مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
ثبت ماشین
۱۳۷۸/۷/۱۲

بنام خدا

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی برق

طراحی کنترل‌کننده فازی برای فرایند غیرخطی خنثی‌سازی pH

احمدرضا مردانی

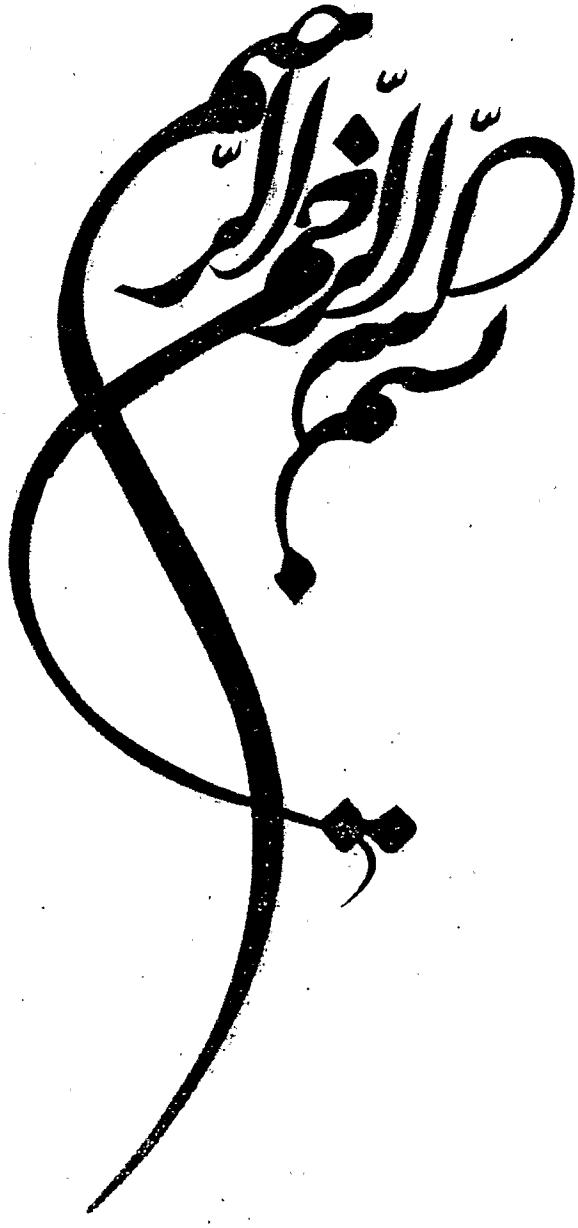
پایان‌نامه کارشناسی ارشد

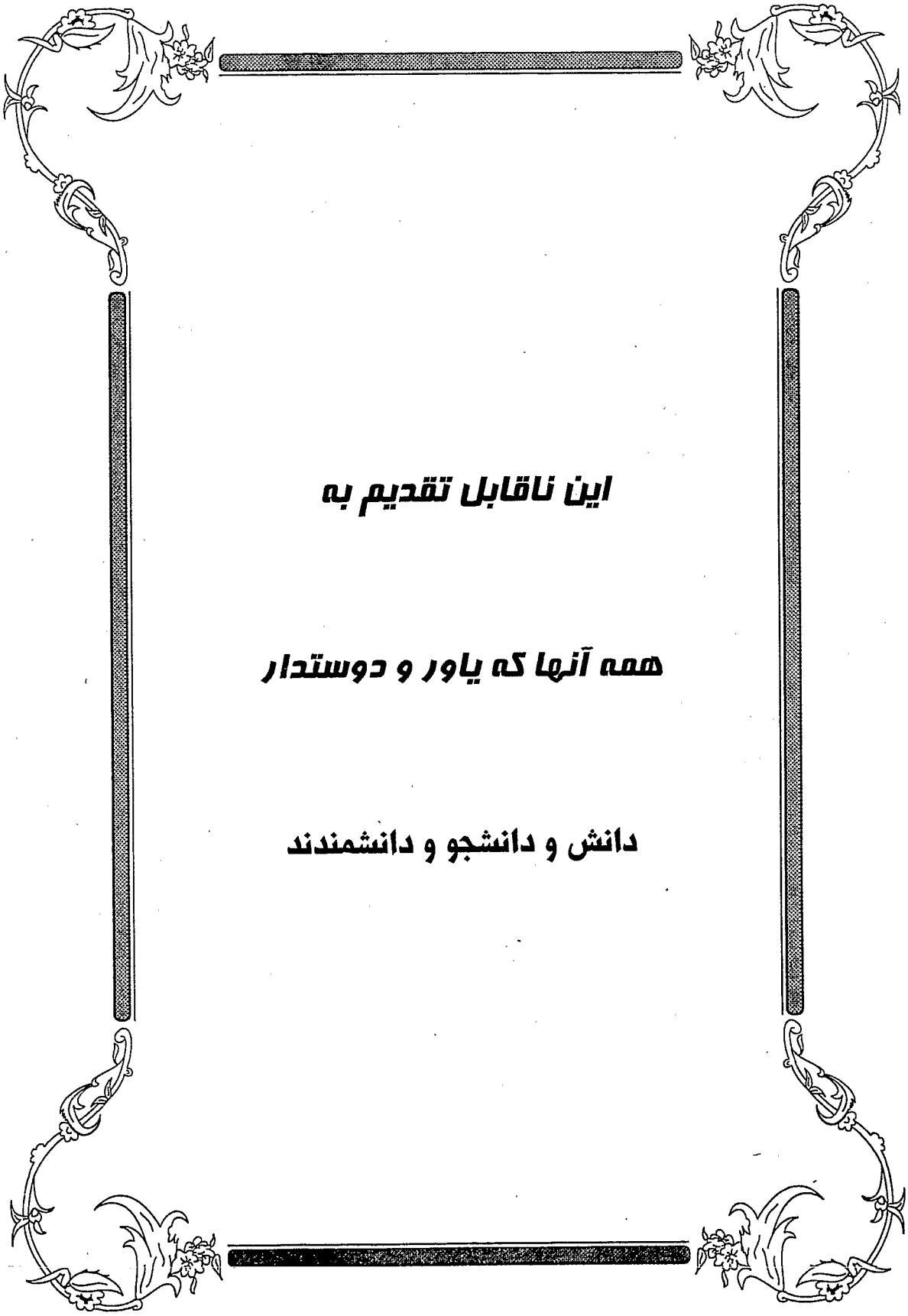
در رشته

مهندسی برق

استاد راهنما: دکتر محمدرضا جاهد مطلق

آذر ۱۳۷۷





این ناقابل تقدیم به

همه آنها که یاور و دوستدار

دانش و دانشجو و دانشمندند

چکیده

هرچند که از عمر منطق فازی زمان زیادی نمی‌گذرد، اما در سالهای اخیر کنترل فازی به عنوان یکی از مناسبترین زمینه‌های تحقیق در کاربرد مجموعه‌های فازی نمایان شده است و جای پای خود را در تحقیقات و صنعت باز نموده است. این نوع کنترل، بدلیل نزدیکی بیشتر به زان و منطق انسان و امکان بکارگیری ساده الگوریتمهای آنز بسرعت در همه زمینه‌های کنترل صنعتی رسوخ می‌نماید. مهمترین مزیت این روش را می‌توان امکان بکارگیری تجربه عملی، شهود و خلاقیت بشری دانست و اینکه نیازی به مدل ریاضی فرایند ندارد و نیز در کلاس کنترل‌کننده‌های مقاو می‌گنجد.

در این رساله کنترل فازی یک فرایند شدیداً غیرخطی مطرح شده است. الگوریتم پیشنهادی با بهره‌گیری از یک متغیر جدید (نقطه کار فرایند) در کنار خطا (e) و تغییر خطا (de) توانست به نتایج مناسبی دست یابد. الگوریتم حاصله برای فرایند خنثی‌نگاهداری pH در تمام ناحیه‌ها عملکرد قابل قبولی ارائه داد. در ناحیه میانی، نزدیک به pH=۷، بدلیل وجود اغتشاشات و نویز ناخواسته در حلقه کنترلی و همچنین گین بسیار بزرگ فرایند، همگرایی مطلق (خطای صفر) حاصل نگردید.

