



دانشگاه پیام نور

تحلیل سیستم‌ها

(رشته‌های مهندسی)

www.ketab.ir

دکتر منصوره حورعلی مهندس شیما عرب‌زاده

دکتر رکسانا فکری

سرشناسه	: حورعلی، منصوره، ۱۳۵۸ -
عنوان و نام پدید آور	: تحلیل سیستم‌ها: (رشته‌های مهندسی)/تالیف منصوره حورعلی، شیما عرب‌زاده، رکسانا فکری.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: یازده، ۱۵۹ ص.
فروست	: دانشگاه پیام نور؛ ۲۵۷۱. گروه مهندسی صنایع؛ ۵/آ.
شابک	: 978 - 964 - 14 - 0619 - 8
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا.
موضوع	: تجزیه و تحلیل سیستم‌ها -- آموزش برنامه‌ای
موضوع	: System analysis -- Programmed instruction
موضوع	: تجزیه و تحلیل سیستم‌ها -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: System analysis -- Study and teaching (Higher)
موضوع	: تجزیه و تحلیل سیستم‌ها -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
موضوع	: System analysis -- Examinations, questions (Higher)
شناسه افزوده	: عرب‌زاده، شیما، ۱۳۵۸ -
شناسه افزوده	: فکری، رکسانا، ۱۳۵۳ -
شناسه افزوده	: دانشگاه پیام نور
شناسه افزوده	: Payam Noor University
رده بندی کنگره	: Q۶۴۰۲
رده بندی دیویی	: ۲۱/۳۸۲۲۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۶۷۸۱۳۲

اول مرداد ۱۳۹۸

سده ۳۰۰ جلد



تحلیل سیستم‌ها قیمت: ۱۸۰۰۰ ریال

مؤلفان: دکتر منصوره حورعلی - مهندس شیما عرب‌زاده - دکتر رکسانا فکری

ویراستار علمی: دکتر رامین صادقیان

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و توزیع دانشگاه پیام نور

شابک: ۹۷۸ - ۹۶۴ - ۱۴ - ۰۶۱۹ - ۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0619 - 8

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی‌های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه‌برداری، نشر و ترجمه، چاپ، افست، توزیع گسترده، تهیه CD و ... این اثر یا بخشی از آن اعم از متن، طرح پشت و روی جلد و... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می گیرند)

آدرس فروشگاه مرکزی چاپ و انتشارات دانشگاه پیام‌نور: تهران، خیابان شهید رجایی،
نرسیده به تقاطع آزادگان، جنب ورزشگاه یادآورآن. تلفن: ۵۵۵۰۲۱۰۴ - ۵۵۰۰۹۸۳۸

سایت فروش اینترنتی: <http://digibook.pnu.ac.ir>

فهرست مطالب

پیشگفتار	نه
فصل اول. آشنایی با مفاهیم و اصول پویایی‌های سیستم	۱
هدف‌های کلی	۱
هدف‌های یادگیری	۱
مقدمه	۱
۱-۱ مفهوم سیستم	۲
۲-۱ عناصر سیستم	۲
۱-۲-۱ ورودی سیستم	۳
۲-۲-۱ خروجی‌ها یا باز داده‌ها	۳
۳-۲-۱ فرایند تبدیل	۴
۴-۲-۱ بازخورد	۴
۵-۲-۱ محیط و مرز سیستم	۴
۳-۱ انواع سیستم	۴
۴-۱ تفکر سیستمی و نظریه عمومی سیستم‌ها	۵
۱-۴-۱ ویژگی‌های نظریه عمومی سیستم‌ها	۶
۵-۱ پویایی‌های سیستم	۷
۶-۱ آشنایی با مفهوم مدل	۷
۷-۱ انواع مدل‌ها	۸
۱-۷-۱ مدل‌های عینی و ذهنی	۹
۲-۷-۱ مدل‌های ایستا و پویا	۹
۳-۷-۱ مدل‌های پایدار و ناپایدار	۱۰
۴-۷-۱ مدل‌های باز و بسته	۱۰

