

تشریح کامل مسائل کتاب سیستم‌های فازی و کنترل فازی

نوشته لی وانگ - ترجمه دکتر محمد تشنه‌لب



مؤلفین:

غلامرضا نظم‌آراء
سید محمد احمدی
نفیسه واعظی

نظم‌آراء، غلامرضا، ۱۳۶۴ -
تشریح کامل مسائل کتاب سیستم‌های فازی و کنترل فازی / مولفین غلامرضا نظم‌آراء، سیدمحمد
دی،

سرشناسه:
عنوان و نام پدیدآور:

احم

نقیسه واعظی،
تهران: پارسیا، ۱۳۹۶.
۳۸۸ ص: مصور(رنگی)، جدول، نمودار(رنگی).
۹۷۸-۰۶۰-۰۱۰-۷۰۱-۹۹-۰.

مشخصات نشر:
مشخصات ظاهری:
شابک:
وضعیت فهرست نویسی:

فیبا
مهندسی کنترل -- مسائل، تمرین‌ها و غیره
Automatic control -- Problems, exercises, etc
سیستم‌های فازی -- مسائل، تمرین‌ها و غیره
Fuzzy systems -- Problems, exercises, etc
مهندسی کنترل -- راهنمای آموزشی
Automatic control -- Study and teaching
سیستم‌های فازی -- راهنمای آموزشی
Fuzzy systems -- Study and teaching

موضوع:
موضوع:
موضوع:
موضوع:
موضوع:
موضوع:
موضوع:

احمدی، سیدمحمد، ۱۳۶۵ -

شناسه افزوده:

فخر واعظی، نقیسه، ۱۳۶۳ -

شناسه افزوده:

۱۳۹۶ ۵ت/۸/۲۱۳۲J

رده بندی کنگره:

۸۰۷۶/۶۲۹

رده بندی دیویی:

۴۸۸۷۶۵

شماره کتابشناسی ملی:

تشریح کامل مسائل کتاب
سیستم‌های فازی و کنترل فازی

مؤلفین: غلامرضا نظم‌آراء، سید محمد احمدی، نقیسه واعظی

پارسیا
انتشارات پارسیا

ناشر: پارسیا

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۶

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۱-۹۹-۰

قیمت: ۲۷۰۰۰ تومان

مرکز پخش:

تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸،
طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱ www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب
سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر پارسیا می‌باشد. لذا هر گونه
استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن،
عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی،
دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر پارسیا
منوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفی تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

.....	مقدمه
۷.....	فصل اول: مقدمه‌ای بر فازی
۱۵.....	فصل دوم: مجموعه‌های فازی و عملیات اساسی بر روی مجموعه‌های فازی
۵۷.....	فصل سوم: عملیات دیگر بر روی مجموعه‌های فازی
۸۴.....	فصل چهارم: روابط فازی و اصل توسعه
۱۰۲.....	فصل پنجم: متغیرهای زبانی و قواعد اگر-آنگاه فازی
۱۱۸.....	فصل ششم: منطق فازی و استدلال تقریبی
۱۴۵.....	فصل هفتم: پایگاه قواعد فازی و موتور استنتاج فازی
۱۷۱.....	فصل هشتم: فازی‌سازها و غیرفازی‌سازها
۱۹۳.....	فصل نهم: سیستم‌های فازی به عنوان نگاشته‌های غیرخطی
۲۱۴.....	فصل دهم: خواص تقریب سیستم‌های فازی I
۲۴۶.....	فصل یازدهم: خواص تقریب سیستم‌های فازی II
۲۸۰.....	فصل دوازدهم: طراحی سیستم‌های فازی با بهره‌گیری از طرح جدول جستجو
۳۲۶.....	فصل سیزدهم: طراحی سیستم‌های فازی با بهره‌گیری از آموزش گرادیان نزولی
۳۴۶.....	فصل چهاردهم: طراحی سیستم‌های فازی با بهره‌گیری از الگوریتم کمترین مربعات بازگشتی
۳۶۵.....	فصل پانزدهم: طراحی سیستم‌های فازی با بهره‌گیری از خوشه‌سازی
۳۸۵.....	مراجع

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر پارسیا است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر پارسیا ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر پارسیا به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر پارسیا را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هر گونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، آفست از کتب انتشارات پارسیا نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،

از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.