سپاسگذاری

- **پدر و مادر عزیزم**، سپاس مرا که در مقابل زحمات و فداکاریهای شما بزرگواران، کمترین است، بپذیرید.
- **همسرم**، از اینکه در این سالها با تحمل سختیها و خانواده گرامیت با یاری‌هایشان راه مرا در اتمام این مقطع هموار نمودید، کمال امتنان را دارم، امید که بتوانم بخشی از زحمات تو و ایشان را جبران نمایم.
- با سپاس فراوان از زحمات، یاوریها و راهنمائیهای ارزنده استاد ارجمند **جناب آقای دکتر محمدرضا جاهدمطلق** انسانی دانشمند و وارسته که از نخستین روز تحصیل در این دانشگاه تا پایان از محضر ایشان بهره‌مند بودم. مرا اگر مباهاتی است، تنها افتخار شاگردی شماست.
- از **اساتید محترم گروه کنترل** که در این سال‌ها (علیرغم اینکه آموزش و فراگیری علم نفع مادی ندارد) با صداقت تمام وقت را خود را صرف علم‌آموزی دانشجویان گروه کنترل نموده و می‌نمایند، کمال تشکر را دارم.
- از **اساتید محترم دانشکده مهندسی شیمی** علی‌الخصوص **جناب آقای دکتر شیروانی و سرکار خانم مهندس نعیم‌پور** که در انجام بخش عملی پایان‌نامه با اینجانب نهایت همکاری را داشتند کمال امتنان را دارم و برایشان آرزوی سربلندی دارم.
- از **جناب آقای مهندس مازیار منصوری عرب** که در اتمام پروژه نهایت همکاری صادقانه را با اینجانب نمودند سپاسگزارم.
- از تمامی **کارکنان محترم دانشکده‌های مهندسی برق، مهندسی کامپیوتر و مهندسی شیمی** علی‌الخصوص **خانمها شیرمحمدی و توکلی** بدلیل حسن تدبیر و همکاریشان با دانشجویان سپاسگزاری می‌نمایم.
- از تمام **دوستان عزیزم** در طول دوره تحصیل، بویژه دوستان گرامیم در دوره کارشناسی ارشد که به شکل‌های مختلف یاریگر من در دوره تحصیل و همچنین انجام پروژه بودند سپاسگزارم و برایشان آرزوی توفیق روزافزون دارم. هرگز خاطرات روزهای خوش در کنار شما بودن را فراموش نخواهم کرد.
- از همه سرورانی که به انحاء مختلف در انجام این پروژه شریک بوده‌اند ولی بنده حقیر در خاطرم نیست کمال تشکر را دارم امید که عذر مرا بپذیرند.

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱
۱) چراکنترل غیرخطی ۱
۲) چراکنترل فازی ۱
۳) pH چیست و چراکنترل pH؟ ۱
۴) شناخت مسئله ۳
فصل اول: کنترل کننده‌های فازی ۵
۱-۱ منطق فازی چیست؟ ۶
۱-۲ کنترل کننده‌های فازی ۱۰
۱-۲-۱ متغیرهای زبانی ۱۰
۱-۲-۲ منطق فازی و استدلال تقریبی ۱۱
۱-۲-۳ ایده FLC ۱۱
۱-۲-۴ عبارات شرطی فازی و قوانین کنترلی فازی ۱۲
۱-۳ پارامترهای طراحی FLC ۱۳
۱-۳-۱ روشهای فازی کردن ۱۴
۱-۳-۲ پایگاه داده‌ها ۱۵
۱-۳-۳ پایگاه قوانین ۱۷
۱-۳-۴ تصمیم‌گیری ۲۴
۱-۳-۵ غیرفازی‌سازی ۲۶
۱-۳-۶ مثال طراحی ۲۹
۱-۴ برخی مقالات ارائه شده در رابطه با کاربردهای کنترل کننده‌های فازی ۳۳
خلاصه فصل ۳۷