۱۰	۸-۱ کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی در حل مسائل پویایی‌های سیستم
۱۱	۸-۱ گام‌های اساسی مدل‌سازی مبتنی بر حل مسائل پویایی‌های سیستم
۱۳	خلاصه فصل اول
۱۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۱۷	فصل دوم. نمودارهای علی و حلقوی
۱۷	هدف‌های کلی
۱۷	هدف‌های یادگیری
۱۷	مقدمه
۱۸	۲-۱ تعریف نمودارهای علی - حلقوی
۱۸	۲-۱-۱ اهداف نمودارهای علی - حلقوی
۱۹	۲-۱-۲ نمادگذاری نمودارهای علی
۲۱	۲-۱-۳ قوانین ناکم به تفه‌ها
۲۱	۲-۱-۳-۱ نام‌ری سیرها
۲۳	۲-۱-۳-۲ قوانین تبط الحلقه‌ها
۲۶	۲-۱-۴ مشخص نمودن تأثیرات مهم در روابط علی و معلولی
۲۷	۲-۱-۵ نکاتی در رابطه با چیدمان نمودارهای علی - حلقوی
۲۷	۲-۱-۶ انتخاب مناسب‌ترین سطح نمودار
۲۸	۲-۱-۷ قرار ندادن تمام حلقه‌های بازخوردی در یک نمودار بزرگ
۲۸	۲-۱-۸ تعیین اهداف حلقه‌های علی منفی
۲۹	۲-۱-۹ مثال‌هایی از حلقه‌های علی
۴۵	خلاصه فصل دوم
۴۵	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۴۹	فصل سوم. پویایی‌های حالت و جریان
۴۹	هدف‌های کلی
۴۹	هدف‌های یادگیری
۴۹	مقدمه
۵۰	۳-۱ متغیرهای حالت و جریان
۵۱	۳-۲ نمادگذاری در ترسیم متغیرهای حالت و جریان
۵۳	۳-۲-۱ مثالی از نمادگذاری حالت و جریان
۵۴	۳-۳ نمایش ریاضی متغیرهای حالت و جریان
۵۵	۳-۴ نقش متغیرهای حالت در ایجاد پویایی‌ها
۵۹	۳-۵ شناسایی متغیرهای حالت و جریان
۶۱	۳-۵-۱ واحدهای اندازه‌گیری در شبکه‌های حالت و جریان
۶۱	۳-۵-۲ گونه‌های حالت و جریان

۶۲	۳-۵-۳ آزمون تصویر لحظه‌ای
۶۴	۴-۵-۳ بقای مواد در شبکه‌های حالت و جریان
۶۶	۵-۵-۳ سیستم‌های مبتنی بر متغیرهای حالت
۶۷	۶-۵-۳ متغیرهای کمکی
۷۰	۷-۵-۳ متغیرهای حالت تنها از طریق جریان‌هایشان تغییر می‌کنند
۷۳	۸-۵-۳ زمان پیوسته و جریان‌های لحظه‌ای
۷۴	۹-۵-۳ جریان‌های پیوسته قابل تقسیم در مقابل جریان‌های گسسته
۷۵	۶-۳ رسم نمودارهای حالت و جریان
۷۵	۱-۶-۳ نمودارهای علی چه زمانی ساختار حالت و جریان را باید نشان دهند؟
۷۷	۷-۳ مثال‌هایی از نمودارهای حالت و جریان
۸۱	خلاصه فصل سوم
۸۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۸۵	فصل چهارم. ساختار و رفتار سیستم‌های پویا
۸۵	هدف‌های کلی
۸۵	هدف‌های یادگیری
۸۵	مقدمه
۸۶	۱-۴ سیستم‌های درجه اول
۸۷	۲-۴ بازخورد مثبت و رشد نمایی
۸۹	۱-۲-۴ راه حل تحلیلی برای سیستم درجه اول خطی
۹۰	۲-۲-۴ راه حل تریسیمی سیستم بازخوردی مثبت درجه اول خطی
۹۲	۳-۲-۴ قدرت بازخورد مثبت. زمان‌های دو برابر شدن (قاعده ۷۰)
۹۳	۳-۴ بازخورد منفی و تنزل نمایی
۹۹	۴-۴ حلقه‌های منفی تعدیل‌کننده با تأخیر (رشد نوسانی)
۱۰۱	۱-۴-۴ سیستم‌های درجه اول نمی‌توانند نوسان کنند
۱۰۱	۵-۴ سیستم‌های غیرخطی درجه اول: ترکیب حلقه‌های مثبت و منفی
۱۰۴	۱-۵-۴ چالش. نرخ‌های زادوولد و مرگ و میر غیرخطی
۱۰۵	۲-۵-۴ تعریف قراردادی غلبه حلقه
۱۰۶	خلاصه فصل چهارم
۱۰۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۱۱	فصل پنجم. تأخیرها
۱۱۱	هدف‌های کلی
۱۱۱	هدف‌های یادگیری
۱۱۱	مقدمه
۱۱۲	۱-۵ تعریف تأخیر