انتشارات پارسیا از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را با از طریق تلفن‌های انتشارات پارسیا به شماره‌های ۲-۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات پارسیا نیز هدیه دریافت نمایند.

سیاس خداوند سبحان را که توفیقی عطا فرمود تا با نگارش این اثر، خدمت ناچیزی به محضر علاقمندان و دوستان گرامی عرضه گردد. در این نوشتار، سعی شده است که حل تشریحی سوالات و پروژه‌ها به گونه‌ای ارائه گردد که تا حد ممکن برای دانشجویان و خوانندگان عزیز، حضور در یک کلاس پر نشاط درس تداومی شود. این اثر، در پانزده فصل و مطابق با سرفصل‌های زیر تدوین شده است. در فصل اول تا یازدهم این کتاب، حل تشریحی تمامی تمرین‌های آخر فصل‌های اول تا یازدهم مرجع [۱۱] و [۳۳] آورده شده است و تا آنجا که میسر بوده تلاش شده که برای درک بهتر پاسخ تشریحی؛ چنانچه تمرینی قابلیت حل توسط محیط برنامه نویسی متلب را داشته و از طرفی این نیاز احساس می‌شد، برنامه‌نویسی در جدولی مجزا به حل سوال اضافه شود. در فصل دوازدهم، طراحی سیستم فازی با بکارگیری جدول جستجو برای دو مثال کاربردی کنترل حرکت رو به عقب کامیون برای بارگیری و پیشگویی سری زمانی مکی-گلاس شرح داده می‌شود. در فصل سیزدهم، ضمن آشنا شدن با مفهوم گرادین نزولی، کاربرد طراحی سیستم فازی با استفاده از روش آموزش گرادین نزولی در شناسایی نمونه‌هایی از سیستم‌های دینامیکی غیرخطی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در فصل چهاردهم، به تشریح طراحی سیستم فازی با استفاده از روش کمترین مربعات بازگشتی می‌پردازیم و کاربرد این روش را در شناسایی سیستم‌های دینامیکی غیرخطی نشان خواهیم داد. در نهایت در فصل پانزدهم، طراحی سیستم‌های فازی با بهره‌گیری از خوشه‌سازی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بیان این نکته ضروری است که تمامی پروژه‌های فصل‌های دوازدهم تا پانزدهم این کتاب، توسط محیط برنامه نویسی متلب انجام شده است و دانشجویان و محققان عزیز می‌توانند در جداول مجزا در هر فصل، این برنامه‌ها را مشاهده کنند.

در تالیف این اثر سعی شده است که خواننده با مطالعه فصل‌ها، گام به گام با برنامه نویسی فازی در نرم افزار متلب آشنا شود به گونه‌ای که همانند حضور در یک کارگاه برنامه نویسی سیستم‌های فازی، قابلیت تحلیل عمیق مطالب برای او فراهم شود و در نهایت از مطالعه کتاب لذت ببرد.

علی‌رغم کوشش و اهتمام فراوان نگارندگان در تصحیح و بازبینی این نوشتار، وجود کاستی و نقصان در محتوای این اثر امریست اجتناب‌ناپذیر که امید است با ارسال نظرات، پیشنهادات و رهنمودهای ارزشمندتان به آدرس الکترونیکی انتشارات پارسیا ما را یاری فرمائید.

در پایان لازم می‌دانیم مراتب سپاس و قدردانی خود را به محضر اساتید محترم جناب آقای پروفیسور محمد مهدی فاتح و جناب آقای دکتر علی مالکی که بی‌شک آشنایی با الفبای منطق فازی و کنترل فازی را موهبت زحمات بی‌دریغ این اساتید بزرگوار هستیم، تقدیم نمائیم. همچنین از استاد ارجمند جناب آقای پروفیسور محمد تشنه لب و همکارانشان که با ترجمه روان کتاب مرجع سیستم‌های فازی و کنترل فازی به زبان فارسی که یکی از مراجع اصلی در اکثر دانشگاه‌های ایران می‌باشد و سال‌های متمادی به پیشبرد علم فازی در محیط‌های آکادمیک کمک شایانی کرده، تشکر و قدردانی می‌کنیم. همچنین از جناب آقای مهندس سید مصطفی احمدی که در پیشبرد تالیف این کتاب همیار ما بودند، تشکر و سپاسگزاری می‌کنیم.

