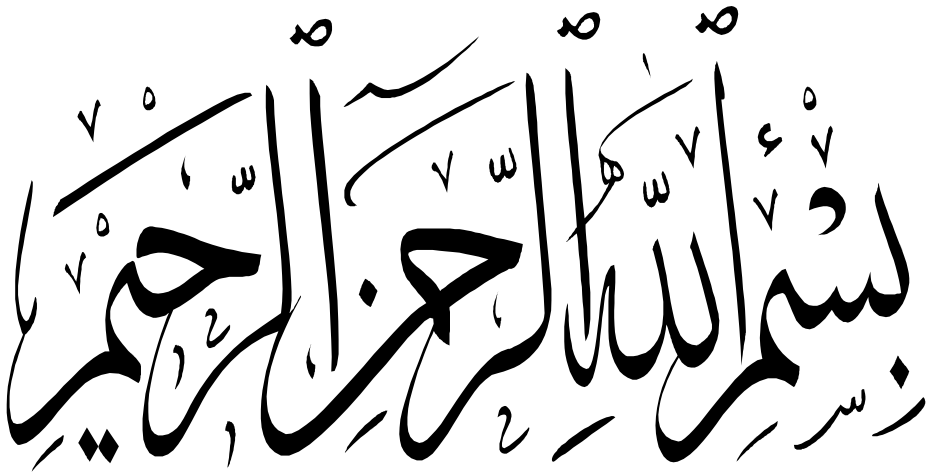
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده ریاضی و کامپیوتر
گروه ریاضی

رساله برای دریافت درجه دکتری ریاضی

تنظیم بهینه کنترل فازی نوع دوم برای سیستمهای غیر خطی

اساتید راهنما :
دکتر ماشاا... ماشین چی
دکتر علی اکبر قره ویسی

مؤلف:
سید محمد علی محمدی

مردادماه ۱۳۸۸

تقدیم

به آنان که زندگی

در پرتو مهرشان هرگز نمی میرد.

به پاس تمام محبت های وصف ناشدنیشان.

تشکر و قدردانی:

حمد وسپاس بیکران به درگاه قادر بی همتا که زیور خرد را بر آدمیان ارزانی داشت تا راه زندگی را با نیروی تعقل و دانش اندوزی بپیمایند.

درود وسپاس بر پدر و مادرم ، اولین آموزگارانی که در کنار آنها بودن الفبای زندگی را به من آموخت. بر خود لازم می دانم که از زحمات همسر مهربان و فداکارم کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

مراتب تشکر و سپاس خویش را نسبت به اساتید محترم جناب آقای دکتر ماشین چی و دکتر قره ویسی که به شاگردیشان مباهی و مفتخرم ، اعلام می دارم.

همچنین از آقایان دکتر ولی ، دکتر یعقوبی و دکتر رحیمی کیان که زحمت داوری این رساله را به عهده گرفتند و پیشنهادات ارزنده ای در تنظیم نهایی آن به اینجانب ارائه دادند ، سپاسگزارم.

در پایان از حمایت های جزئی قطب سیستم های فازی و کاربرد آن در دانشگاه شهید باهنر کرمان تشکر می نمایم.

سید محمد علی محمدی

مردادماه ۱۳۸۸

چکیده:

افزایش روزافزون سیستمهای کنترل در بسیاری از کاربردها ، منجر به روشهای متنوع کنترلی شده است. استفاده از منطق و سیستمهای کنترل فازی به علّت توصیف تقریبی قابل قبول و قابل تجزیه و نیز تحلیل یک مدل و همچنین به فرمول در آوردن دانش و معرفت بشری ، توانسته است که در بین انواع سیستمهای کنترل جایگاه مناسبی پیدا کند. اگرچه سیستمهای فازی پدیده های غیر قطعی و نامشخصی را توصیف می کنند ، با این حال خود تئوری فازی یک تئوری دقیق می باشد. تاکنون در مورد منطق فازی نوع اول که از یک درجه ابهام برخوردار است، استفاده های بسیار شده است ؛ اما با توجّه به مسائل دنیای امروز و مشاهده بروز عدم قطعیتهای فراوان ، باید در کنترل سیستمهای مرتبط با آنها که از درجات ابهام بیشتری برخوردارند ، از منطق فازی با درجه ابهام بالاتر استفاده کرد ؛ در این راستا می توان به منطق فازی نوع دوم اشاره کرد. استفاده از سیستمهای منطق فازی نوع دوم مستلزم تنظیمات دقیق و زمانبر می باشد. در این پایان نامه ابتدا به بررسی منطق و سیستم کنترل فازی نوع دوم و سپس به بررسی الگوریتم های بهینه سازی از نوع یادگیری تقویتی می پردازیم. آنگاه با ارائه روش پیشنهادی رساله که عملکرد مطلوب تری نسبت به الگوریتم های مرسوم دارد ، از آن برای تنظیم کنترلرهای معمولی و نیز سیستمهای کنترلر فازی نوع دوم استفاده می کنیم.