فصل دوم: طراحی کنترل‌کننده فازی برای یک کلاس از سیستم‌های غیرخطی ۳۹
۲-۱ سیستم غیرخطی مورد بحث ۴۰
۲-۲ طراحی کنترل‌کننده فازی براساس خطا ۴۱
الف ـ یک الگوریتم شبه فازی برای صفر کردن خطا نسبت به نقطه مرجع ۴۲
ب ـ یک الگوریتم فازی برای صفر کردن خطا نسبت به نقطه مرجع ۴۲
۲-۳ طراحی کنترل کننده فازی براساس خطا و تغییر خطا ۴۷
۲-۴ طراحی کنترل کننده فازی با در نظر گرفتن خطا، تغییر خطا و نقطه کار فرآیند ۵۰
خلاصه فصل ۵۳
فصل سوم: آشنایی با فرآیند خنثی سازی pH ۵۴
۳-۱ مروری بر برخی مقالات ارائه شده ۵۵
کنترل تطبیقی غیرخطی یک فرآیند خنثی‌سازی pH ۵۵
شبیه سازیهای انجام شده ۵۸
فصل چهارم: طراحی کنترل‌کننده فازی با متغیرهای کنترلی جدید برای فرآیند خنثی‌سازی pH ۷۲
۴-۱ انتخاب متغیرها ۷۳
۴-۲ کنترل‌کننده فازی براساس خطا، تغییر خطا و ناحیه عمل pH ۷۳
۴-۳ کنترل‌کننده فازی همراه با انتخاب کننده حدود مقدار ورودی ۸۷
۴-۴ مقایسه عملکرد (شبیه‌سازی) کنترل‌کننده فازی با کنترل‌کننده تطبیقی ۸۷
فصل پنجم: کاربرد کنترل‌کننده طراحی شده برای یک سیستم در مقیاس آزمایشگاهی ۹۱
۵-۱ عملکرد کلی حلقه کنترلی ۹۲
۵-۲ معرفی بخشهای گوناگون حلقه کنترل pH ۹۲
۵-۲-۱ فرآیند ۹۳
۵-۲-۲ مبدلها ۹۴
۵-۲-۳ کنترل‌کننده ۹۵
۵-۳ آزمایشهای انجام شدهٔ ۹۶

۵-۳-۱ آزمایش اول: خنثی‌سازی ۹۷
۵-۳-۲ آزمایش دوم: دنبال کردن set point ۹۹
۵-۳-۳ آزمایش سوم: مقابله با اغتشاش ۱۰۰
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۲
۶-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۳
۶-۲ پیشنهادات ۱۰۴
پیوست یک: یادآوری از شیمی ۱۰۶
یونیزاسیون آب ۱۰۶
اسید و باز ۱۰۶
نظریه برونشتد و لوری درباره اسیدها و بازها ۱۰۷
غلظت مولی (مولاریته) ۱۰۸
اکی والان گرم (اکی والان وزنی یا همسنگ) ۱۰۸
محلول نرمال و نرمالیته ۱۰۸
خاصیت محلول نرمال و کاربرد آن ۱۰۸
حالتهای خنثی، اسیدی و قلیایی ۱۰۹
معرفهای رنگی ۱۱۰
قوت اسیدها ۱۱۱
اثر یون مشترک ۱۱۱
محلولهای بافر Buffer Solutions (تامپون) ۱۱۲
مراجع ۱۱۴

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: الف) نمودار یک تابع عضویت crisp ب) دو نوع تابع عضویت فازی ۷

شکل ۱-۲: سمت چپ قبل از آزمایش؛ سمت راست پس از آزمایش ۸

شکل ۱-۳: الف) مسیر بالا روش کنترل فازی و مسیر پایین روش کنترل معمولی را برای حل مسئله آونگ برگشته نشان می‌دهد ب) شکل مسئله تحت کنترل ۹

