

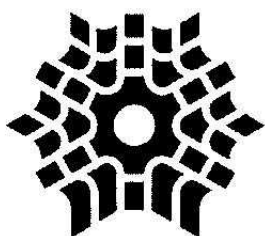
اصول کنترل فازی

با رویکرد عملی

مترجمان:

مرضی علی اصغری

حسین عباسزاده هارکی



انتشارات دانشگاه صنعتی ارومیه



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه : یانتسن، یان Jantzen, Jan

عنوان و نام پدیدآور : اصول کنترل فازی با رویکرد عملی؛ [یانتسن، یان]؛ مترجمان مرتضی علی اصغری،

حسین عباسزاده مبارکی.

مشخصات نشر : ارومیه: دانشگاه صنعتی ارومیه، ۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری : ۳۸۴ ص: جدول، نمودار.

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۷۷-۷-۳

وضعیت فهرست نویسی : فیا

یادداشت : عنوان اصلی: Foundations of fuzzy control : a practical approach, Second edition, c 2013.

یادداشت : کتابنامه: ص. ۳۶۱ - ۳۶۷.

موضوع : مهندسی کنترل

موضوع : Automatic control

موضوع : سیستم های فازی

موضوع : Fuzzy systems

موضوع : ماشین های و دکر فازی

موضوع : Fuzzy automata

شناسه افزوده : علی اصغری، مرتضی - ۱۳۷۸ - ترجم

شناسه افزوده : عباسزاده مبارکی، حسین - ۱۳۷۵ - ترجم

شناسه افزوده : دانشگاه صنعتی ارومیه

رده بندی کنگره : TJ۲۱۳

رده بندی دیویی : ۶۲۹/۸۳۱۲

شماره کتابشناسی ملی : ۵۶۷۷۱۵۲

کلیه حقوق نشر و فروش برای انتشارات دانشگاه صنعتی ارومیه محفوظ است.



انتشارات دانشگاه صنعتی ارومیه

نوبت و تاریخ چاپ: نوبت اول - بهار ۱۳۹۸

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی ارومیه

شمارگان: ۵۰۰ جلد

بهای کتاب: ۴۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۷۷-۷-۳

طرح روی جلد: پوریا جنوبی

لیتوگرافی/چاپ و صحافی: چاپ دیجیتال میعاد

آدرس مؤسسه: ارومیه، خیابان آیت الله مدنی ۲، نرسیده به مسجد ابوطالب، انتشارات دانشگاه صنعتی ارومیه،

صندوق پستی: ۴۹-۵۷۱۵۵، تلفن: ۰۴۴۳۱۹۸۰۲۵۱، نمابر: ۰۴۴۳۱۹۸۰۲۵۱، آدرس ایمیل: press@uut.ac.ir

فهرست مطالب

۱	مقدمه.....
۲	۱-۱ کنترل فازی چیست؟.....
۴	۲-۱ چرا کنترل فازی؟.....
۵	۳-۱ احیای کنترل کننده.....
۵	۱-۱ مثال مقدماتی: متوقف کردن یک خودرو.....
۱۳	۵-۱ سیستم های کنترل غیر خطی.....
۱۷	۶-۱ خلاصه.....
۱۷	۷-۱ شبیه ساز راننده خودکار.....
۲۱	۲ استدلال فازی.....
۲۲	۱-۲ مجموعه های فازی.....
۲۳	۱-۱-۲ مجموعه های کلاسیک.....
۲۵	۲-۱-۲ مجموعه های فازی.....
۲۸	۳-۱-۲ مجموعه مرجع.....
۲۹	۴-۱-۲ تابع عضویت.....
۳۱	۵-۱-۲ امکان پذیری.....
۳۳	۲-۲ عملیات مجموعه های فازی.....
۳۴	۱-۲-۲ اجتماع، اشتراک و مکمل.....
۳۷	۲-۲-۲ متغیرهای زبانی.....
۴۰	۳-۲-۲ روابط.....
۴۵	۳-۲ قواعد اگر - آنگاه فازی.....

