

شناسایی و کنترل فازی

تألیف:

میان اچ. لایلی

مترجم:

دکتر محمود جورابی

استاد دانشگاه شهید چمران اهواز

استاد نمونه کشوری سال ۱۳۹۱

مهندس میلاد همتیان لریکی

کارشناس ارشد شرکت برق منطقه‌ای خوزستان

نیاز دانش

Lilly, John H

لایلی، جان ایچ. ۱۹۴۹م

سرشناسه

شناسایی و کنترل فازی / تألیف جان ایچ. لایلی؛ مترجمان: محمود جورابیان، میلاد همتیان

عنوان و نام پدیدآور

لرکی.

مشخصات نشر

تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۳.

۲۸۰ ص.

مشخصات ظاهری

ISBN: 978-600-6481-88-3

۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۸۸-۳

شابک

فیبیا.

وضعیت فهرست‌نویسی

Fuzzy control and identification, c2010.

عنوان اصلی:

یادداشت

ماشین‌های خودکار فازی

موضوع

شناسایی سیستم‌ها.

موضوع

مهندسی کنترل - ریاضیات.

موضوع

جورابیان، محمود، ۱۳۴۰ مترجم.

شناسایی زوده

همتیان لرکی، میلاد، ۱۳۶۵ مترجم.

شناسایی افز

TJ۲۱۳/۹ ش ۱۳۹۳

رده‌بندی بک

۶۳۰۹

رده‌بندی دیویی

۳۵۹۷۵

شماره کتابخانه



نیاز دانش

شناسایی و کنترل فازی

نام کتاب

جان ایچ. لایلی

تألیف

محمود جورابیان، میلاد همتیان لرکی

مترجمان

حمیدرضا / محمد شیرازی - محمد شمس

مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ

نیاز دانش

ناشر

واحد تولید انتشارات نیاز دانش

صفحه‌آرا

گنجینه

لیتوگرافی / چاپ

اول - ۱۳۹۳

نوبت چاپ

۱۰۰۰ نسخه

شمارگان

۱۴۰۰۰۰ ریال

قیمت

ISBN:978-600-6481-88-3

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۸۸-۳

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیهی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

تماس با انتشارات: ۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵-۰۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۶۶۴۷۸۱۰۶-۰۲۱

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۰۹۱۲-۲۱۰۶۷۰۹

پیش‌گفتار مؤلف

در سال ۱۹۸۲، زمانی که مدرک PHD خود را در کنترل تطبیقی (از نوع غیر فازی) گرفتم، کنترل فازی هنوز به‌عنوان یک حوزه تحقیقاتی خیلی وسیع مورد توجه قرار نگرفته بود. تا آن زمان تنها تعداد اندکی از مقالات (احتمالاً کمتر از ۱۰۰ تا) در زمینه‌ی فوق موجود بود و اغلب ما (محققان مصمم) فانی را به‌عنوان یک روش کنترلی به حساب نمی‌آوریم. پس از مدتی، تعداد مقالات و کتب نوشته شده در مورد مباحث کاربردهای سیستم‌های فازی به دهها هزار رسید، و بسیاری از ما (محققان مصمم) پس از تخصیص مسیر دیدگاه فازی، به‌طور جزئی یا کامل تلاش‌های تحقیقاتی‌مان را به سمت وجوه و کاربردهای تشخیص، طبقه‌بندی یا کنترل فازی هدایت نمودیم. تقریباً ۱۰ سال پس از فارغ التحصیلی، شروع به کارهای هم‌حیزی که می‌توانستیم در مورد موضوعات تشخیص و کنترل پیدا کنیم کرده و با برگزاری کنفرانس سطح فارغ التحصیلی در این زمینه در دانشگاه لونیوزویل به بهترین درک ممکن در این حوزه رسیدیم. این کتاب نتیجه‌ی کنفرانس‌هایی است که در طی ده سال اخیر در این دوره ارائه کردم، به علاوه مصاحبه‌هایی که تا کنون ارائه نکرده اما احتمالاً در آینده به آن‌ها اشاره خواهم نمود.