شکل ۱-۴: متغیر زبانی سرعت با سه عبارت توصیفی ۱۱

شکل ۱-۵: ترکیب اساسی یک کنترل‌کننده منطق فازی (FLC) ۱۲

شکل ۱-۶: الف) تقسیم‌بندی فازی درشت ب) تقسیم‌بندی فازی بهتر ۱۶

شکل ۱-۷: مثالی از تعریف تابعی مجموعه‌های فازی اولیه ۱۷

شکل ۱-۸: ایجاد قانون بکمک صفحه فاز الف) مسیر صفحه فاز ب) پاسخ پله سیستم ۱۹

شکل ۱-۹: ایجاد و تصحیح قوانین بکمک صفحه فاز زبانی الف) مسیر زبانی با قوانین ابتدایی ب) مسیر زبانی بکمک قوانین تصحیح شده ۲۲

شکل ۱-۱۰: نمایش گرافیکی روشهای Min-Max و Product-Max ۲۵

شکل ۱-۱۱: نمایش گرافیکی پروسه تصمیم‌گیری فازی ۲۸

شکل ۱-۱۲: بلوک دیاگرام سیستم کنترل طراحی شده ۲۹

شکل ۱-۱۳: توابع عضویت فازی انتخاب شده برای e و u ۳۰

شکل ۱-۱۴: توابع عضویت فازی انتخاب شده برای de ۳۰

شکل ۱-۱۵: پاسخ‌های حلقه بسته موتور DC به ورودی با تغییرات پله‌ای ۳۲

شکل ۱-۱۶: پاسخ‌های حلقه بسته موتور DC به ورودی Ramp با تغییرات شیب تصادفی ۳۲

شکل ۲-۱: الف) سیستم غیرخطی با گین به فرم sigmoid ب) سیستم غیرخطی که گین آن تغییر علامت می‌دهد. ۴۰

شکل ۲-۲: دیاگرام بلوکی سیستم تحت کنترل تنها با دخیل کردن خطا به عنوان متغیر کنترلی ۴۱

شکل ۲-۳: تقسیم‌بندی غیرفازی خطا ۴۱
شکل ۲-۴: تقسیم‌بندی غیرفازی Δu ۴۲
شکل ۲-۵: نتایج کاربرد کنترل‌کننده غیرفازی دنبال کردن sp ۴۳
شکل ۲-۶: نتایج کاربرد کنترل‌کننده غیرفازی دنبال کردن sp ۴۳
شکل ۲-۷: نتایج کاربرد کنترل‌کننده غیرفازی دنبال کردن sp ۴۴
شکل ۲-۸: تعریف توابع عضویت برای خطا و تغییر تحریک کنترلی ۴۴
شکل ۲-۹: نتایج کاربرد کنترل‌کننده فازی با ورودی خطا ۴۵
شکل ۲-۱۰: نتایج کاربرد کنترل‌کننده فازی با ورودی خطا ۴۶
شکل ۲-۱۱: نتایج کاربرد کنترل‌کننده فازی با ورودی خطا ۴۶
شکل ۲-۱۲: دو نمونه از حالتهایی که در لحظه k خطای یکسان حاصل می‌شود. ۴۷
شکل ۲-۱۳: توابع عضویت برای e و de و Δu ۴۹
شکل ۲-۱۴: نتایج کاربرد کنترل‌کننده با دو ورودی خطا و تغییر خطا ۴۹
شکل ۲-۱۵: نتایج کاربرد کنترل‌کننده با دو ورودی خطا و تغییر خطا ۴۹
شکل ۲-۱۶: نتایج کاربرد کنترل‌کننده با دو ورودی خطا و تغییر خطا ۵۰
شکل ۲-۱۷: توابع عضویت e، de، Δu ۵۱
شکل ۲-۱۸: دنبال کردن sp ۵۲
شکل ۲-۱۹: دنبال کردن sp ۵۲
شکل ۲-۲۰: دنبال کردن sp ۵۳
شکل ۳-۱: ترکیب کنترلی برای کنترل pH بکمک تابع معکوس گرفتن از معادله pH ۵۵
شکل ۳-۲: نتایج حاصل از کاربرد کنترل‌کننده PI ۵۶
شکل ۳-۳: نتایج حاصل از کاربرد کنترل‌کننده تطبیقی ۵۶
شکل ۳-۴: سیستم مورد بحث ۵۷
شکل ۳-۵: شبیه‌سازی الگوریتم غیرخطی غیرتطبیقی برای اغتشاش در جریان بافر ۵۹
شکل ۳-۶: الف) نتایج شبیه‌سازی برای تغییرات تند sp ب) میزان تغییرات در جریان ورودی ۶۰