۱۱۴	۲-۵ مدل سازی تأخیرها
۱۱۵	۱-۲-۵ تأخیرهای مواد، ساختار و رفتار
۱۱۷	۲-۲-۵ تأخیر خط لوله ای
۱۱۹	۳-۲-۵ تأخیر مواد درجه اول
۱۲۱	۴-۲-۵ تأخیرهای مواد با درجات بالاتر
۱۲۳	۳-۵ تأخیرهای اطلاعاتی: ساختار و رفتار
۱۲۴	۱-۳-۵ هموارسازی نمایی
۱۲۵	۴-۵ میانگین گیری
۱۲۵	۱-۴-۵ میانگین گیری اطلاعات
۱۲۶	۴-۵ میانگین متحرک
۱۲۶	خلاصه فصل پنجم
۱۲۷	آزمون چهارگزینه ای فصل پنجم
۱۲۹	فصل ششم. آشنایی با VENSIM
۱۲۹	هدف های کلی
۱۲۹	هدف های یادگیری
۱۲۹	مقدمه
۱۳۰	۱-۶ VENSIM چیست؟
۱۳۰	۲-۶ محیط کاری VENSIM PLE
۱۳۶	۳-۶ طرز رسم نمودار علی
۱۳۸	۴-۶ تبدیل نمودار علی به نمودار حالت و جریان
۱۴۰	۵-۶ اجرا و تحلیل شبیه سازی
۱۴۰	۶-۶ مثال ها
۱۴۰	۱-۶-۶ پویایی های رشد جمعیت
۱۴۶	۲-۶-۶ رسم یک تابع سینوسی
۱۴۹	۳-۶-۶ مدل سازی یک قسمت از موجودی
۱۴۹	۴-۶-۶ مدل سازی پویای یک پروژه
۱۵۴	خلاصه فصل ششم
۱۵۵	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل ششم
۱۵۷	پاسخنامه خودآزمایی های چهارگزینه ای
۱۵۹	منابع

پیشگام

روند تکامل و بقای زندگی امروز از یکسو و سرعت بالای تغییرات اقتصادی، فناوری، اجتماعی و محیط از سوی دیگر مدیران را با چالش‌ها و مسائل پیچیده‌ای مواجه ساخته است. بنابراین مخرب ناشی از عملکرد ضعیف گذشته همراه با سیاست‌گذاری‌های نابخردانه و مولانا‌شی از عدم شناخت کامل سیستم‌ها است. نیز راه‌حل‌های ناکارآمد و یا مسائل جدید را برای مدیران امروز به همراه دارد. لزوم تصمیم‌گیری مؤثر در برخورد با مسائل پیچیده‌ای پویا، تصمیم‌گیرندگان را وادار می‌کند تا سیستمی بیندیشند، مرزها و محدوده‌های مدل ذهنی را گسترش دهند و برای درک بهتر ساختار سیستم‌های پیچیده و رفتارهای ناشی از آن‌ها، ابزارها و تجهیزات مؤثر را به کار گیرند. در این راستا علم پویایی‌های سیستم و ابزارهای تکنیکی آن می‌تواند بسیار راهگشا باشد، به‌طوری‌که استفاده از این ابزار، مدل‌ها و الگوهای آن در حل مشکلات امروز بسیار مؤثر است.

در پویایی‌شناسی سیستم، با کسب تجربه از تصمیمات گذشته، روند یادگیری تسریع و با بهره‌گیری از تفکر سیستمی و اصول آن، سیستم‌های پیچیده درک و استراتژی‌ها و راه‌حل‌های مؤثری برای موفقیت بیشتر کسب‌وکارها طراحی می‌شود. پویایی‌شناسی سیستم اگرچه بر پایه نظریه کنترل و تئوری مدرن پویایی، همچنین تئوری‌های ریاضی استوار است، اما مدیران در هنگام استفاده از آن با حداقل استفاده از فرمول‌ها و قواعد ریاضی و بیشتر بر پایه بینش، درک معنوی و تکنیک‌هایی از اندیشیدن به حل مسائل می‌پردازند. این علم زمینه تکنیکی مناسبی را برای توسعه بینش

و درک مفهومی از پیچیدگی و پویایی سیستم‌ها میسر ساخته و به مدیران، تحلیل‌گران و تصمیم‌گیرندگان امکان می‌دهد تا از این طریق بر محدودیت پیچیدگی مدل‌های واقعی در فرایندهای کسب‌وکار از یک‌سو و محدودیت‌های ابزارهای ریاضی از سوی دیگر فائق آیند. به عبارت دیگر در پویایی‌های سیستم با شناخت، درک و تجزیه و تحلیل رفتار و حرکات اجزای سیستم می‌توان مسائل مختلف ساده و پیچیده را مدل‌سازی کرد و تغییرات ناشی از تعامل متغیرها و شناسایی رفتارهای آتی آن‌ها را در دوره‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار داد. این علم همچنین توانایی بالایی در تغییر پیش‌فرض‌های مدل‌سازی دارد و از این رو در زمره بهترین و منعطف‌ترین روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌ها است.