غلامرضا نظم آراء - (کارشناس رباتیک از دانشگاه صنعتی شاهرود و کارشناس ارشد رشته برق گرایش کنترل از دانشگاه صنعتی شاهرود)

سید محمد احمدی - (کارشناس مکانیک در طراحی جامدات از دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، کارشناس ارشد رشته مکانیک گرایش مکترونیک از دانشگاه صنعتی شاهرود و دانش پژوه دکتری رشته برق گرایش کنترل از دانشگاه صنعتی شاهرود)

نقیسه واعظی - (کارشناس رباتیک از دانشگاه صنعتی شاهرود و کارشناس ارشد رشته مهندسی پزشکی گرایش بیوالکترونیک از دانشگاه سمنان)

نشر پارسیا ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

باین‌وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات پارسیا، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات پارسیا ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر پارسیا، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر پارسیا و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

فصل اول

مقدمه‌ای بر فازی

۱-۱- ماشین لباسشویی فازی یک سیستم حلقه باز است یا حلقه بسته؟ سیستم کنترل کوره سیمان چطور؟ پاسخ خود را شرح دهید.

الف) ماشین شستشوی فازی

بلوک دیاگرام سیستم حلقه باز کنترل فازی ماشین لباسشویی در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۱) سیستم کنترل فازی ماشین لباسشویی

ماشین لباسشویی فازی یک سیستم حلقه باز می‌باشد. برای مثال، قبل از شروع فرآیند شستشو، سه ورودی اندازه‌گیری شده به نام‌های (۱) نوع کثیفی (۲) مقدار اندازه‌گیری شده کثیفی (۳) حجم لباس به سیستم فازی وارد می‌شوند. برای تعیین نوع کثیفی لباس (لباس گل آلود است یا چرب؟) و مقدار کثیفی از سنسورهای نوری استفاده می‌شود. به این صورت که اگر نور دریافتی حسگر سرعت کاهش پیدا کند در این صورت لباس گل آلود می‌باشد به این دلیل که گل در آب سریع تر از روغن حل می‌شود. در مقابل اگر نور دریافتی حسگر افزایش یابد به این معناست که لباس چرب می‌باشد زیرا روغن کندتر در آب حل می‌شود. همچنین با اندازه‌گیری نور ساطع شده و عبور کرده از آب توسط حسگر نوری، مقدار کثیفی لباس‌ها را نیز می‌توان تعیین کرد. بعلاوه ماشین لباسشویی برای اندازه‌گیری حجم لباس دارای حسگر بار می‌باشد [۳۳، ۱۱]. بنابراین سیستم فازی با تجزیه و تحلیل بر روی این سه متغیرهای ورودی، ورودی مورد نیاز فرآیند (خروجی سیستم فازی) که تعداد دور ماشین لباسشویی

می‌باشد را مشخص می‌کند. برای مثال فرض کنیم ۶ قاعده اگر - آنگاه فازی برای سیستم فازی فوق را بصورت زیر پیشنهاد دهیم:

قاعده ۱) اگر کثیفی از نوع گِل است و میزان کثیفی زیاد است و حجم لباس زیاد است آنگاه تعداد دور ماشین زیاد باشد.

قاعده ۲) اگر کثیفی از نوع گِل است و میزان کثیفی زیاد است و حجم لباس کم است آنگاه تعداد دور ماشین متوسط باشد.

قاعده ۳) اگر کثیفی از نوع گِل است و میزان کثیفی کم است و حجم لباس کم است آنگاه تعداد دور ماشین کم باشد.