۴۷	۱-۳-۲ چندین قاعده.....
۴۹	۴-۲ منطق فازی.....
۴۹	۱-۴-۲ مقادیر درستی.....
۵۰	۲-۴-۲ رابط‌های کلاسیک.....
۵۴	۳-۴-۲ رابط‌های فازی.....
۵۸	۴-۲ ۱ نم‌های مثالی.....
۶۱	۵-۲ ذخیره.....
۶۱	۶-۲ منطق فازی نظری.....
۶۲	۱-۶-۲ تاتولوژی.....
۶۳	۲-۶-۲ استلزام فازی.....
۶۹	۳-۶-۲ قواعد استنتاج.....
۷۳	۴-۶-۲ مودس پوننس تعمیم یافته.....
۷۷	۳ کنترل فازی.....
۷۸	۱-۳ کنترل کننده بر اساس قاعده.....
۷۹	۱-۱-۳ بلوک پایگاه قاعده.....
۸۱	۲-۱-۳ بلوک موتور استنتاج.....
۸۵	۲-۳ کنترل کننده سوگنو.....
۸۹	۳-۳ مثال راننده خودکار: چهار قانون.....
۹۱	۴-۳ کنترل کننده بر اساس جدول.....
۹۶	۵-۳ کنترل کننده فازی خطی.....
۹۸	۶-۳ خلاصه.....
۹۹	۷-۳ عناصر دیگر کنترل کننده*.....

- ۹۹ ۳-۷-۱ عناصر کنترل کننده.....
- ۱۰۸ ۳-۸ انواع کنترل کننده ها.....
- ۱۰۹ ۳-۸-۱ کنترل کننده ممدانی.....
- ۱۱۱ ۳-۸-۲ کنترل کننده FLS.....
- ۱۱۲ ۳-۹ ساده سازی تحلیلی استنتاج*.....
- ۱۱۳ ۳-۱-۱ چهار قاعده.....
- ۱۱۴ ۳-۹-۲ قاعده.....
- ۱۱۷ ۴ کنترل PID فرایند.....
- ۱۲۱ ۴-۱ کنترل کننده P فازی.....
- ۱۲۳ ۴-۲ کنترل کننده PD فازی.....
- ۱۲۵ ۴-۳ کنترل کننده PD+I فازی.....
- ۱۲۷ ۴-۴ کنترل کننده افزایشی فازی.....
- ۱۲۹ ۴-۵ تنظیم کردن.....
- ۱۳۰ ۴-۵-۱ تنظیم زیگلر- نیکولز.....
- ۱۳۳ ۴-۵-۲ تنظیم دستی.....
- ۱۳۷ ۴-۵-۳ مقیاس گیری.....
- ۱۳۸ ۴-۶ مثال شبیه سازی: فرایند مرتبه سوم.....
- ۱۴۰ ۴-۷ مثال راننده خودکار: تعادل پایدار.....
- ۱۴۲ ۴-۷-۱ نتایج.....
- ۱۴۳ ۴-۸ خلاصه.....
- ۱۴۴ ۴-۹ تیزی های مشتق و وینداپ انتگرال.....
- ۱۴۴ ۴-۹-۱ وزن دهی مقدار تعیین شده.....

- ۴-۹-۲ مشتق فیلتر شده..... ۱۴۵
- ۴-۹-۳ آنتی وینداپ..... ۱۴۶
- ۴-۱۰-۱۰ شکل دادن حلقه PID*..... ۱۴۷
- ۵ کنترل PID فازای غیرخطی..... ۱۵۳
- ۵-۱ عناصر غیرخطی..... ۱۵۴
- ۵-۲ نمدهای فاز..... ۱۵۶
- ۵-۳ چهار سطح کنترل استاندارد..... ۱۵۹
- ۵-۴ تنظیم دقیق..... ۱۶۲
- ۵-۴-۱ اشباع در مجموعه..... ۱۶۴
- ۵-۴-۲ سیکل محدود..... ۱۶۵
- ۵-۴-۳ کوآنتیزه کردن..... ۱۶۵
- ۵-۴-۴ اغتشاش..... ۱۶۶
- ۵-۵ مثال: وسیله نقلیه بدون اصطکاک ناپایدار..... ۱۶۶
- ۵-۶ مثال: جبران ساز شیر غیرخطی..... ۱۷۱
- ۵-۷ مثال: محرک موتور با محدودیت..... ۱۷۴
- ۵-۸ مثال راننده خودکار: تنظیم بار جرم..... ۱۷۵
- ۵-۹ خلاصه..... ۱۷۹
- ۵-۱۰ تحلیل صفحه فاز*..... ۱۷۹
- ۵-۱۰-۱ مسیر در صفحه فاز..... ۱۸۰
- ۵-۱۰-۲ نقطه تعادل..... ۱۸۱
- ۵-۱۰-۳ پایداری..... ۱۸۲
- ۵-۱۱ تفسیر هندسی کنترل کننده PD*..... ۱۸۵

