخی



تقدیم به همسر

سرکار خانم پریوش مومنی

سخن ناشر

تفکر غیرخطی و نگاه پویا به پدیده‌ها و پیامدها نقطه مغفول تصمیم‌گیری‌های مدیران در کسب‌وکارها و سازمان‌های تجاری و غیرتجاری است. نادیده گرفتن پویایی ذاتی پدیده‌ها منجر به اتخاذ تصمیمات ضعیف و بی‌کیفیتی می‌شود که به جای حل یک مسئله، مسائل جدیدی را ایجاد می‌کند و به چالش‌های موجود پربال می‌دهد. خبر بد این است که تعداد این‌گونه تصمیم‌ها در سطوح مختلف بنگاه‌ها و سازمان‌های ایرانی کم نیست و حتی در زندگی شخصی‌مان نیز از تبعات تفکر خطی و ایستا رنج می‌بریم. اما خبر خوب این است که تفکر سیستمی یک مهارت است و بنابراین می‌توان این مهارت را کسب کرد و آن را پرورش داد.

دستیابی به مهارت تفکر سیستمی راه‌های متفاوت و متعددی دارد و هرکدام از نویسندگان و متخصصان متمرکز روی این مفهوم تلاش کرده‌اند تا راه و روش مناسب از دید خود را تشریح کنند. در میان این روش‌ها، دانش پویایی‌شناسی سیستم با بهره‌گیری از زبان ریاضی و قابلیت مدل‌سازی پدیده‌های پیچیده در دنیای کسب‌وکار و تصمیم‌گیری اقبال فراوانی پیدا کرده است. این دانش که پیشینه آن به دهه ۱۹۵۰ میلادی و تلاش‌های پژوهشگران و محققان دانشگاه ام‌آی‌تی بازمی‌گردد، با مدل‌سازی پدیده‌های دنیای واقعی در قالب نمودارهای علت و معلولی و شبیه‌سازی کنش و واکنش‌های گوناگون سیستم، امکان هدایت مدل به سوی حصول نتیجه مطلوب‌تر را فراهم می‌آورد. بدین ترتیب، تصمیم‌گیرندگان بافهم و فراگیری دانش پویایی‌شناسی سیستم‌ها می‌توانند نتایج تصمیم‌ها و سیاست‌های مختلف را ارزیابی کنند و با اجتناب از گرفتار شدن در مخمصه تصمیم‌های نادرست، سیاست‌های کارآمدتر و بهینه‌تری را به اجرا درآورند.

دانش پویایی‌شناسی سیستم‌ها در ایران بیش از هر نامی وام‌دار جناب آقای دکتر علینقی مشایخی و تلاش‌های آموزشی و پژوهشی ایشان در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و محافل مختلف سیاست‌گذاری در کشور است. تجربه بی‌واسطه ایشان از حضور در دانشگاه ام‌آی‌تی و سابقه طولانی تدریس دانش پویایی‌شناسی سیستم‌ها از یک سو، و به‌کارگیری این دانش در قالب توصیه‌های سیاستی و مشاوره‌ای از سوی دیگر ترکیب بی‌نظیری از علم و هنر است که بارها در متون مختلف مدیریتی به‌عنوان ذات دانش مدیریت با تأکید همراه شده است. به همین دلیل ارزش کتابی که دانش پویایی‌شناسی سیستم‌ها را با قلم خود ایشان دربرداشته باشد، دوچندان می‌شود. این کتاب سرآغاز مجموعه‌ای است که باهدف ارائه روایتی از دانش پویایی‌شناسی سیستم و نحوه به‌کارگیری آن برای حل مسائل سازمانی و اجتماعی به انتشار رسیده است و جلد نخست با تمرکز بر جنبه‌های عمومی‌تر دانش پویایی‌شناسی سیستم می‌تواند آموخته‌های قابل‌توجهی برای طیف وسیعی از مدیران و تصمیم‌گیرندگان سازمانی به‌همراه داشته باشد و به‌عنوان یک مرجع آموزشی در دانشگاه‌ها و کلاس‌های آموزشی مورد استفاده قرار گیرد.

بر خود لازم می‌دانم از همراهی تمامی همکاران و دوستانم در آماده‌سازی این کتاب سپاسگزاری کنم، به‌ویژه از جناب آقای مهندس مجتبی اسدی مدیرعامل محترم گروه پژوهشی صنعتی آریانا و جناب آقای دکتر سید حسین جلالی که در ویرایش این کتاب همراه انتشارات آریانا قلم بودند. امیدوارم خوانندگان این کتاب از آموزه‌های کتاب بهره لازم و کافی را ببرند.