بنده این کتاب را در سطح مقدماتی برای دو امی که در منطق فازی مورد استفاده قرار می‌گیرند به رشته‌ی تحریر درآوردم: تشخیص و کنترل. این کتاب به گونه‌ای نوشته شده است که مطالبی را که فکر می‌کردم در این رابطه مهم هستند در بر گرفته، اما نمی‌توانست تمامی آن‌ها را به صورت یک جا در قالب یک متن ارائه دهم. من برای تدریس دوره‌ی خود مطالب را از چندین منبع قرض گرفته‌ام به گونه‌ای که استفاده از آن‌ها برای استاد و دانشجو بهینه خواهند بود. به علاوه بسیاری از مطالبی را که در این زمینه یافتیم اگر چه خیلی عالی بودند اما در سطحی خیلی بالاتر از سطح مدالیتی بوده و نیازی به بیان آن‌ها وجود نداشت. نتیجتاً، این کتاب را طوری نوشتم که مطالبی را که گمان می‌کردم مهم هستند در بر گرفته و امیدوارم به قدری سطح بالا نباشد که باعث زده شدن دانش‌جویان گردد. کتاب حاضر جهت استفاده‌ی دانشجویانی که تازه فارغ‌التحصیل شده‌اند و نیز کسانی که سابقه‌ی بیشتری دارند نوشته شده است. مقداری پیش زمینه در رابطه با کنترل مفید خواهد بود اما بسیاری از عناوین پوشش داده شده در دوره‌های کنترلی‌های مقدماتی نظیر حد بهره و فاز، مکان هندسی ریشه‌ها، دیاگرام‌های بود و نایکوئیست، پاسخ گذرا و حالت دائم و غیره در اینجا کاربرد اندکی دارند. از طرف دیگر، برخی از موضوعات بحث شده در این کتاب، نظیر تشخیص و کنترل تطبیقی، مرجع مدل و تعقیبی تنها در دوره‌های کنترلی‌های سطح پیشرفته پوشش داده می‌شوند. این بخشی از چیزی است که بیان مطالب را برای تدریس دشوار می‌سازد.

چیزی که از قبل می‌تواند در این زمینه خیلی مؤثر باشد مقداری درک از سیستم‌های دینامیکی زمان گسسته و پیوسته و فهم اهداف اصلی و روش‌های کنترلی است (یا به عبارت دیگر پایدارسازی، تعقیب، و کنترل مرجع مدل). این موضوع قدم کوچکی در ابتدای راه ریاضیات پیشرفته‌ای است که فراتر از معادلات دیفرانسیل، توابع تبدیل، و جبر خطی مورد نیاز برای خواندن و فهم این کتاب می‌باشد.

موضوعات کنترل و شناسایی فازی در برنامه‌نویسی کامپیوتری بسیار سنگین می‌باشند. به منظور پیاده‌سازی شبیه‌سازی سیستم‌های فازی، نوشتن برنامه‌های کامپیوتری تقریباً گریزناپذیر است، بنابراین فرض می‌شود که خواننده دارای حداقل معلوماتی در رابطه با برنامه‌نویسی کامپیوتری و شبیه‌سازی کامپیوتری سیستم‌های دینامیکی است. در این کتاب مطلب به طور انحصاری برای شبیه‌سازی‌ها به کار رفته که دلیل آن سادگی ترسیم و نیز دستکاری‌های ماتریسی برنامه‌نویسی است. در اینجا من بر روی هیچ برنامه‌ای از من نوشته شده (مثل حل کننده‌های معادله دیفرانسیل مطلب ode23، ode25 و غیره) یا جعبه ابزار (مثل جعبه ابزار فازی) تکیه نکرده‌ام. یک استثناء در این زمینه استفاده از جعبه ابزار کنترل LMI به کار رفته است. فصل ۷ به منظور حل یک نامعادله ماتریسی خطی است.