با وجود اینکه این رشته در ابتدا فقط از صنعت و مسائل مرتبط با آن نظیر بی‌ثباتی در تولید و اشتغال، رشد کم یا ناسازگاری فعالیت‌های سازمان‌ها و کاهش سهم بازار نشأت گرفته است و غالباً با عبارت پویایی‌های صنعت شناخته می‌شد، امروزه به دلیل قابلیت اعتماد و سادگی استفاده در حل مسائل متنوع کاربرد گسترده‌ای یافته است. به طوری که کاربردهای گسترده آن را در حل مسائل و تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف از مدیریت پروژه‌های تحقیق و توسعه گرفته تا برنامه‌ریزی شهری، رشد و اضمحلال جمعیت جامعه انسانی، مسائل رفتار سازمانی، درک آثار رشد نمایی و حالات آن در جهان متناهی و کاهش منابع طبیعی از جمله آزمون نظریه‌های پزشکی از جمله بیماری قندی و در نهایت در مدیریت فرایندهای کسب‌وکار می‌توان دید. به عبارت دیگر پویایی‌شناسی سیستم‌ها مجموعه‌ای از دیدگاه‌ها را ابرازی است که با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی امکان تحلیل رفتار، ساختار و سیاست‌های مختلف سیستم‌های گوناگون اجتماعی، اقتصادی، صنعتی و مهندسی را در سطح فرد و کلان به صورت سیستمی در اختیار قرار می‌دهد. به طوری که شناسایی ساختارها و رفتارهای معادل آن‌ها که در این علم صورت می‌پذیرد می‌تواند در سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی راه‌گشای تحلیل و طراحی سیاست‌ها و راهبردهای اثربخش باشد.

در این کتاب برآنیم تا با مفاهیم پویایی‌های سیستم و اصول مربوط به متغیرها و مدل‌سازی سیستم‌ها در حل مسائل آشنا شویم. در همین راستا فصل اول، به مفاهیم و اصول پویایی‌های سیستم نظیر مفاهیم سیستم‌ها و اصول حاکم بر آن‌ها، انواع مدل‌ها و شبیه‌سازی می‌پردازد. در فصل دوم نمودارهای علی و حلقوی و قوانین مربوط به آن‌ها

معرفی می‌شوند. در فصل سوم پویایی‌های حالت و جریان مورد بررسی قرار می‌گیرند. فصل چهارم به انواع ساختارها و مدل‌های سیستم‌های پویا و ارائه مثال‌هایی از مسائل سیستم‌های واقعی و کاربرد مدل‌سازی در حل این مسائل می‌پردازد. در فصل پنجم مفاهیم تأخیر و انواع آن در پویایی‌های سیستم، همچنین سیستم‌های نوسانی معرفی می‌شوند. در فصل ششم نیز نرم‌افزار ونسیم (Vensim) به عنوان یک نرم‌افزار کاربردی در حل مسائل پویایی‌های سیستم معرفی می‌شود. در انتهای هر فصل نیز، مجموعه سؤالات تستی به منظور آشنایی بیشتر دانشجویان با آزمون‌های این درس ارائه می‌شود.

پایان از زحمات همه کسانی که در مسیر تألیف این کتاب یاریگر مؤلفان بوده‌اند، به ویژه جناب آقای دکتر رامین صادقیان (ویراستار علمی محترم) تقدیر می‌شود. همچنین از ریاست محترم تدوین دانشگاه پیام نور جناب آقای دکتر مهران فرج‌اللهی و سرکار خانم ترخیده دیده‌بان، همچنین کارشناسان محترم بخش تدوین دانشگاه پیام نور به ویژه سرکار خانم قطبی که همکاری بی‌نظیری با مؤلفان داشته و با صبر و حوصله بی‌مانند خویشان را در تألیف کتاب همراهی کرده‌اند، تقدیر و تشکر می‌شود.

امید است که مباحث این کتاب بتواند انگیزای مدیران و مهندسان بوده و برای دانشجویان رشته‌های مهندسی صنایع و مدیریت مفید واقع شود.

و من .. التوفیق

مؤلفان