سمیه محمدی

مدیرعامل انتشارات آریانا قلم

فهرست

فصل اول

- ۱۷ نگرش پویا
- ۱۹ ۱-۱- مقدمه
- ۲۰ ۲-۱- پویایی جهان
- ۲۱ ۳-۱- نمایش پویایی پدیده‌ها
- ۲۹ ۴-۱- چالش اصلی: کنترل پویایی پدیده‌ها
- ۳۳ ۵-۱- درک علل پدیده‌ها پیش‌نیاز کنترل آنهاست
- ۳۴ ۶-۱- چارچوب کتاب

فصل دوم

- ۴۱ نقش مدل در فهم پدیده‌ها
- ۴۳ ۱-۲- درک دنیای بیرون از طریق مدل
- ۴۴ ۲-۲- مدل‌های ذهنی
- ۵۰ ۳-۲- مدل‌های تشریحی
- ۵۴ ۴-۲- مدل‌های ریاضی
- ۵۹ ۵-۲- مدل‌های ریاضی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم
- ۶۰ ۶-۲- جمع‌بندی

فصل سوم

- ۶۷ دیدگاه سیستمی
- ۶۹ ۱-۳- مقدمه
- ۷۲ ۲-۳- نگرش پویا
- ۷۶ ۳-۳- جامع‌نگری: تفکر کل‌نگر
- ۸۷ ۴-۳- حلقه بسته (پس‌خوران)
- ۹۲ ۵-۳- متغیرهای حالت
- ۹۷ ۶-۳- متغیرهای نرخ

- ۱۰۱ - ۷-۳ - تأخیر
- ۱۰۳ - ۸-۳ - ساختار به عنوان علت
- ۱۰۴ - ۹-۳ - فاصله زمانی و مکانی بین علت و معلول

فصل چهارم

- ۱۱۱ - ساختار سیستم
- ۱۱۳ - ۱-۴ - مقدمه
- ۱۱۴ - ۲-۴ - نظریه ساختمان سیستم

فصل پنجم

- ۱۴۵ - مدل تشریحی و روابط علت و معلولی
- ۱۴۷ - ۱-۵ - مقدمه
- ۱۴۷ - ۲-۵ - نمایش تشریحی یک سیستم دور بسته
- ۱۵۲ - ۳-۵ - نمایش سیستم از طریق روابط علت و معلولی
- ۱۶۳ - ۴-۵ - علیت در مقابل همبستگی
- ۱۶۴ - ۵-۵ - حلقه علت و معلولی
- ۱۶۸ - ۶-۵ - حلقه علت و معلولی مثبت

فصل ششم

- ۱۹۷ - برخی الگوهای ساده
- ۱۹۹ - ۱-۶ - مقدمه
- ۱۹۹ - ۲-۶ - رشد
- ۲۰۳ - ۳-۶ - محدودیت رشد
- ۲۱۰ - ۴-۶ - راه حل های موقت به جای راه حل های اساسی
- ۲۱۴ - ۵-۶ - عوارض جانبی راه حل های موقت
- ۲۱۹ - ۶-۶ - انتقال فشار به مداخله کننده
- ۲۲۶ - ۷-۶ - تنزل هدف ها
- ۲۳۳ - ۸-۶ - موفقیت برای موفق
- ۲۳۸ - ۹-۶ - بالاگیری مناقشه ها

- ۶-۱۰- تراژدی منابع مشترک ۲۴۲
- ۶-۱۱- کاربرد و محدودیت الگوهای ساده ۲۴۷

فصل هفتم

- ۲۵۱ نمودارهای جریان و معادلات ریاضی مدل
- ۷-۱- نمودارهای جریان ۲۵۳
- ۷-۲- معادلات ریاضی ۲۶۴
- ۷-۳- حل عددی معادلات مدل ۲۷۱

پیوست فصل هفتم

- ۲۸۳ راهنمای نرم افزار Vensim
- مقدمه: ۲۸۵
- نصب نرم افزار ۲۸۶
- معرفی نرم افزار ۲۸۷
- سایر گزینه ها ۲۹۳

فصل هشتم

- ۳۱۱ تحلیل عرضه و تقاضا در بازار
- ۸-۱- مقدمه ۳۱۳
- ۸-۲- مدل اول پویایی شناسی عرضه و تقاضا ۳۱۶
- ۸-۳- مدل دوم: تغییر عرضه زمان لازم دارد ۳۲۴
- ۸-۴- مدل سوم: تغییر تدریجی تقاضا ۳۲۹
- ۸-۵- مدل چهارم: وجود انبار برای تولیدات ۳۳۳
- ۸-۶- مدل پنجم: اثر موجودی انبار در به کارگیری ظرفیت ۳۴۱
- ۸-۷- مدل ششم: در نظر گرفتن سفارشات در دست ۳۴۶
- ۸-۷- مدل هفتم: کالاهای با دوام ۳۵۴