چینش کتاب حاضر

چینش این کتاب ممکن است برای برخی عجیب باشد. فصل ۵، که برخی روش‌های کنترل و مدل‌سازی غیر فازی معروف را ارائه می‌دهد، ممکن است به نظر آید که در میان فصل‌های دیگر که تنها با موضوعات فازی سر و کار دارند، جای ندارد. به همین دلیل به بنده پیشنهاد شد که مطالب فصل ۵ را یا در فصل مقدمه یا در پیوست قرار دهم. با این حال، به نظر خودم قرار گرفتن این مطالب در فصل ۵ مناسب است.

فصول ۲-۴ مفاهیم پایه‌ی منطق فازی، مجموعه‌های فازی، سیستم‌های فازی، و کنترل با سیستم‌های فازی ممدانی را پوشش می‌دهند. تمامی کنترل‌ها ارائه شده در فصل ۴ بر مبنای «دانش تخصصی» طراحی شده‌اند. طراحی آن‌ها بر مبنای هیچ مدل ریاضیاتی از سیستمی که آن‌ها کنترل می‌کنند و یا استفاده از هیچ روش کنترلی رسمی (جایابی قطب، تعقیب، ...) نیست. بنابراین، هیچ احتیاجی به مطالعه روش‌های کنترل یا مدل‌سازی ریاضیاتی برای استفاده از هر چیزی که در فصل ۴ است نمی‌باشد.

از طرف دیگر، فصول ۶ و ۷ سیستم‌های فازی تاکاگی - سوچنو (T-S) که استفاده از یک مدل مجموعه را همراه با انتخاب برخی روش‌های کنترلی رسمی ضروری می‌سازند، معرفی می‌نمایند. در نتیجه، معرفی برخی مدل‌سازی‌های استاندارد و تکنیک‌های کنترلی در میان سیستم‌های T-S و ممدانی به نظر کاری مناسب می‌رسد. من احساس کردم که قرار دادن این مطالب در فصل مقدمه یا پیوست از شانس آن‌ها برای مطالعه توسط خواننده می‌کاهد. به هر ترتیب، فصول به صورت زیر دسته‌بندی شده‌اند.

فصل ۱ مقدمه‌ای بر منطق فازی، کنترل فازی، و کنترل فازی تطبیقی است. در این فصل مفاهیم دانش تخصصی، که پایه‌ای برای بسیاری از کنترل‌های فازی است معرفی می‌نمائیم. در اینجا به طور مختصر در مورد این‌که چه زمانی روش‌های فازی می‌توانند توجیه‌پذیر باشند و چه زمانی نمی‌توانند، و نیز دلیل آن صحبت می‌نمائیم. همچنین در مورد مجموعه‌های به کار رفته در مثال‌ها به منظور نشان دادن اصول مختلف آموخته شده در این کتاب بحث می‌نمائیم: به علاوه در فصل ۱ به طور مختصر تعاریف مسائل شناسایی و کنترل ارائه شده است. سرانجام، این موضوعات به منظور بحث در مورد مفهوم کنترل فازی تطبیقی تلفیق می‌شوند.

فصل ۲ مفاهیم پایه‌ی مجموعه‌های فازی، نظیر توابع عضویت، جامعه‌ی مورد بحث، متغیرهای زبانی، مقایسه زبانی، گستره و تحدب را پوشش می‌دهد. همچنین در مورد برخی تئوری‌های مجموعه و اعمال منطقی بر روی مجموعه‌های فازی نظیر زیر مجموعه‌ی فازی، متمم مجموعه، اشتراک فازی، و ضرب کارتزیایی بررسی می‌نموده‌ایم.