- ۱۱۱-۱ خط سوئیچینگ..... ۱۸۸
- ۱۱۱-۲ پایگاه قاعده برای سوئیچینگ..... ۱۹۲
- ۶ کنترل کننده خودسازمانده..... ۱۹۷
- ۱-۶ سیستم‌های تطبیقی مدل مرجع..... ۱۹۸
- ۲-۶ کنترل کننده خودسازمانده اصلی..... ۲۰۰
- ۱-۱-۶ قانون تطبیق..... ۲۰۱
- ۱-۶ کنترل کننده خودسازمانده تصحیح شده..... ۲۰۴
- ۴-۶ مثالی از زمان مرده طولانی..... ۲۰۶
- ۱-۴-۶ تنظیم دادن..... ۲۰۶
- ۲-۴-۶ تطبیق..... ۲۰۷
- ۳-۴-۶ عملکرد..... ۲۰۹
- ۵-۶ تنظیم و وقفه زمانی..... ۲۱۱
- ۱-۵-۶ تنظیم پارامترهای کنترل کننده خودسازمانده..... ۲۱۱
- ۲-۵-۶ وقفه زمانی..... ۲۱۲
- ۶-۶ خلاصه..... ۲۱۳
- ۷-۶ مثال: کنترل تطبیقی یک فرایند مرتبه اول*..... ۲۱۴
- ۱-۷-۶ قانون MIT..... ۲۱۵
- ۲-۷-۶ انتخاب قانون کنترل..... ۲۱۶
- ۳-۷-۶ انتخاب قانون تطبیق..... ۲۱۷
- ۴-۷-۶ همگرایی..... ۲۱۸
- ۸-۶ استنتاج تحلیلی قانون تطبیق کنترل کننده خودسازمانده*..... ۲۱۹
- ۱-۸-۶ مدل مرجع..... ۲۱۹

- ۲۲۰..... ۶-۸-۲ سازوکار تطبیق
- ۲۲۴..... ۶-۸-۳ کنترل کننده فازی
- ۲۲۹..... ۷ کنترل تنظیم بهره فازی
- ۲۳۰..... ۷-۱ طراحی های نقطه و درونیابی
- ۲۳۲..... ۷-۲ تنظیم بهره فازی
- ۲۳۵..... ۷-۳ طرح جبران ساز فازی
- ۲۴۲..... ۷-۴ مثال راننده خودرو کار: توقف روی قله
- ۲۴۵..... ۷-۵ خلاصه
- ۲۴۶..... ۷-۶ مطالعه موردی: کنترل کننده FIS^*
- ۲۴۶..... ۷-۶-۱ کنترل کوره سیمان
- ۲۴۹..... ۷-۶-۲ کنترل فازی سطح بالا
- ۲۵۲..... ۷-۶-۳ رویه طراحی FLS
- ۲۵۵..... ۸ مدل های فازی
- ۲۵۶..... ۸-۱ ساختار تابع پایه
- ۲۶۰..... ۸-۲ مدل های دست ساز
- ۲۶۰..... ۸-۲-۱ تقریب یک منحنی
- ۲۶۶..... ۸-۲-۲ تقریب یک سطح
- ۲۷۱..... ۸-۳ مدل های ساخته شده توسط ماشین
- ۲۷۱..... ۸-۳-۱ برازش خط حداقل مربعات
- ۲۷۴..... ۸-۳-۲ برازش تابع پایه حداقل مربعات
- ۲۷۸..... ۸-۴ تحلیل خوشه
- ۲۷۸..... ۸-۴-۱ فاصله ماهالانوبیس

۲۸۳.....	۸-۴-۲ خوشه‌های سخت، الگوریتم HCM
۲۸۷.....	۸-۴-۳ خوشه‌های فازی، الگوریتم FCM
۲۹۱.....	۸-۵ آموزش و آزمایش
۲۹۶.....	۸-۶ خلاصه
۲۹۷.....	۸-۷ مدل‌های شبکه عصبی *
۲۹۷.....	۸-۱-۱ شبکه‌های عصبی
۲۹۹.....	۸-۷-۲ الگه - گرادینان نزولی
۳۰۶.....	۸-۷-۳ دسته‌بندی - استنتاج فازی - عصبی تطبیقی
۳۱۱.....	۹ مثال‌های نمونه
۳۱۲.....	۹-۱ آب گرمکن
۳۱۳.....	۹-۱-۱ نصب سوئیچ تایمر (زمان سنج)
۳۱۵.....	۹-۱-۲ کنترل کننده P فازی
۳۱۸.....	۹-۲ کنترل دما در راکتور مخزن
۳۱۹.....	۹-۲-۱ مدل CSTR
۳۲۲.....	۹-۲-۲ نتایج و بحث
۳۲۵.....	۹-۳ کنترل دور موتور خلاص در خودرو
۳۲۵.....	۹-۳-۱ مدل موتور
۳۲۷.....	۹-۳-۲ نتایج و بحث
۳۳۱.....	۹-۴ تعادل توپ بر روی یک گاری
۳۳۳.....	۹-۴-۱ مدل ریاضی
۳۳۸.....	۹-۴-۲ گام اول: طراحی کنترل کننده PD قطعی
۳۴۱.....	۹-۴-۳ گام دوم: جایگزینی آن با فازی خطی