پیشگفتار

سال‌هاست که درس پویایی‌شناسی سیستم‌ها تحت عنوان «تحلیل سیستم‌های ۱» و «تحلیل دینامیک سیستم‌ها» توسط نگارنده در سطوح کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در رشته‌های مهندسی صنایع، مهندسی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی، و مدیریت در دانشگاه‌ها و مؤسسات مختلف به خصوص دانشگاه‌های صنعتی اصفهان و صنعتی شریف تدریس شده است. در این سال‌ها دانشجویان با استعداد زیادی درس را گرفته‌اند. در سال‌های اخیر درس مزبور به عنوان یک درس اختیاری برای دانشجویان کارشناسی ارشد و دانشجویان سال‌های آخر کارشناسی رشته‌های مختلف در دانشگاه صنعتی شریف تدریس می‌شد. درس اختیاری مزبور یکی از پرطرفدارترین دروس اختیاری دانشگاه بود و هر سال که ارائه می‌شد بیش از ۱۲۰ دانشجو در آن ثبت‌نام می‌کردند. علاوه بر دانشجویان دانشگاه، برخی کارگاه‌های تفکر سیستمی برای مدیران و کارشناسان سازمان‌ها و وزارت‌خانه‌ها در سال‌های گذشته برگزار شد که مورد توجه و علاقه شرکت‌کنندگان در آن کارگاه‌ها قرار می‌گرفت. به علاوه دوسال است که فیلم کلاس تحلیل دینامیک سیستم‌ها دانشگاه صنعتی شریف توسط مؤسسه‌ای به نام مکتب خانه ضبط و برای علاقه‌مندان روی اینترنت قرار داده شده است. بعد از انتشار فیلم کلاس مزبور روی اینترنت علاقه‌مندان زیادی با ایمیل درخواست اسلایدها و تمرینات کلاس مزبور را از اینجانب داشتند.

اگرچه در تدریس دروس مزبور در دانشگاه عمدتاً از منابع خارجی استفاده می‌کردم، ولی چارچوب درس و نحوه تدریس اینجانب با هیچ‌یک از کتاب‌های خارجی موجود همخوانی کامل نداشت. ولی اینجانب روش تدریس خود را مؤثرتر از چارچوب کتاب‌های موجود می‌دانستم. علاقه دانشجویان و کارشناسان و مدیران به تفکر سیستمی از یک سو و فقدان یک کتاب با ساختاری که اینجانب در تدریس تفکر سیستمی و تحلیل نظام‌های پویا مناسب می‌دیدم از سوی دیگر، مدت‌هاست موجب شده بود که به فکر نوشتن کتاب پویایی‌شناسی سیستم‌ها باشم. متأسفانه فعالیت‌های دانشگاهی، اجرایی و مشاوره‌ای فرصت نگارش کتاب را نمی‌داد. بالاخره خداوند را سپاس می‌گویم که اکنون توفیق حاصل شد و اولین جلد کتاب پویایی‌شناسی سیستم‌ها به رشته تحریر درآمد.

این کتاب بر شرح مبانی تفکر سیستمی و کاربرد عمومی آن متمرکز است. استفاده‌کنندگان از این کتاب بیشتر با اصول تفکر سیستمی و استفاده از آن در تحلیل کیفی مسائل و رویدادهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، و مدیریتی آشنا می‌شوند. کتاب حتی‌الامکان وارد جنبه‌های تکنیکی و ریاضی و مدل‌سازی سیستم‌ها نمی‌شود.

فصل اول نگرش پویا به دنیا در مقابل نگرش ایستا و ضرورت نگاه پویا به دنیای در حال تغییر را مطرح می‌کند. در فصل دوم مفهوم مدل و ضرورت استفاده از مدل برای فهم جهان و انواع مدل‌ها مطرح می‌شود. در فصل سوم دیدگاه سیستمی و مؤلفه‌های مهم آن تشریح می‌شود. در فصل چهارم ساختار ساختمان سیستم و نقش آن در نگاه سیستمی به دنیا بحث می‌شود. فصل پنجم روابط علت و معلولی را به عنوان ابزار مهمی برای تصویر نظام‌های پویا و تعامل اجزا آن نظام‌ها با هم معرفی می‌کند. در فصل ششم الگوهای ساده سیستمی که پویایی برخی رویدادهای رایج در اطراف ما را در قالب روابط و دوائر علت معلولی معرفی می‌کند مورد بررسی قرار می‌گیرد. فصول اول تا ششم بدون ورود به روابط ریاضی برای درک مبانی و برخی کاربردهای پویایی‌شناسی سیستم‌ها برای همه خوانندگان مفید است. در فصل هفتم تبدیل مدل‌های تشریحی به مدل‌های ریاضی ارائه می‌شود و در فصل هشتم یک کاربرد نسبتاً ساده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها در تحلیل تعامل عرضه و تقاضا ارائه می‌شود. فصول اول تا ششم کتاب بدون استفاده از ریاضی، مفاهیم سیستمی و مبانی نظری پویایی‌شناسی سیستم‌ها را مطرح می‌کند. دو فصل آخرین جلد در مورد تبدیل مدل‌های پویا به معادلات ریاضی و شبیه‌سازی آن با کامپیوتر بحث می‌کند. برای مطالعه دو فصل آخر آشنایی با ریاضیات در حد نوشتن معادلات کافی است. مطالعه آن دو فصل از نظر آشنایی ارتباط ساختار نظام‌ها با رفتار آنها و نیز درک بهتر تعامل عرضه و تقاضا در بازار مفید است.