در **فصل ۳** سیستم‌های فازی ممدانی که از لحاظ قدمت اولین سیستم فازی به کار رفته برای کنترل می‌باشند، مطرح شده‌اند. این فصل در مورد فرآیندهای گوناگونی که سیستم‌های فازی را تشکیل می‌دهند، شامل فازی سازی، استنتاج فازی سازی، و پایگاه قانون بحث نموده‌ایم. در این فصل ۲ نوع خیلی رایج از غیر فازی سازی را در بحث قرار داده‌ایم: مرکز ثقل و متوسط مرکز. در این فصل، همچنین مفاهیم مشخصه ورودی - خروجی یک کنترل فازی را مطرح می‌نمائیم. سرانجام، مجموعه‌ی فازی تک عضوی که در تمامی کنترلرها و شناساگرها به منظور استفاده می‌گردند، معرفی گردیده‌اند.

در **فصل ۴** در مورد کنترلر فازی حلقه بسته با سیستم‌های فازی ممدانی بحث شده است. در این فصل نشان داده شده که چگونه یک کنترلر مؤثر را می‌توان برای بسیاری از سیستم غیرخطی پیچیده با استفاده از تنها درک عمومی طراحی نمود. در ادامه نشان می‌دهیم که چگونه یک کنترلر را می‌توان به وسیله‌ی مقیاس‌بندی جامعه‌ی مورد بحث برای بهبود عملکرد تنظیم نمود. همچنین نشان خواهیم داد که چگونه کنترلرهای فازی را می‌توان برای بهبود قدرت (مجدداً بر اساس درک عمومی) بازطراحی کرد. فصل ۴ شامل یک روش تبدیل کننده‌ی کنترلر تناسبی - انتگرال گیر - مشتق‌گیر (PID) غیر فازی به یک کنترلر فازی به منظور افزایش قدرت در جهت بازطراحی است. این فصل همچنین شامل مقدمه‌ای بر کنترل فازی افزایشی است.

فصل ۵ غیر فازی است. این فصل حاوی خلاصه‌ای از برخی تکنیک‌های اصول کنترل و مدل سازی است که در بقیه‌ی این کتاب مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌باشد. در این فصل نشان داده شده است که چگونه می‌توان سیستم‌های غیر خطی زمان پیوسته که اغلب سیستم‌های زمان - حقیقی هستند را به صورت سیستم‌های فازی در چندین فرم (فرم فیدبک خطی پذیر زمان - پیوسته، فرم فضای حالت خطی زمان گسسته و زمان پیوسته، و فرم معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی زمان گسسته) مدل نمود. تمامی این فرم‌ها بعداً در این کتاب مورد استفاده قرار خواهند گرفت. همچنین در فصل ۵ برخی روش‌های مرسوم کنترلی به کار رفته در کنترل فازی، نظیر کنترل تعیین مکان قطب،

کنترل تعقیبی، کنترل مرجع مدل، و خطی پذیری فیدبک نیز بیان گردیده است. مجدداً این‌ها نیز در ادامه‌ی کتاب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فصل ۶ سیستم‌های فازی T-S را به عنوان درون‌یاب‌هایی میان توابع بدون حافظه، سیستم‌های دینامیکی زمان پیوسته و گسسته‌ی تعریف شده در فرم فضای حالت، و سیستم‌های دینامیکی ورودی - خروجی خطی زمان گسسته معرفی می‌نماید.

در **فصل ۷** کنترل توزیع شده‌ی موازی با سیستم‌های فازی T-S ارائه شده است. در این فصل مفاهیم نامعادلات ماتریسی خطی را که توسط آن‌ها پایداری برای سیستم‌های حلقه بسته‌ی شامل کنترل‌های فازی قابل اثبات است معرفی نموده‌ایم. در این فصل در این مورد بحث شده که چگونه کنترل‌های تعقیب فازی و مرجع مدل می‌توانند برای سیستم‌های غیرخطی با استفاده از کنترلرهای توزیع شده‌ی موازی تحقق یابند.

فصل ۸ در مورد آخرین توابع غیرخطی استاتیک از طریق داده‌ها با استفاده از حداقل مربعات دسته‌ای، حداقل مربعات بازگشتی، و روش‌های گرادیانی بحث شده است. معادلات به هنگام رسانی پارامتر گرادیانی، مشابه با انتشار در شبکه‌های عصبی به دست می‌آیند. در ادامه در مورد اهمیت انتخاب داده‌های ورودی مناسب برای این روش‌ها بحث می‌نمائیم.