- ۳۴۲ ۴-۴-۹ گام سوم: غیر خطی سازی
- ۳۴۳ ۵-۴-۹ گام چهارم: تنظیم مناسب
- ۳۴۴ ۵-۹ مدل دینامیکی فرایند مرتبه اول با غیر خطی
- ۳۴۵ ۱-۵-۹ مدل تحت نظارت
- ۳۴۷ ۲-۵-۹ شناسایی نیمه اتوماتیک با HCM اصلاح شده
- ۳۵۱ ۶-۹ خلاصه
- ۳۵۱ ۷-۹ ادامه تحلیل فضا حالت برای سیستم گاری- توپ *
- ۳۵۸ ۱-۷-۹ معادلات غیر خط

پیشگفتار

از آنجا که هدف اصول کنترل فازی توضیح نحوه عملکرد کنترل کننده‌های فازی است، بهتر است ابتدا نگاهی به تاریخچه آن داشته باشیم.

قبل از دهه ۱۹۶۰، اپراتور کوره سیمان با نگاه به انتهای داغ آن، منطقه گداخت و تماشای دودی که از دودکش خارج می‌شد، یک کوره سیمان را کنترل می‌کرد. اپراتور از شیشه‌ای آبی رنگ برای محافظت از چشمش استفاده نموده و نسبت سوخت به هوا را برای دستیابی به عملکرد ثابت کوره کنترل می‌کرد.

در دهه ۱۹۶۰، ابتدا حرکت در صنعت سیمان معرفی شد. کنترل کننده‌های PID به طور عمده برای تغذیه یکنواخت سود خور و سوخت نصب شدند. کامپیوترها برای نظارت و کنترل فرایند در صنعت سیمان در اواخر دهه ۱۹۶۰ معرفی شدند.

در دهه ۱۹۷۰، طی یک کار تجربی استراتژی کنترل سوخت به عنوان یک جدول تصمیم^۱ دو بعدی با یک سیگنال خطا و تغییر در خازن‌های ورودی برنامه‌ریزی گردید.

اولین بار در چهارمین کنفرانس بین المللی IFAC/IFI^۲ با عنوان کاربردهای کامپیوتر دیجیتال در کنترل فرایند، که سال ۱۹۷۴ در زوریخ سوئیس برگزار شد، مطالبی در مورد منطق فازی ارائه گردید. ممدانی و اسلین در ضمیمه مقاله‌ای با موضوع کنترل کننده‌های یادگیرنده، منطق فازی را به عنوان یک رویکرد جایگزین برای کنترل کننده‌های انسانی پیشنهاد کردند.

در دانشکده فنی دانمارک کار آزمایشی انجام شد. مفاهیم نظری در رابطه با کنترل فرایند عمدتاً از مقالات نوشته شده توسط لطفی زاده و ممدانی بدست آمدند و آزمایش‌های کنترل فرایند در مقیاس آزمایشگاهی، مانند مبدل حرارتی کوچک، انجام شدند.

رویکرد مبتنی بر قاعده که اساس جداول تصمیم را مشخص می‌کند، از دستورالعمل‌هایی که در کتابچه راهنمای کاربران کوره‌های سیمان بود، الهام گرفته شده‌اند. این کتابچه حاوی ۲۷ قاعده اساسی برای عملیات دستی در کوره سیمان بود.

در ابتدای سال ۱۹۷۸، اولین آزمایش‌ها با استفاده از یک کوره واقعی سیمان در کارخانه سیمان FL Smidth در دانمارک انجام شد. در این مرحله، به دلیل نام عجیب «فازی» نگرش مدیریت

^۱ Decision table

نسبت به آن شکاکانه بود. اسامی دیگری پیشنهاد شدند، اما در نهایت با درک فزاینده‌ای از این مفهوم، تصمیم گرفته شد که کلمه فازی باقی بماند، تصمیمی که پس از آن هرگز پشیمان نشدند.

در سال ۱۹۸۰ FL Smidth، اولین سیستم کامپیوتری تجاری بر اساس منطق فازی را برای کنترل کوره اتوماتیک راه‌اندازی کرد. تا به امروز، صدها کوره، کارخانه و فرایندهای دیگر با کنترل فازی پیشرفته توسط FL Smidth و سایر تامین کنندگان سیستم‌های مشابه مجهز شده‌اند.

جنز یورگن آستارگارد^۱
کپنهاگ