آنچه در این کتاب ارائه می‌شود شامل قسمتی از درس سه واحدی است که در دانشگاه صنعتی شریف تدریس می‌شود. در جلد بعدی کتاب پویایی‌شناسی سیستم‌ها جنبه‌های فنی‌تر درس ارائه خواهد شد. امیدوارم این کتاب برای علاقه‌مندان به تفکر سیستمی مفید باشد.

در پایان لازم است از دستیارانی که در طی سال‌های گذشته در تدریس در پویایی‌شناسی سیستم‌ها به من کمک کرده‌اند تشکر کنم. تعداد این دستیاران زیاد بوده‌اند. ولی لازم است از آنهایی که مدت بیشتری به من کمک کرده‌اند و در تنظیم تمرینات و تصحیح آنها و نیز برقراری کلاس‌های تمرین بسیار مؤثر بوده‌اند تشکر کنم. برخی از آنها دوره‌های دکتری خود را گذرانده‌اند و اکنون از اساتید و دانشمندان بزرگی هستند که در دانشگاه‌های معتبر به تدریس مشغول‌اند و برخی در دوره دکتری تحصیل خود را ادامه می‌دهند. آقایان دکتر هژیر رحمانداد، محمود سیادت پژوه، دکتر کیوان وکیلی، دکتر محمد اکبرپور، دکتر نوید غفارزادگان، دکتر محمد مروتی، سهیل قیلی، شیوا صالحی، مهدی هاشمیان، هما کوهی، نجمه کیشانی، رضا اسلامی فر، محمد علی اسماعیل‌زاده، آرمان دانشوران، مرتضی نظری، مهدی کرمی، سیدمصطفی ضیایی و علیرضا اخوان از جمله دستیاران محترمی بودند که در این درس کمک کردند. دانشجویان عزیز دیگری

نیز در درس مزبور کمک‌های شایانی کرده‌اند که متأسفانه اسامی همه آنها را به یاد ندارم. بدون حضور و علاقه این افراد با استعداد، درس پویایی‌شناسی سیستم‌ها به این درجه از تکامل فعلی نمی‌رسید. همچنین از سرکار خانم الهام علیمحمدی و نداع مطاع بابت تایپ کتاب و دقتی که در این امر داشتند تشکر می‌کنم.

علینقی مشایخی

دانشکده مدیریت و اقتصاد

دانشگاه صنعتی شریف

بهمن ماه ۱۳۹۵



نگرش پویا

۱-۱- مقدمه

برای درک جهان دو نگرش پویا و ایستا مطرح است. در نگرش ایستا به جهان در یک مقطع زمانی نگاه می‌شود. در مقطع زمانی مورد نظر علت یا علل یک رخداد بررسی و جست‌وجوی می‌شود. در این نگرش عمده توجه به رخداد و علل آن در همان مقطع زمانی مورد نظر است. در نگرش ایستا به زمان‌های قبل و بعد از رخداد یا اصلاً توجه نمی‌شود و یا توجه زیادی نمی‌شود. به عنوان مثال اگر رخداد مورد نظر یک شورش باشد، در نگرش ایستا علل شورش در همان مقطع زمانی و یا حوالی همان مقطع زمانی جست‌وجوی می‌شود. مثلاً ممکن است تحلیل شود که شورش در نتیجه افزایش سطح قیمت‌ها است. یا شورش در اثر تحریک فرد یا افراد خاصی رخ داده است. در نگرش ایستا، به تغییرات و علل و عوامل رخدادها در طول زمان از گذشته تا حال و ادامه آن در آینده توجه نمی‌شود.