فصل ۹ اصول بحث شده در فصل ۸ به منظور به دست آوردن مدل‌های فازی T-S مجموعه‌های دینامیکی برای استفاده‌ی آن‌ها در کنترل به بسته به کار می‌گیرد. این فصل با به دست آوردن روش مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی نامتغیر با زمان مدل‌های ریاضیاتی معروف با استفاده از سیستم‌های فازی T-S شروع می‌شود. بقیه‌ی این فصل در رابطه با شناسایی از طریق داده‌های سیستم‌های زمان پیوسته‌ی غیرخطی به صورت سیستم‌های فازی T-S به فرم خطی‌پذیری فیدبک یا معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی است.

فصل ۱۰ از اصول به دست آمده در فصل ۹ به منظور توسعه‌ی کنترلرهای فازی تطبیقی مستقیم و غیرمستقیم استفاده می‌نماید. این روش‌ها برای چندین سیستم مختلف شامل یک بازوی روباتیک با تحریرک موتور، یک سیستم توپ و تیرک، و یک گتری به کار گرفته شده‌اند.

چه چیزهایی در این کتاب پوشش داده نشده است

تمامی موضوعات پوشش داده شده در این کتاب کاملاً فنی بوده و شامل تعداد زیاد یادگیری‌های پیچیده است. گرچه این کار قطعاً ارزشمند بوده و حتی برای کسی که به مطالعه در زمینه‌ی شناسایی و کنترل فازی علاقمند است، کاملاً مناسب می‌باشد با این وجود با حذف برخی موضوعات به قدری سعی در ساده کردن موضوع داشته‌ام. به ویژه، موضوعات زیر که برای دست‌اندرکاران فازی معروف هستند، در اینجا پوشش داده نشده‌اند.

۱- روش‌های فازی سازی غیر از فازی سازی تک عضوی

فازی سازی روشی است که توسط آن کمیت‌های اندازه‌گیری شده از سیستم‌های زمان واقعی به مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شوند. بسته به اینکه چگونه کمیت‌های اندازه‌گیری قرار است تفسیر شوند، تعداد زیادی روش فازی‌سازی وجود خواهد داشت. آسان‌ترین فلسفه‌ی فازی سازی، فازی سازی تک عضوی است که در آن کمیت‌های اندازه‌گیری شده به سادگی همان‌طور که اندازه‌گیری می‌گردند دقیق فرض می‌شوند. چون اکثر فازی‌سازی‌ها در عمل از همان نوع تک عضوی هستند، این استراتژی تنها استراتژی فازی‌سازی در نظر گرفته شده در اینجا است.

۲- شکل‌ها، تابع عضویت غیر تک عضوی به جز مثلثی و گاوسی

در حالت کلی، تابع عضویت توصیف‌کننده‌ی یک مجموعه‌ی فازی باید به دقت عضویت را در مجموعه منعکس نماید. با این شکل تابع عضویت عملاً بدون محدودیت است. با این حال در عمل، تنها تعداد کمی شکل عضویت بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین از میان این شکل‌ها ما شکل‌های مثلثی و گاوسی را انتخاب نموده‌ایم (مثلثی چون امکان بخشی از واحد را دارد، و گاوسی چون در کنترل‌های تطبیقی و شبکه‌های فازی بسیار مفید است).

۳- روش‌های غیر فازی سازی غیر از مرکز ثقل و متوسط مرکز

غیرفازی‌سازی روشی است که توسط آن مجموعه‌های فازی به اعداد قطعی که قرار است به دنیای بیرون تحویل داده شود، تبدیل می‌گردند. استراتژی غیرفازی‌سازی بی‌شماری وجود دارند، اما ما در اینجا تنها دو تا از رایج‌ترین آن‌ها را انتخاب نمودیم: مرکز ثقل و متوسط مرکز.