شکل ۳-۷: الف) نتایج شبیه‌سازی برای تغییرات کند sp ب) میزان تغییرات در جریان ورودی ۶۱
شکل ۳-۸: خنثی نگاهداری و سپس دنبال کردن sp ۶۲
شکل ۳-۹: خنثی نگاهداری و سپس دنبال کردن sp ۶۳
شکل ۳-۱۰: دنبال کردن sp ۶۴
شکل ۳-۱۱: دنبال کردن sp ۶۵
شکل ۳-۱۲: دنبال کردن sp ۶۶
شکل ۳-۱۳: خنثی نگاهداری ۶۷
شکل ۳-۱۴: خنثی نگاهداری ۶۸
شکل ۳-۱۵: خنثی نگاهداری ۶۹
شکل ۳-۱۶: نتایج کاربرد کنترل‌کننده PI برای اغتشاشات در نرخ جریان بافر ۷۰
شکل ۳-۱۷: نتایج کاربرد کنترل‌کننده غیرخطی غیرتطبیقی برای اغتشاشات در نرخ جریان بافر ۷۰
شکل ۳-۱۸: نتایج کاربرد کنترل‌کننده غیرخطی تطبیقی برای اغتشاشات در نرخ جریان بافر ۷۰
شکل ۳-۱۹: سیستم کنترل pH کلاسیک سه مرحله‌ای ۷۱
شکل ۴-۱: ساختار کنترل‌کننده فازی ۷۳
شکل ۴-۲: دنبال کردن sp ۷۵
شکل ۴-۳: خنثی نگاهداری ۷۶
شکل ۴-۴: خنثی نگاهداری ۷۸
شکل ۴-۵: دنبال کردن sp ۸۰
شکل ۴-۶: دنبال کردن sp ۸۱
شکل ۴-۷: دنبال کردن sp ۸۲
شکل ۴-۸: دنبال کردن sp ۸۳
شکل ۴-۹: خنثی نگاهداری ۸۴
شکل ۴-۱۰: خنثی نگاهداری ۸۵
شکل ۴-۱۱: خنثی نگاهداری ۸۶

شکل ۴-۱۲: مقایسه دو الگوریتم فازی و تطبیقی در دنبال کردن sp ۸۸
شکل ۴-۱۳: مقایسه دو الگوریتم فازی و تطبیقی برای خنثی نگاهداری ۸۹
شکل ۴-۱۴: مقایسه دو الگوریتم فازی و تطبیقی برای خنثی نگاهداری ۹۰
شکل ۵-۱: دیاگرام بلوکی حلقه کنترلی ۹۲
شکل ۵-۲: شمایی از طرح کلی حلقه کنترل pH ۹۲
شکل ۵-۳: پروسه pH موجود در آزمایشگاه ۹۳
شکل ۵-۴: الف ـ منحنی درصد باز شدن شیر ب) مشخصه خروجی سنسور ۹۴
شکل ۵-۵: سخت افزار طراحی شده برای درایو شیر ۹۵
شکل ۵-۶: آزمایش اول: خنثی نگاهداری ۹۸
شکل ۵-۷: آزمایش دوم: دنبال کردن sp ۹۹
شکل ۵-۸: آزمایش سوم: خنثی نگاهداری ۱۰۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱: یک مقال از گسسته‌سازی ۱۵
جدول ۱-۲: مثالی از نگاشت مقیاسی ۱۶
جدول ۱-۳: N: منفی، Z: صفر، P: مثبت ۲۰
جدول ۱-۴: تصحیح شده قوانین جدول قبل ۲۰
جدول ۱-۵: قوانین افزوده شده ۲۱
جدول ۱-۶: قوانین اصلاح شده ۲۱
جدول ۲-۱: قوانین فازی برای کنترل‌کننده قسمت ۲-۳ ..... ۴۸
جدول ۲-۲: قوانین فازی کنترل‌کننده نهایی ۵۱
جدول ۴-۱: آخرین جدول قوانین استفاده شده برای شبیه‌سازیها ۷۷