در نگرش پویا، به پدیده‌ها و رخدادها در طول زمان نگاه می‌شود. تحلیل و فکر انسان در امتداد زمان فعال می‌شود. در نگرش پویا زمان یک بعد مهم و حیاتی در تفکر و تحلیل است. روندها در طی زمان مورد توجه قرار می‌گیرند. رخدادها در پرتو روندها دیده می‌شود. رخدادها یا وقایع به صورت جزئی از روندها بررسی می‌شوند. در نگرش پویا به زمان گذشته و تحولات گذشته و ارتباط آن با رخداد مورد نظر در زمان حال توجه می‌شود. در نگرش پویا، نه تنها تفکر در امتداد زمان از گذشته به حال می‌آید، بلکه ادامه یافته و حال را به آینده‌ای که می‌تواند در پیش باشد متصل می‌کند.

در نگرش پویا، برعکس نگرش ایستا، وقایع و رخدادها کانون توجه نیستند، بلکه روندهایی مورد توجه‌اند که رخدادها می‌توانند نمودی از آن روندها در مقطع زمانی خاصی باشند. به عنوان مثال اگر شورش در یک مقطع خاص زمانی مورد توجه باشد، در نگرش پویا به روند بروز شورش‌های مشابه در طی زمان و تغییرات در علل و عوامل آنها اندیشیده می‌شود. یا چنانچه گزارشات مالی نشان دهد که یک بنگاه اقتصادی در یک ماه یا سال خاصی ضرر داده است، در نگرش پویا، روند سوددهی یا زیان‌دهی آن بنگاه در طی زمان از چند دوره یا چند سال گذشته مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عنوان مثالی دیگر، قیمت مسکن در یکسال خاص و افزایش یا کاهش آن قیمت نسبت به سال قبل را در نظر بگیرید. در نگرش ایستا قیمت مسکن در آن سال مورد نظر و علل آن در آن مقطع زمانی خاص مورد توجه قرار می‌گیرد. به عنوان مثال ممکن است کمبود واحدهای مسکونی نسبت به تقاضا در آن سال علت افزایش قیمت مسکن قلمداد شود. در نگرش پویا، تغییر در قیمت مسکن در چندین سال گذشته و تغییرات در علل و عوامل آن مورد توجه و تحلیل قرار می‌گیرد. کاهش یا افزایش قیمت در یکسال خاص به عنوان رخدادی که بر روند

یا الگوی تغییر در طول زمان قرار دارد نگریده می‌شود. در نگرش پویا کمبود عرضه مسکن نسبت به تقاضا در یک مقطع زمانی ممکن است به فزونی عرضه نسبت به تقاضا در دوره‌های گذشته و کاهش ساخت و ساز در نتیجه فزونی تقاضا به عرضه در این سال مرتبط شود و برای آینده نیز، کمبود عرضه در وضعیت فعلی و افزایش قیمت مسکن موجب افزایش ساخت و ساز شده ممکن است در آینده عرضه را بر تقاضا فزونی بخشد.

در این فصل در مورد نگرش پویا توضیحات بیشتری داده می‌شود. ابتدا، پویایی به عنوان ویژگی جهان ما تشریح می‌شود. سپس چگونگی نمایش پویایی پدیده‌ها معرفی می‌شود. بالاخره درک علل پویایی به عنوان پیش‌نیاز کنترل و هدایت آن مطرح می‌گردد. در پایان فصل چارچوب کتاب معرفی می‌شود.

۱-۲- پویایی جهان

پویایی به معنی تغییر در طول زمان است. جهان ما و تمام مظاهر آن پویاست. همه چیز در جهان در حال تغییر است. شاید تنها چیزی که تغییر نمی‌کند خود تغییر است. از کوچک‌ترین اجزا تشکیل دهنده جهان تا موجودیت‌های بزرگ در هستی با گذشت زمان تغییر می‌کنند.

افراد از تولد تا لحظه مرگ در طول زمان از جهات مختلف تغییر می‌کنند. ابعاد فیزیکی مانند قد، وزن و چهره ظاهری فرد با گذشت زمان تغییر می‌کند. دانش و مهارت فرد تغییر می‌کند. روحیه افراد در طی زمان تغییر می‌کند و آدم‌ها گاهی روحیه‌ای شاد و امیدوار دارند و گاهی غمگین و ناامید هستند. عشق و تنفر افراد نسبت به افراد و عناصر محیط اطرافشان نیز تغییر می‌کند. تجربه افراد در زمینه‌های مختلف تغییر می‌کند. افکار و اندیشه‌ها، باورها و اعتقادات، مواضع و وابستگی افراد در طی زمان تغییر می‌کند. خلاصه همه ویژگی‌های جسمی، روحی و کیفی افراد در طول زمان تغییر می‌کند. در تمام این موارد ثابت ماندن یک ویژگی در طی یک مدت زمان خاص حالت خاصی از تغییر است، تغییر با نرخ تغییر صفر! ولی با استمرار زمان هیچ ویژگی‌ای ثابت نمی‌ماند. تنها تغییر است که تغییر نمی‌کند!