۴- مجموعه‌های فازی ضمنی کلی (یونیورسال) برای سیستم‌های فازی

مجموعه‌های فازی ضمنی کلی برای غیر فازی سازی در اینجا چون کمالات از مجموعه‌های فازی ضمنی تکی خیلی آسان‌تر پوشش داده شده‌اند.

۵- خاصیت تقریب جامع سیستم‌های فازی

خاصیت تقریب جامع سیستم‌های فازی بیان می‌دارد که هر تابعی را می‌توان به‌وسیله‌ی یک سیستم فازی با دقتی اختیاری تقریب زد. نکته‌ی مهم این است که خاصیت مذکور استفاده از شبکه‌های فازی را برای سیستم‌های غیر خطی توجیه پذیر می‌سازد. با این حال، در خیلی از مراجع می‌توان این خاصیت را یافت و به‌نظر می‌رسد که کمی با اهداف مورد نظر برای این کتاب فاصله دارد. بنابراین از آن اجتناب شده است.

۶- روش‌های شناسایی غیر از حداقل مربعات و گرادینت

ما در این کتاب بر روی روش‌های حداقل مربعات دسته‌ای و بازگشتی (RLS) و گرادینت تمرکز کرده و از دیگر روش‌ها نظیر تصویر متعامد، میانگین حداقل مربعات، خوشه‌بندی، و تعلیم پرهیز نموده‌ایم. همچنین از روش‌هایی که به تکنیک‌های شناسایی تکانه را می‌افزایند، دوری نموده‌ایم.

پیش‌گفتار مترجمان

ما به سبب علاقه بسیار در پیرامون ما وجود دارند که آنها را به صورت روزمره در قالب عبارت‌های مختلف می‌شناسیم. به این جمله دقت کنید: «هوا خوب است». هیچ کمیتی برای خوب بودن هوا مطرح نیست. آن‌ها اندک کمتری داریم بلکه این یک حس کیفی است. در واقع مغز انسان با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف و به واسطه تفکر استنتاجی جملات را تعریف و ارزش‌گذاری می‌نماید که مدل‌سازی آن‌ها به زبان و مدل ریاضی اگر غیر ممکن نباشد کاری بسیار پیچیده خواهد بود. منطق فازی تکنولوژی جدیدی است که شیوه‌هایی را که برای طراحی و مدل‌سازی یک سیستم نیازمند ریاضیات پیچیده و پیشرفته است، مستفاد از مقادیر زبانی و دانش فرد خبره جایگزین می‌سازد.

اگر از ما پرسیده شود منطق فازی چیست باید ساده‌ترین پاسخ بر اساس شنیده‌ها این باشد که Fuzzy Logic یا Fuzzy Theory یک نوع منطق است که روش‌های نتیجه‌گیری در مغز بشر را جایگزین می‌کند. مفهوم منطق فازی توسط دکتر لطفی زاده، پروفیسور دانشگاه کالیفورنیا در برکلی، ارائه گردید و نه تنها به عنوان متدولوژی کنترل ارائه شد بلکه راهی برای پردازش داده‌ها، بر مبنای مجاز کردن عضویت گروهی کوچک به جای عضویت گروهی در یک دسته ارائه کرد. به جهت نارسا و ناپسندیده بودن قابلیت کامپیوترهای ابتدایی تا دهه ۷۰ این تئوری در سیستم‌های کنترلی به کار برده نشد.

پروفیسور لطفی زاده اینطور استدلال کرد که بشر به ورودی‌های اطلاعاتی دقیق نیازی ندارد بلکه قادر است تا کنترل تطبیقی را به صورت بالایی انجام دهد. پس اگر ما کنترل‌کننده‌های فیدبک را در سیستم‌ها طوری طراحی کنیم که بتواند داده‌های مبهم را دریافت کند، این داده‌ها می‌توانند به طور ساده‌تر و موثرتری در اجرا به کار برده شوند.