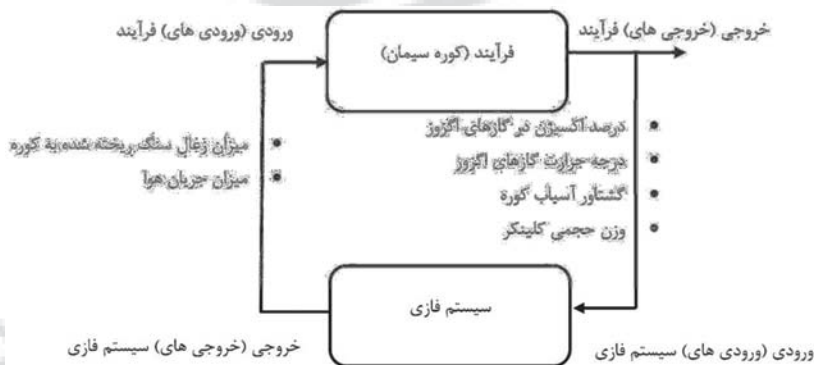
قاعده ۴) اگر کثیفی از نوع روغن است و میزان کثیفی زیاد است و حجم لباس زیاد است آنگاه تعداد دور ماشین بسیار زیاد باشد.

قاعده ۵) اگر کثیفی از نوع روغن است و میزان کثیفی زیاد است و حجم لباس کم است آنگاه تعداد دور ماشین زیاد باشد.

قاعده ۶) اگر کثیفی از نوع روغن است و میزان کثیفی کم است و حجم لباس کم است آنگاه تعداد دور ماشین متوسط باشد.

ب) سیستم کوره سیمان

بلوک دیاگرام حلقه بسته کنترل فازی سیستم کوره سیمان در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.



شکل ۱-۲) سیستم کنترل فازی کوره سیمان

سیستم کوره سیمان بصورت حلقه بسته کار می‌کند، زیرا در این سیستم، خروجی (خروجی‌های) فرآیند مرتباً اندازه‌گیری شده و به عنوان ورودی (ورودی‌ها) به سیستم فازی وارد می‌شود. سپس سیستم فازی بر روی این متغیرهای ورودی، پردازش‌های لازم را انجام می‌دهد و خروجی

(خروجی‌های) سیستم فازی به فرآیند وارد می‌شود تا فرآیند مطابق فرمان‌های فازی کار کند. در این مثال چهار خروجی از فرآیند به نام‌های (۱) درصد اکسیژن در گازهای آگروز (۲) درجه حرارت گازهای آگروز (۳) گشتاور آسیاب کوره (۴) وزن حجمی کلینکر می‌توانند اندازه‌گیری شوند. این خروجی‌ها به عنوان ورودی به سیستم فازی وارد می‌شوند تا سیستم فازی با محاسبات خود ورودی‌های فرآیند از قبیل (۱) میزان زغال سنگ ریخته شده به کوره و (۲) میزان جریان هوا را تعیین کند [۳۳، ۱۱].

۲-۱- شش کاربرد تئوری فازی را در زمینه مسائل عملی بیان کنید. مراجعی که هر یک از این کاربردها را پیدا کرده‌اید، ذکر نمایید.

کاربرد اول) استفاده از فازی در سیستم‌های تهویه مطبوع [۱-۲]

برخلاف سیستم‌های قدیمی تهویه هوا که از مکانیزم ساده روشن/خاموش برای کنترل دما استفاده می‌کنند؛ سیستم‌های تهویه مطبوع به طور همزمان دما و رطوبت محیط را کنترل کرده و هوا را نیز تصفیه می‌کنند. در سیستم‌های تهویه مرسوم هنگامی که دمای محل موردنظر از یک مقدار معینی کاهش پیدا کند، گرماساز دستگاه تهویه روشن می‌شود و زمانی که از یک حد مشخص دما افزایش یابد، سرماساز دستگاه برای خنک کردن محیط، روشن می‌شود. اما استفاده از سیستم فازی در سیستم‌های تهویه مطبوع دمای مطبوع‌تر و دلپذیرتری را برای افراد فراهم می‌کند. برای مثال فرض کنیم ورودی‌های سیستم فازی (۱) دمای محیط (۲) رطوبت هوای محیط باشد و خروجی‌های سیستم فازی نیز (۱) سرعت فن دستگاه (۲) میزان رطوبت تولیدی دستگاه باشد.

