



پویا بر شناسر سیستم‌ها

جلد بی

دیدگاه سیستمی

ویراست دوم

دکتر علینقی مشایخی



نویسنده: دکتر علینقی مشایخی

(استاد دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه صنعتی شریف)

طراح جلد: معجد زارع

صفحه آرا: داریوش گل سرخی

شمارگان: ۱۵۰۰ نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: واژه پرداز اندیشه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۶۷۷-۲۵-۴

نوبت چاپ: چهارم، پاییز ۱۴۰۲

ناشر: آریانا قلم

نشانی: خیابان سهروردی جنوبی، خیابان ملایری پور غربی، پلاک ۳۷، واحد ۱

تلفن: ۸۸۳۴۲۹۱۰

فروشگاه اینترنتی: [www.AryanaGhalam.com](http://www.AryanaGhalam.com)

- تمام حقوق چاپ و نشر این اثر برای انتشارات آریانا قلم محفوظ است.
- تکثیر و انتشار تمام یا بخشی از این اثر به هر شکل بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.

سرشناسه: مشایخی، علینقی، ۱۳۲۷-

عنوان و نام پدیدآور: بویایی‌شناسی سیستم‌ها / علینقی مشایخی.

مشخصات نشر: تهران: آریانا قلم، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری: مصور، جدول، نمودار.

شابک: ج. ۱: ۹۷۸-۶۰۰-۷۶۷۷-۲۵-۴

وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا

مندرجات: ج. ۱. دیدگاه سیستمی.

موضوع: مدیریت صنعتی

Industrial management: موضوع

موضوع: نظام‌های اطلاعاتی مدیریت

Management information systems: موضوع

موضوع: نظریه سیستم‌ها

System theory: موضوع

رده‌بندی کنگره: ۹۱۳۹۶ پ ۵/م ۳۰/۲ HD

رده‌بندی دیویی: ۴۰۳۸۰۱۱/۶۵۸

شماره کتاب‌شناسی ملی: ۵۱۰۹۵۶۴

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 ایجاد می‌کند و به چالش‌های موجود پروبال می‌دهد. خبر بد این است که تعداد این‌گونه تصمیم‌ها در سطوح مختلف بنگاه‌ها و سازمان‌های ایرانی کم نیست و حتی در زندگی شخصی مان 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 هر یک 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 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 با فهم و فراگیری دانش پویایی‌شناسی سیستم‌ها می‌توانند نتایج تصمیم‌ها و سیاست‌های مختلف را ارزیابی کنند و با اجتناب از گرفتار شدن در منحصه تصمیم‌های نادرست، سیاست‌های کارآمدتر و بهینه‌تری 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 در برداشته باشد دوچندان می‌شود. این کتاب سرآغاز مجموعه‌ای است که با هدف ارائه‌ی 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 به همراه داشته باشد و به‌عنوان یک مرجع آموزشی در دانشگاه‌ها و کلاس‌های آموزشی مورد استفاده قرار گیرد.

بر خود لازم می‌دانم از تمامی دوستانی که در تصحیح چاپ اول و دوم این کتاب همراه ما بودند سپاسگزاری کنم، به‌ویژه از جناب آقای مهندس مجتبی اسدی، مدیرعامل محترم گروه پژوهشی صنعتی آریانا، و آقایان دکتر سید حسین جلالی، محمدرضا قلی‌زاده، منوچهر مومینی و کیوان دهقان‌پور. امیدوارم خوانندگان این کتاب از آموزه‌های کتاب بهره لازم و کافی را ببرند.

سمیه محمدی

مدیرعامل انتشارات آریانا قلم

---

	<b>فصل اول</b>
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
	<b>فصل دوم</b>
۳۹	نقش مدل در فهم پدیده‌ها
۴۱	۱-۲ درک دنیای بیرون از طریق مدل
۴۲	۲-۲ مدل‌های ذهنی
۴۸	۳-۲ مدل‌های تشریحی
۵۲	۴-۲ مدل‌های ریاضی
۵۷	۵-۲ مدل‌های ریاضی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم
۵۸	۶-۲ جمع‌بندی
	<b>فصل سوم</b>
۶۳	دیدگاه سیستمی
۶۵	۱-۳ مقدمه
۶۸	۲-۳ نگرش پویا
۷۲	۳-۳ جامع‌نگری: تفکر کل‌نگر
۸۲	۴-۳ حلقه بسته (پس‌خوران)
۸۷	۵-۳ متغیرهای حالت
۹۲	۶-۳ متغیرهای نرخ

- ۹۶ ۷-۳ تأخیر
- ۹۸ ۸-۳ ساختار به عنوان علت
- ۹۹ ۹-۳ فاصله زمانی و مکانی بین علت و معلول