در سطحی فراتر از فرد، خانواده‌ها نیز در طی زمان تغییر می‌کنند. تعداد افراد خانواده، احساسات و روابط بین اعضای خانواده، روابط خانواده با خانواده‌ها یا واحدهای اجتماعی دیگر، ارزش‌ها و اعتقادات خانواده‌ها و خلاصه در همه ابعاد اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و احساسی خانواده‌ها نیز در حال تغییر و تحول‌اند.

سازمان‌ها نیز تغییر می‌کنند. در یک بنگاه اقتصادی، میزان فروش، تعداد کارکنان، میزان بدهی‌ها و مطالبات، موجودی انبارها، سرمایه شرکت و عوامل بسیار دیگری در طول زمان تغییر

می‌کنند. تغییرات در یک بنگاه همانند تغییرات در سطح فرد یا خانواده شامل تغییر در عوامل کیفی نیز می‌شود. مثلاً کیفیت محصول، سطح انگیزه و علاقه کارکنان به شرکت، امید به آینده شرکت و تصور مدیران شرکت از روحیه کارکنان از جمله عوامل یا ویژگی‌های دیگری یک شرکت هستند که در طی زمان تغییر می‌کنند.

در سطح کلان‌تر، اقتصاد کشورها نیز در حال تغییر است. درآمد ملی، سطح قیمت‌ها، نرخ بیکاری، واردات، صادرات، سرمایه‌گذاری، ذخایر ارزی، بدهی‌ها و مطالبات یک کشور در طی زمان تغییر می‌کند. گاهی نرخ بیکاری زیاد می‌شود و زمانی ممکن است کاهش یابد. نرخ تورم نوسان می‌کند.

محیط‌زیست و کل جهان نیز در حال تغییر است. سطح جنگل‌ها ثابت نیست. در برخی مناطق سطح جنگل‌ها کاهش می‌یابد و مراتع تخریب می‌شود. آلودگی در جهان متغیر است. در دهه‌های اخیر میزان آلودگی هوا و گازهای گلخانه‌ای موجود در هوا افزایش یافته است. درجه حرارت زمین به کندی رو به افزایش است. عده‌ای نگران آب شدن یخ‌های قطبی و تغییرات جدی در آب و هوا هستند.

به‌طور خلاصه به خود و اطراف خود که نگاه می‌کنیم همه چیز را در حال تغییر در طی زمان می‌یابیم. همواره این تغییرات مطلوب نیستند. گاهی تغییرات در جهت مطلوب ماست، نظیر افزایش دانش و مهارت و یا رشد یک شرکت که در آن علایقی داریم. گاهی نیز تغییرات در جهت نامطلوب است، نظیر کاهش ارزش یک شرکت، افزایش آلودگی‌های محیط‌زیست، افزایش بیکاری یا تورم. ولی در هر حال تغییر در طی زمان ویژگی اساسی جهان ماست. این تغییر شامل زمینه‌ها و پدیده‌های مورد علاقه ما نیز می‌شود. برای درک بهتر تغییر در پدیده‌های مورد علاقه خود، باید به جای نگرش ایستا، با نگرشی پویا به آن پدیده‌ها نگاه کرد، در صورت امکان برای بهبود روند تغییرات آنها سیاست‌گذاری نموده و اقدام کرد. در قسمت بعد نمایش تغییرات پدیده‌ها بحث می‌شود.