کاربرد دوم) استفاده از سیستم فازی در تلویزیون [۳-۴]

سیستم فازی در هوشمندسازی تلویزیون نیز موفق عمل کرده است. در واقع سیستم فازی با استفاده از ورودی‌های اندازه‌گیری شده از قبیل نور محیط، زمان (شب یا روز) و شخص استفاده‌کننده (رنج سنی مختلف)، یکسری پارامترهایی از قبیل روشنایی صفحه نمایش، رنگ، کنتراست و صدای تلویزیون را تنظیم می‌کند.

کاربرد سوم) استفاده از سیستم فازی در کنترل ردگیری بازوی رباتیک [۵-۶]

در دهه‌های اخیر از سیستم فازی در کنترل بازوی رباتیک استفاده فراوانی شده است. کنترل فازی سیستم‌های غیرخطی را می‌توان به دو دسته الف) کنترل فازی مستقیم ب) کنترل فازی غیرمستقیم، دسته‌بندی نمود. در کنترل فازی غیرمستقیم ابتدا توابع غیرخطی سیستم توسط سیستم فازی تخمین زده می‌شوند و از توابع تخمینی در طراحی کنترل مقاوم استفاده می‌شود. در این رویکرد کنترلی، متغیرهای ورودی سیستم فازی می‌توانند خطای ردگیری (و سایر متغیرهای مورد نیاز بسته به روش کنترلی) و خروجی سیستم فازی توابع تخمین زده شده غیرخطی باشد. در کنترل فازی مستقیم، از خود سیستم فازی به عنوان کنترل‌کننده استفاده می‌شود. در این نوع طراحی نیز سیستم فازی

می‌تواند از خطای ردگیری و سایر متغیرهای مورد نیاز بسته به طراحی کنترل‌کننده به عنوان ورودی استفاده کند و خروجی سیستم فازی نیز سیگنال کنترل باشد.

کاربرد چهارم) استفاده از منطق فازی در سیستم‌های تجدید پذیر انرژی [۷]

در دهه‌های اخیر با پیشرفت علم و فناوری، دنیا شاهد رشد چشمگیر در مصرف انرژی بوده است. در نتیجه مدل‌سازی انرژی و برنامه‌ریزی مصرف آن برای شکوفایی اقتصادی و امنیت محیط زیست بسیار حیاتی می‌باشد. در سال‌های اخیر از مدل‌های مبتنی بر منطق فازی برای پیدا کردن محل بهینه نصب توربین‌های بادی در یک نیروگاه بادی و پنل‌های خورشیدی در یک سایت تولید انرژی حرارتی و حتی یافتن محل بهینه برای احداث این نیروگاه‌ها که مورد مناقشه است؛ استفاده می‌شود.

کاربرد پنجم) استفاده از کنترل فازی در سیستم ترمز ضد قفل [۸]

در خودروهایی که مجهز به سیستم ترمز ضد قفل نیستند و در هنگامی که راننده مجبور می‌شود ترمز شدیدی بگیرد، چرخ‌ها قفل می‌شود و در این هنگام کنترل خودرو و فرمان پذیری آن بسیار دشوار و در نتیجه اثربخشی ترمز از بین می‌رود. در واقع سیستم ترمز ضد قفل با جلوگیری از سرخوردن چرخ‌ها باعث می‌شود علاوه بر اینکه خودرو سریع‌تر متوقف شود، هدایت پذیری بهتری را هم به ارمغان آورد. باید توجه داشت که زمانی که سرعت دورانی یکی از چرخ‌ها از باقی چرخ‌ها کمتر یا بیشتر باشد، احتمال قفل شدن آن افزایش می‌یابد. در واقع کنترل فازی با بهره‌گیری از حسگرهای موجود در هر چرخ، در حالت ترمزگیری سرعت دورانی چرخ‌ها را بررسی می‌کند. چنانچه سرعت دورانی چرخ بیشتر باشد، کنترل فازی با بیشتر کردن نیروی ترمز سرعت دورانی چرخ را کاهش می‌دهد و بالعکس اگر سرعت دورانی چرخ کمتر باشد، سرعت دورانی چرخ با کمتر کردن نیروی ترمزی افزایش می‌یابد تا تعادل سرعت بین چهار چرخ در لحظه ترمزگیری برقرار شود.