با این تعاریف منطق فازی دارای این قدرت است که در تنظیم سیستم‌ها از میکروکنترلرهای ساده و کوچک و جاسازی شده گرفته تا PC‌های چند کاناله شبکه‌شده بزرگ یا سیستم‌های کنترلی به کار برده شود. این منطق دارای قدرتی اجرایی در سخت‌افزار، نرم‌افزار یا ترکیبی از هر دوی اینهاست. در واقع منطق فازی راه ساده‌ای را برای رسیدن به یک نتیجه قطعی و معین بر پایه اطلاعات ورودی ناقص، خطادار، مبهم و دوپهلو فراهم می‌کند.

در اینجا لازم است از همه‌ی عزیزانی که ما را در مراحل مختلف چاپ و ترجمه این کتاب یاری نمودند، مخصوصاً سرکار خانم مهندس رضوان شمس و آقای مهندس احسان غریب رضا صمیمانه تشکر نماییم. اینجانبان سعی کردیم که در عین امانتداری در ترجمه، مفاهیم کتاب را حتی المقدور ساده

و روان بیان نماییم. در انتها امیدواریم کتاب حاضر مورد توجه و استفاده خوانندگان محترم قرار گیرد. اما بی‌شک چنین کتاب پر حجم و جدیدی خالی از اشکال نیست، لذا از کلیه صاحب‌نظران، اساتید و متخصصان صنعت و دانشگاه که با نظرات و پیشنهادهای خود ما را در پیراسته‌تر شدن این اثر و اصلاح چاپ‌های بعدی یاری می‌نمایند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. امید آنکه توانسته باشیم، با ترجمه این کتاب، خدمت ناچیزی را به جامعه علمی و صنعت کشور عرضه کرده باشیم.

صاحب‌نظران محترم می‌توانند نظرات خود را به ایمیل‌های زیر ارسال نمایند:

hematianmilad@yahoo.com , mjoorabian@scu.ac.ir

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل ۱ / مقدمه ۱۵

۱۶	۱-۱ سیستم های فازی
۱۷	۱-۲ دانش تخصصی
۱۸	۱-۳ ماده از کنترل فازی؛ چه موقع و چه موقع نه
۱۹	۱-۴ کنترل
۲۲	۱-۵ اتصال چندین سیستم
۲۳	۱-۶ شناسایی و کنترل فازی
۲۵	۱-۷ خلاصه

فصل ۲ / مفاهیم بنیادین مجموعه های فازی ۲۷

۲۷	۲-۱ مجموعه های فازی
۳۲	۲-۲ مفاهیم سودمند برای مجموعه های فازی
۳۳	۲-۳ برخی اعمال منطقی و مربوط به نظریه مجموعه های فازی
۳۵	۲-۴ مثال
۴۰	۲-۵ مجموعه های فازی تک عضوی
۴۱	۲-۶ خلاصه

فصل ۳ / سیستم های فازی مددانی ۴۵

۴۵	۳-۱ پایگاه قانون و قوانین اگر-آنگاه
۴۷	۳-۲ سیستم های فازی
۴۸	۳-۳ فازی سازی
۴۸	۳-۴ استنتاج
۵۰	۳-۵ غیر فازی سازی

۱۰۲	۱-۲-۵ مدل معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی برای سیستم‌های زمان - گسسته‌ی خطی
۱۰۳	۲-۲-۵ مدل‌های فضای حالت زمان گسسته‌ی نامتغیر با زمان خطی
۱۰۵	۳-۵ برخی روش‌های کنترلی رایج مفید در کنترل فازی
۱۰۵	۱-۳-۵ کنترل تعیین مکان قطب
۱۰۸	۲-۳-۵ کنترل تعقیبی
۱۰۹	۳-۳-۵ کنترل مرجع مدل
۱۱۱	۴-۳-۵ خطی‌سازی فیدبک
۱۱۳	۴-۵ خلاصه