پیشگفتار

۱) چرا کنترل غیرخطی؟

می‌دانیم در عمل تمام سیستم‌های فیزیکی غیرخطی‌اند و کنترل خطی نیز خود یکی از روشهای کنترل غیرخطی است. منظور از سیستم غیرخطی، سیستمی است که شامل حداقل یک جزء غیرخطی باشد بنابراین حتی اگر سیستم را خطی فرض کنیم، اما کنترل‌کننده آن غیرخطی باشد، موضوع بحث کنترل غیرخطی قرار می‌گیرد.

بر خلاف کنترل غیرخطی، کنترل خطی یک موضوع بالغ است و روشهای مختلف و قوی برای آن ابداع شده است و سابقه دراز و کاربرد موفقیت‌آمیز در صنعت دارد. اما بدلیل محدود بودن حوزه عملکرد، عدم جبران غیرخطی‌های سخت[1] (که اجازه تقریب خطی نمی‌دهند مانند اصطکاک کولمب، اشباع و ...)، عدم توانایی در سروکار با عدم قطعیت‌ها و ... برخی دلایل دیگر، کنترل غیرخطی مورد توجه قرار گرفت.

در گذشته کاربرد روشهای کنترل غیرخطی بدلیل مشکلات محاسباتی که همراه با آنالیز و طراحی این سیستم‌هاست محدود شده بود. در سالهای اخیر پیشرفت تکنولوژی کامپیوتر و ریزپردازنده‌ها، و نیز پا به عرصه گذاشتن روشهای کنترلی مستقل از دانستن دینامیک پیچیده سیستم‌ها و بدون نیاز به محاسبات بسیار، کنترل غیرخطی مکان برجسته‌ای در پیشرفت مهندسی کنترل بدست آورده است[۶].

۲) چرا کنترل فازی؟

در نیمه دوم قرن بیستم کوشش محققین بر ابداع روشهایی بوده‌است که به نحوه برخورد بشر با سیستم‌ها نزدیک باشد. حاصل این تحقیقات سیستمهای خبره یا روشهای کنترل هوشمند است. در این‌گونه سیستمها از منطقِ روش تصمیم‌گیری بشر در برخورد با مسائل و نیز قابلیت یادگیری انسان کمک گرفته می‌شود و نیازی به دانستن دینامیک سیستم نمی‌باشد. از جمله مهمترین این روشها منطق فازی است که کنترل فازی بر آن بنا شده است. ایده اساسی در کاربرد کنترل‌کننده فازی سهیم کردن تجربیات بشر (اپراتور) در کنترل سیستم است؛ و مهمترین مزیت این روش امکان بکارگیری تجربه عملی و خلاقیت است و اینکه نیازی به مدل فرایند نیست. از طرفی بدلیل عدم نیاز به محاسبات پیچیده و قرار داشتن مبنای کنترل‌کننده بر یک جدول[2] می‌توان آنرا با یک سخت‌افزار ساده پیاده نمود و بکار گرفت.

در این رساله قابلیتهای منطق فازی در برخورد با عدم قطعیتها و سیستمهای غیرخطی نشان داده شده است. به عنوان مثال عملی، کنترل pH، (یک فرایند شدیداً غیرخطی) آورده شده است.

۳) pH چیست و چرا کنترل pH؟

در درس شیمی آموخته‌ایم، pH معرف میزان اسیدی (بازی) بودن یک محلول است. کنترل pH یک مسئله

1) hard nonlinearities 2) Lookup table

مشترک در صنایع غذایی، شیمیایی، داروسازی و حفظ محیط زیست است. بطور مثال pH پسابهای کارخانجات در طول مسیر خروج برای آسیب نرسیدن به لوله‌ها و در خارج از محیط کارخانه برای آسیب نرسیدن به محیط زیست بایستی مراقبت شود.