کاربرد ششم) استفاده از کنترل فازی در کنترل هوشمند آسانسورها (بالابرها) [۹-۱۰]

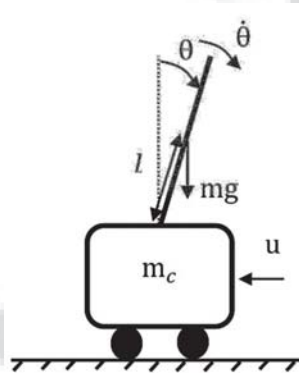
یکی از کاربردهای کنترل فازی در کنترل هوشمند گروهی آسانسورها در ساختمان‌های بلندمرتبه و مدرن می‌باشد. معیار طراحی سیستم مدیریت کنترل آسانسور هوشمند، بهینه‌سازی حرکت گروهی آسانسورها بر مبنای زمان، مصرف انرژی، بار آسانسور و ... می‌باشد. برخی از معیارهای طراحی سیستم کنترل فازی در این مدل کاربردها بدین صورت می‌باشد:

- کمینه (مینیمم) کردن زمان انتظار افراد در هر طبقه
- کمینه کردن زمانی که افراد در آسانسور سپری می‌کنند.
- کمینه کردن مسیر طی شده برای هر آسانسور
- کمینه کردن مصرف انرژی
- و ...

البته باید توجه داشت که رسیدن به تمامی اهداف طراحی ذکر شده به طور همزمان اصلاً آسان

نیست و با چالش فراوان روبروست. برای مثال یک طراح سیستم فازی می‌تواند از زمان انتظار، زمان حرکت آسانسور، بار آسانسور، مسیر طی شده و تجمع افراد منتظر در محل درب آسانسور و ... در هر طبقه به عنوان ورودی سیستم فازی استفاده کند و اولویت‌بندی برای توقف در هر طبقه نیز خروجی این سیستم فازی باشد.

۳-۱- فرض کنید می‌خواهیم یک سیستم فازی برای تعادل پاندول معکوس شکل ۱-۳ طراحی کنیم. زاویه θ و مشتق آن $\dot{\theta}$ را به عنوان ورودی سیستم فازی و u نیروی وارد به ارا به را به عنوان خروجی آن در نظر بگیرید.



شکل ۱-۳ سیستم پاندول معکوس

الف) سه تا پنج قاعده اگر-آنگاه را برای اینکه بتوان پاندول را در حالت تعادل نگاه داشت، تعیین کنید.

ب) فرض کنید قواعد معرفی شده در بخش الف) بتوانند به خوبی سیستم پاندول معکوس را کنترل کنند. حال اگر بخواهیم پاندول معکوس دیگری که مقادیر m ، m_c آن متفاوت می‌باشد در نظر بگیریم، کدام بخش‌ها از قواعد تغییر کرده و کدام از بخش‌ها بدون تغییر باقی می‌مانند؟

حل قسمت الف) قبل از حل این سوال شاید بیان این نکته جالب باشد که انسان‌ها به طور غریزی و بدون نیاز به داشتن مدل دینامیکی سیستم قادر به حل مسئله پاندول معکوس می‌باشند. مطمئناً همه ما تجربه متعادل نگه داشتن یک چوب دستی یا میله یا شیئی شبیه به آن را بر روی دست در زندگی خود داشته‌ایم. واضح است که متعادل نگه داشتن یک میله توسط انسان با داشتن درجات آزادی بیشتر پیچیده‌تر از مدل پاندول معکوس شکل (۱-۳) می‌باشد.

باید از خود پرسید هدف از طراحی کنترل فازی برای سیستم پاندول معکوس چیست. ما به عنوان طراح کنترل می‌خواهیم کنترل‌کننده فازی را به گونه‌ای طراحی کنیم تا پاندول معکوس همواره در