فصل ۶ / سه‌های فازی تاکاگی - سوجنو ۱۱۷

۱۱۸	۱-۶ سیستم‌های فازی تاکاگی - سوجنو به عنوان درونیاب میان توابع بدون حافظه
	۲-۶ سیستم‌های فازی تاکاگی - سوجنو به عنوان درونیاب میان سیستم‌های دینامیکی
۱۲۲	فضای حالت خطی و پیوسته
	۳-۶ سیستم‌های فازی تاکاگی - سوجنو به عنوان درونیاب میان سیستم‌های دینامیکی
۱۲۶	فضای حالت خطی زمان گسسته
	۴-۶ سیستم‌های فازی تاکاگی - سوجنو به عنوان درونیاب میان سیستم‌های دینامیکی
۱۲۹	زمان گسسته‌ی توصیف شده توسط معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی
۱۳۱	۵-۶ خلاصه

فصل ۷ / کنترل توزیع شده‌ی موازی با سیستم‌های فازی تاکاگی - سوجنو ۱۳۹

۱۴۰	۱-۷ سیستم‌های زمان پیوسته
۱۴۳	۲-۷ سیستم‌های زمان - گسسته
۱۴۶	۳-۷ کنترل تعقیبی توزیع شده‌ی موازی
۱۴۹	۴-۷ کنترل مرجع مدل توزیع شده‌ی موازی
۱۵۲	۵-۷ خلاصه

فصل ۸ / تخمین توابع غیرخطی استاتیک از طریق داده ۱۵۵

۱۵۶	۱-۸ تخمین حداقل مربعات
۱۵۶	۱-۱-۸ حداقل مربعات دسته‌ای
۱۵۸	۲-۱-۸ حداقل مربعات بازگشتی

۱۵۹	۲-۸ تخمین فازی حداقل مربعات دسته‌ای در فرم ممدانی
۱۶۸	۳-۸ تخمین فازی حداقل مربعات بازگشتی در فرم ممدانی
۱۷۱	۴-۸ تخمین فازی حداقل مربعات در فرم تاکاگی - سوچنو
۱۷۲	۵-۸ تخمین فازی گرادیانی در فرم ممدانی
۱۸۲	۶-۸ تخمین فازی گرادیانی در فرم تاکاگی - سوچنو
۱۸۴	۷-۸ خلاصه

فصل ۹ / مدل‌سازی مجموعه‌های دینامیکی به صورت سیستم‌های فازی ۱۸۷

۱۸۸	۱-۹ مدل‌سازی مجموعه‌های شناخته شده به صورت سیستم‌های فازی T-S
۱۹۳	۲-۹ شناسایی در فرم معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی
۱۹۴	۱-۲-۹ شناسایی حداقل مربعات دسته‌ای در فرم معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی
۱۹۹	۲-۲-۹ شناسایی حداقل مربعات بازگشتی در فرم معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی
۲۰۱	۳-۲-۹ شناسایی گرادیانی در فرم معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی
۲۰۳	۳-۹ شناسایی در فرم کمپتون
۲۰۳	۱-۳-۹ شناسایی حداقل مربعات در فرم کمپتون
۲۰۵	۲-۳-۹ شناسایی گرادیانی در فرم کمپتون
۲۰۸	۴-۹ خلاصه

فصل ۱۰ / کنترل فازی تطبیقی ۲۱۱

۲۱۲	۱-۱۰ کنترل تعقیبی فازی تطبیقی مستقیم
۲۱۶	۲-۱۰ کنترل مرجع مدل فازی تطبیقی مستقیم
۲۱۷	۳-۱۰ کنترل تعقیبی فازی تطبیقی غیرمستقیم
۲۲۲	۴-۱۰ کنترل مرجع مدل فازی تطبیقی غیرمستقیم
۲۲۸	۵-۱۰ کنترل خطی سازی فیدبک تطبیقی
۲۳۲	۶-۱۰ خلاصه

۲۳۵ واژه‌نامه و پیوست (برنامه‌های کامپیوتری)

۲۷۹ مراجع