آب منشاء حیات و سرچشمه زندگی است. اصولاً زندگی بدون آب معنی و مفهومی ندارد، نه حیاتی شکل می‌گیرد و نه ادامه می‌یابد. کلمه آبادی از آب گرفته شده است و براستی هرکجا آبی باشد، آبادی هم هست. دنیای ذره‌بینی آب، دنیای زنده دیگری است که اگر چه از دید ما پنهان است لیکن دارای اثرات بسیار زیادی در حیات جانداران و بویژه انسان است.

نظر به محدود بودن منابع و ذخایر آب در اغلب نقاط کشور و رشد جمعیت از یک طرف و گسترش صنایع و کشاورزی از جهت دیگر، استفاده صحیح از منابع موجود، امری ضروری بنظر می‌رسد. لذا اگر چه حفظ کیفیت آبها به لحاظ آلودگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است دفع صحیح فاضلابها خصوصاً در مناطقی که بافت زمین‌شناسی آن بگونه‌ای می‌باشد که امکان آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی را افزایش می‌دهد نیز ارزش بسیاری را داراست.

این مسائل است که جوامع و عناصر آگاه را وا می‌دارد که پیرامون چگونگی حفظ و نگهداری آبها از آلودگی چاره‌سازی نمایند و در زمینه تصفیه آبها و مناسب نمودن آنها جهت شرب و جلوگیری از اتلاف آب اقدامات لازم و اساسی بنمایند و در صورت لزوم به ایجاد تأسیسات مجهز مبادرت ورزند.

آب که یکی از فراوان‌ترین ترکیبات است هیچوقت خالص در طبیعت یافت نمی‌شود زیرا از یک سو نظر بقدرت حلالیتی که دارد تمام عناصر موجود در مسیر خود را کم یا بیش حل می‌کند و از سوی دیگر بشر آنرا مستقیم و یا غیرمستقیم آلوده می‌کند. گاهی اوقات مواد محلول در آب به آن خواص پزشکی می‌بخشند در صورتی که در مواردی انحلال اجسام گوناگون آب را بی‌مصرف می‌کند و حتی ممکن است سبب شود که آب خورنده گردد بطوری که شیشه و لوله‌های فلزی را بخورد. نوع و مقدار مواد محلول منابع آبها متغیر بوده و در تعبیر آنها باید مصرف آب مورد توجه قرار گیرد زیرا که در موارد گوناگون مواد محلول آب و مقدار مجاز آنها متفاوت است و به مصرف آب بستگی دارد، برای مثال: آبی که برای تهیه آشامیدنیهای گازدار مصرف می‌شود باید آهن و منگنز نداشته باشد زیرا در غیراینصورت آنها را بدمزه می‌کند و کدورت آب نیز باید از یک کمتر و بعلاوه آب بیرنگ، بدون مزه و بی بو و بدون مواد آلی باشد. همچنین مواد آب تصفیه شده باید بقسمی در حال تعادل باشد که رسوب یا کدورتی تولید نشود و میزان قلیایی آب از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب کربنات کلسیم نباید تجاوز کند و سختی آن باید از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب کربنات کلسیم کمتر باشد زیرا قلیائیت زیادتر، اسیدهایی را که برای معطر کردن آشامیدنیها بکار می‌رود خنثی می‌کند و سختی زیادتر ممکن است باعث کدورت آشامیدنیها شود.

آبی که برای تهیه آبجو مصرف می‌شود علاوه بر خواص فوق باید pH ثابتی در حدود ۷ داشته باشد و کلرور سدیم آن از ۲۵۰ میلیگرم در لیتر برحسب کلرور کمتر باشد. همچنین بیکربنات سدیم و سختی کربنات آن باید کم باشد ولی اگر سولفات کلسیم این آب نسبت به سایر آبها زیادتر باشد مفید است و حتی در مواردی