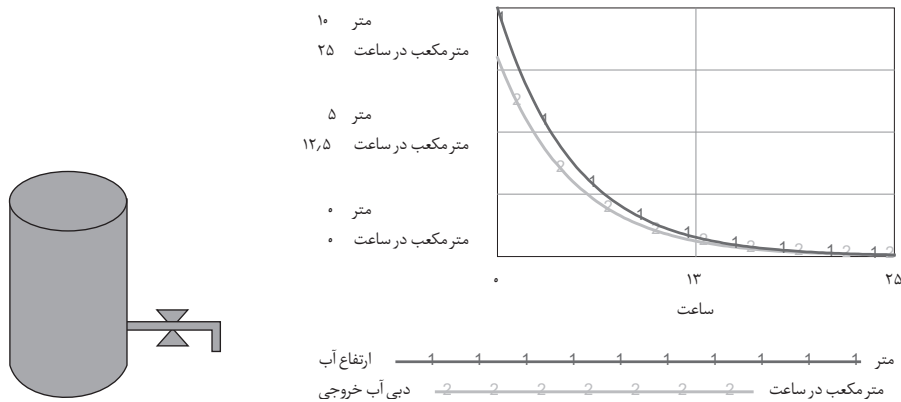
۱-۳- نمایش پویایی پدیده‌ها

پویایی در این جهان با مشاهده نموده‌ها یا متغیرهایی که در طول زمان تغییر می‌کنند دریافت می‌شود. جمعیت یک کشور، تعداد دانشجویان و استادان یک دانشگاه، سطح آب در یک منبع، میزان تولید یک مؤسسه تولیدی، تعداد هواداران یک گروه سیاسی، تعداد یا سطح زیر بنای ساختمان‌های مسکونی در یک شهر، میزان تولید سالانه یک محصول کشاورزی در یک منطقه، میزان علاقه یک فرد به شخص یا موضوع دیگر و درجه حرارت داخل اتاق همه از نمودهای این

جهان هستند. تغییرات نمودهای جهان در طی زمان نمایشگر پویایی پدیده‌هاست. تغییرات نمودهایی را که معرف پویایی پدیده‌ها هستند، روی یک دستگاه محور مختصات که محور افقی آن زمان و محور عمودی آن نمود یا متغیر مورد نظر است، نشان می‌دهند و در محور افقی واحد اندازه‌گیری زمان و در محور عمودی واحد اندازه‌گیری نمود یا کمیت مورد نظر درج می‌شود. در ادامه، تغییرات نمودهایی از پویایی پدیده‌های مختلف بر حسب زمان، به‌عنوان مثال ترسیم می‌شود. این مثال‌ها ضمن نشان دادن چگونگی نمایش پویایی پدیده‌ها روی محورهای مختصات، وجود پویایی در حوزه‌های مختلف را نشان خواهد داد.

مثال ۱-۱- تغییرات آب در یک منبع

شکل ۱-۱ تغییرات ارتفاع آب در یک منبع پس از باز شدن شیر آب را بر حسب زمان نشان می‌دهد. فشار آب در پشت شیر نیز متناسب با ارتفاع آب تغییر می‌کند. تغییر ارتفاع آب منبع در مثال مزبور یک پدیده ساده فیزیکی است. بعد از باز شدن شیر، ارتفاع آب با شدت زیادی کم می‌شود. با کاهش ارتفاع از شدت کم شدن ارتفاع آب نیز کاسته می‌شود. در این مثال ساده، دلایل چگونگی تغییر ارتفاع آب را می‌توان به سادگی بیان کرد.



شکل ۱-۱ تغییر ارتفاع آب منبع بر حسب زمان بعد از باز شدن شیر پایین منبع

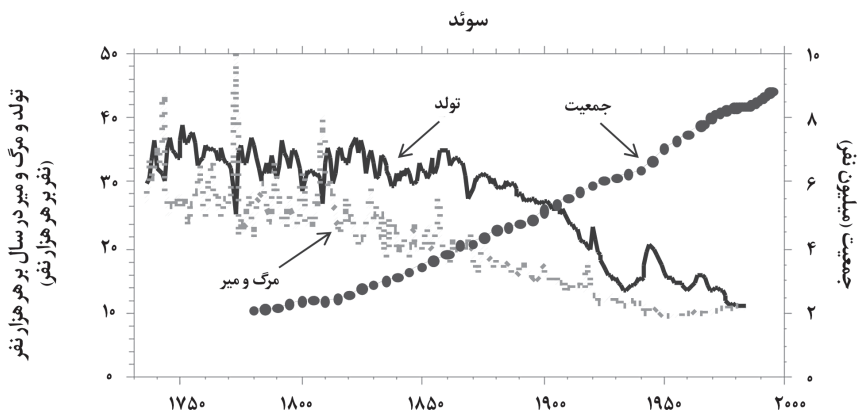
در زمانی که شیر آب باز می‌شود، به علت وجود ارتفاع آب در منبع، فشار آب در پشت شیر بیشتر از فشار هوا در جلوی شیر است. در نتیجه جریان آب به خارج از منبع شروع می‌شود. با خارج شدن آب از منبع، ارتفاع آب کم می‌شود. با کم شدن ارتفاع آب، فشار آب در پایین منبع کاهش یافته و شدت جریان آب خروجی از منبع کم می‌شود. با کم شدن جریان آب خروجی از

منبع ارتفاع سطح آب در منبع با سرعت کمتری کاهش می‌یابد. فرایند خروج آب ادامه می‌یابد تا آب منبع به طور کلی خالی شود.