### فصل چهارم

- ۱۰۵ ساختار سیستم
- ۱۰۷ ۱-۴ مقدمه
- ۱۰۸ ۲-۴ نظریه ساختمان سیستم

### فصل پنجم

- ۱۳۷ مدل تشریحی و روابط علت و معلولی
- ۱۳۹ ۱-۵ مقدمه
- ۱۳۹ ۲-۵ نمایش تشریحی یک سیستم دور بسته
- ۱۴۴ ۳-۵ نمایش سیستم از طریق روابط علت و معلولی
- ۱۵۵ ۴-۵ علیت در مقابل هم‌ستگی
- ۱۵۶ ۵-۵ حلقه علت و معلولی
- ۱۶۰ ۶-۵ حلقه علت و معلولی مثبت
- ۱۶۵ ۷-۵ حلقه علت و معلولی منفی
- ۱۶۸ ۸-۵ ترکیب دایره‌های علت و معلولی

### فصل ششم

- ۱۸۷ برخی الگوهای ساده
- ۱۸۹ ۱-۶ مقدمه
- ۱۸۹ ۲-۶ رشد
- ۱۹۳ ۳-۶ محدودیت رشد
- ۲۰۰ ۴-۶ راه حل‌های موقت به جای راه حل‌های اساسی
- ۲۰۴ ۵-۶ عوارض جانبی راه حل‌های موقت
- ۲۰۹ ۶-۶ انتقال فشار به مداخله‌کننده
- ۲۱۶ ۷-۶ تنزل هدف‌ها

۲۲۳	۸-۶ موفقیت برای موفق
۲۲۸	۹-۶ بالاگیری مناقشه‌ها
۲۳۱	۱۰-۶ ترازوی منابع مشترک
۲۳۶	۱۱-۶ کاربرد و محدودیت الگوهای ساده

## فصل هفتم

۲۴۱	نمودارهای جریان و معادلات ریاضی مدل
۲۴۳	۱-۷ نمودارهای جریان
۲۵۴	۲-۷ معادلات ریاضی
۲۶۱	۳-۷ حل عددی معادلات مدل

## پیوست فصل هفتم

۲۷۱	راهنمای نرم افزار Vensim
۲۷۳	مقدمه
۲۷۴	نصب نرم افزار
۲۷۵	معرفی نرم افزار
۲۸۱	سایر گزینه‌ها

## فصل هشتم

۲۹۹	تحلیل عرضه و تقاضا در بازار
۳۰۱	۱-۸ مقدمه
۳۰۴	۲-۸ مدل اول: پویایی شناسی عرضه و تقاضا
۳۱۱	۳-۸ مدل دوم: تغییر عرضه زمان لازم دارد
۳۱۵	۴-۸ مدل سوم: تغییر تدریجی تقاضا
۳۲۰	۵-۸ مدل چهارم: وجود انبار برای تولیدات
۳۲۸	۶-۸ مدل پنجم: اثر موجودی انبار در به‌کارگیری ظرفیت
۳۳۳	۷-۸ مدل ششم: در نظر گرفتن سفارشات در دست
۳۴۰	۸-۸ مدل هفتم: کالاهای بادوام
۳۵۱	کتابنامه

## پیشگفتار

سال‌هاست که درس پویایی‌شناسی سیستم‌ها تحت عناوین «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 به‌خصوص دانشگاه‌های صنعتی اصفهان و صنعتی شریف تدریس شده است. در این سال‌ها دانشجویان با استعداد زیادی درس را گرفته‌اند. در سال‌های اخیر درس مزبور به‌عنوان 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. به‌علاوه دو سال است که فیلم کلاس تحلیل دینامیک سیستم‌های دانشگاه صنعتی شریف توسط مؤسسه‌ای به نام مکتب‌خانه 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 حتی الامکان 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 درحال 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 اجزای 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 دوابر علت و 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 آخر این 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 بوده است. 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 سیادت‌پژوه، دکتر کیوان وکیلی، دکتر محمد اکبرپور، دکتر نوید غفارزادگان، دکتر محمد مروتی، سهیل قیلی، شیوا صالحی، مهدی هاشمیان، هما کوهی، نجمه کیشانی، رضا اسلامی‌فر، محمدعلی اسماعیل‌زاده، آرمان دانشوران، مرتضی نظری، مهدی کرمی، سید مصطفی 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 ندا مطاع بابت تایپ کتاب و دقتی که در این امر داشتند تشکر می‌کنم.

علینقی مشایخی  
دانشکده مدیریت و اقتصاد  
دانشگاه صنعتی شریف

بهمن‌ماه ۱۳۹۵