چنانچه بعد از تخلیه منبع مجدداً آن را پر نماییم فشار آب دوباره بالا می‌رود و پدیده تخلیه آب و کاهش فشار تکرار می‌شود. خالی شدن منبع آب یک پدیده فیزیکی ساده است که توضیح و تشریح آن، همان طور که در بالا ارائه شد، کار پیچیده‌ای نیست. ولی بسیاری از پدیده‌های فیزیکی و پدیده‌های اجتماعی از سادگی بالا برخوردار نیستند و شناخت و توضیح آنها بسیار پیچیده است. در نمایش پدیده‌های پیچیده می‌توان نمودهای مختلف وابسته به آن پدیده را ترسیم کرد.

مثال ۱-۲- تغییرات جمعیت یک کشور

شکل ۱-۲- نمونه‌ای از تغییرات جمعیت کشور صنعتی سوئد را از قبل از شروع تحول صنعتی شدن نمایش می‌دهد. تعداد جمعیت روی محور سمت راست نشان داده شده و مدرج شده است. در دوران قبل از صنعت، جمعیت تقریباً ثابت است. با شروع دوران صنعتی شدن و پیشرفت علوم جمعیت افزایش می‌یابد و بالاخره با گذشت زمان و پیشرفت‌های بیشتر صنعتی و علمی، رشد جمعیت کاهش یافته و در نهایت تقریباً جمعیت ثابت می‌ماند.



شکل ۱-۲- نمونه‌ای از نحوه تغییرات جمعیت یک کشور صنعتی در طی پروسه صنعتی شدن

مرجع: ۴۸۳، P. ۲۰۰۰، McGraw Hill Sterman, John Business Dynamics

چون جمعیت با تولد افراد افزایش و با مرگ آنها کاهش می‌یابد، نرخ تولد و نرخ مرگ در جمعیت می‌تواند تصویر دینامیک (پویایی) جمعیت را کامل تر کرده و به شناخت آن کمک

کند. در شکل ۱-۲ تغییرات میزان تولد و میزان مرگ را بر هر هزار نفر در سال برای کشور صنعتی سوئد به همراه تعداد کل جمعیت در طول فرآیند صنعتی شدن نشان می‌دهد. تعداد متولدین و فوت‌شدگان بر هر هزار نفر روی محور سمت چپ نشان داده و مدرج شده است. همان طوری که شکل ۱-۲ نشان می‌دهد تا قبل از یک دوره زمانی (دوران صنعتی شدن) تفاوت نرخ تولد و مرگ بسیار کم بوده است و لذا جمعیت تقریباً ثابت و نرخ رشد جمعیت همان طور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است تقریباً صفر بوده است.

شکل ۱-۲ نشان می‌دهد که بعد از شروع یک دوره جدید که با آغاز فرآیند توسعه علمی و اقتصادی آن کشور همراه بوده است، نرخ مرگ و میر کاهش می‌یابد با کاهش نرخ مرگ و میر در جمعیت، تعداد افرادی که متولد می‌شوند از آنهایی که از دنیا می‌روند، بیشتر شده و این تفاوت بعد از شروع دوران توسعه اقتصادی تا مدتی افزایش می‌یابد. با افزایش تفاوت نرخ مرگ و تولد، جمعیت با شدت بیشتری زیاد می‌شود. با ادامه فرآیند توسعه (با افزایش تحصیلات و سطح اشتغال) که در شکل نشان داده نشده است، نرخ تولد نیز به تدریج کاهش یافته و بالاخره به نرخ مرگ و میر بسیار نزدیک می‌شود و در نتیجه نرخ رشد جمعیت آنچنان که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است، وقتی تولد و مرگ و میر مساوی می‌شوند دوباره به صفر باز می‌گردد.

در شکل ۱-۳ تغییرات جمعیت در کشور در حال توسعه مصر طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ میلادی را نشان داده شده است. تغییرات جمعیت و نرخ‌های زاد و تولد و مرگ و میر رفتاری مشابه آنچه در سوئد رخ داده است از خود نشان می‌دهند. در اوایل دوره، نرخ مرگ و میر و زاد و تولد در هر هزار نفر زیاد و در سطح حدود ۴۰ تولد برده هزار نفر در سال با هم برابر بودند. با گذر زمان و توسعه امور بهداشتی در آن کشور نرخ مرگ و میر به شدت کاهش می‌یابد ولی نرخ زاد و تولد تا حدود سال‌های ۱۹۸۰ بالا باقی می‌ماند و در نتیجه جمعیت مصر از اوایل قرن ۲۰ میلادی به سرعت رشد کرده است. ولی از اواخر قرن بیستم، بعد از ۱۹۸۰، نرخ زاد و تولد هم شروع به کاهش می‌کند و با کم شدن فاصله زاد و تولد و مرگ و میر، نرخ رشد جمعیت کاهش می‌یابد.