فهرست مطالب

فصل اول **مقدمه**

۱-۱ مقدمه..... ۱

۱-۲ روند ارائه مطالب..... ۷

فصل دوم **روش یادگیری تقویتی توسعه یافته**

۲-۱ روش اتوماتای یادگیری تقویتی پیوسته..... ۱۴

۲-۱-۱ ساختار CARLA..... ۱۵

۲-۱-۲ توابع چگالی احتمال در CARLA ۱۶

۲-۱-۳ انتخاب تصادفی متغیرهای تصمیم..... ۱۶

۲-۱-۴ تابع هزینه ۱۷

۲-۱-۵ سیگنال تقویت..... ۱۸

۲-۱-۶ تغییر در توابع چگالی احتمال..... ۱۹

۲-۱-۷ شرط خاتمه..... ۲۱

۲-۱-۸ حل یک مثال با استفاده از روشCARLA..... ۲۲

۲-۲ روش اتوماتای یادگیری تقویتی گسسته..... ۲۵

۲-۲-۱ توابع چگالی احتمال گسسته ۲۶

۲-۲-۲ انتخاب تصادفی بازه های تصمیم ۲۶

۲-۲-۳ تابع هزینه..... ۲۶

۲-۲-۴ سیگنال تقویت.....۲۷

۲-۲-۵ تغییر در توابع جرمی احتمال.....۲۸

۲-۲-۶ شرط خاتمه.....۲۹

۲-۳ روش جدید و پیشنهادی اتوماتای یادگیری تقویتی گسسته توسعه یافته ۳۰

۲-۳-۱ مراحل EDARLA..... ۳۱

فصل سوم حل مسائل کنترل بهینه مهندسی توسط روش یادگیری تقویتی توسعه یافته

۳-۱ کنترل سیستم غیر خطی آونگ معکوس با استفاده از EDARLA-PID.....۳۹

۳-۱-۱ نتایج شبیه سازی ۴۰

۳-۲ کنترل سیستم غیر خطی Ball & Beam با استفاده از EDARLA-PID.....۴۲

۳-۲-۱ نتایج شبیه سازی..... ۴۳

۳-۳ کنترل سطح سیال داخل مخزن با استفاده ازEDARLA-T1FLCS.....۴۴

۳-۳-۱ بیان سیستم غیر خطی سطح سیال داخل تانک ۴۵

۳-۳-۲ سیستم کنترل فازی نوع اول.....۴۶

۳-۳-۳ نتایج شبیه سازی..... ۴۷

۳-۳-۴ مقایسه روش پیشنهادی EDARLA وروشهای CARLA وDARLA در تنظیم کنترلر سطح سیال داخل تانک ۵۴

۳-۴ ارائه یک روش جدید در تنظیم پارامترهای کنترلر PID مربوط به سیستم تنظیم کننده خودکارولتاژ ژنراتور.....۵۵

۳-۴-۱ مدل سیستم تنظیم کننده خودکار ولتاژ..... ۵۶

۳-۴-۲ نتایج شبیه سازی ۵۸

۳-۴-۳ مقایسه EDARLA با روش مرسوم ZN..... ۶۳

۳-۴-۴ مقایسه EDARLA با روش مرسوم GA..... ۶۵

۳-۴-۵ مقایسه EDARLA با روش CARLA ۶۷

۳-۴-۶ نمایش مکعبی فضای پاسخ سیستم AVR.....۶۸

۳-۵ تنظیم و شبیه سازی کنترلر EDARLA-PID برای مبدل بوست.....۶۹

۳-۵-۱ مقایسه تنظیم پیشنهادی EDARLA با CARLA و DARLA..... ۷۵

فصل چهارم سیستمهای فازی نوع دوم

۴-۱ مجموعه های فازی نوع دوم.....۷۹

۴-۱-۱ نمایش مرسوم مجموعه های فازی نوع دوم ۷۹

۴-۱- ۲ نمایش جدید از مجموعه های فازی نوع دوم.....۸۸

۴-۲ عملیات اصلی بر روی مجموعه های فازی نوع دوم معمولی.....۹۰

۴-۳ نتیجه گیری اجتماع دو مجموعه فازی نوع دوم ، با استفاده ازاصل تعمیم ۹۴

۴-۳-۱ اصل تعمیم ۹۴

۴-۳-۲ استخراج اجتماع دو مجموعه فازی نوع دوم.....۹۵

۴-۴ سیستم های منطق فازی نوع دوم ۹۶

۴-۵ کاهش دهنده نوع (TR) یک مجموعه فازی نوع دوم معمولی ۱۰۱

۴-۶ سنتروئید یک مجموعه فازی نوع دوم فاصله ای(IT2FS) ۱۰۱

۴-۷ خواص سنتروئید در حالت کلی.....۱۰۳

۴-۸ سنتروئید یک مجموعه فازی نوع دوم فاصله ایGranule ۱۰۶

۴-۹ خواص مربوط به محاسبه سنتروئید مجموعه های فازی نوع دوم فاصله ای متقارن.....۱۱۰

۴-۱۰ روش پیشنهادی محاسبه سنتروئید یک مجموعه فازی نوع دوم.....۱۱۹

فصل پنجم تنظیم بهینه سیستمهای فازی نوع دوم با روش اتوماتای یادگیری تقویتی پیشنهادی

۵-۱ کنترل یک سیستم AVR در حضور نویزتوسط T2FLCS وتنظیم آن توسط روش پیشنهادی..... ۱۲۶

۵-۱-۱ بیان AVR در حضور نویز به همراه کنترلر فازی نوع دوم..... ۱۲۷

۵-۱-۲ نتایج شبیه سازی..... ۱۲۹

۵-۲ ارائه بیان جدید کنترل فازی نوع دوم برای یک سیستم غیر خطی..... ۱۳۲

۵-۲-۱ ارائه سیستم غیر خطی..... ۱۳۴

۵-۲-۲ نتایج شبیه سازی..... ۱۳۵

۵-۲-۳ مقایسه روش پیشنهادیEDARLA-T2FLCS با روشهای -DARLA T2FLCS و CARLA-T2FLCS..... ۱۴۳

۵-۲-۴ بررسی مقاوم بودن EDARLA-T2FLCS.....۱۴۴

فصل ششم اجرای سخت افزاری کنترل بهینه برای مبدل بوست

۶-۱ سیستم مبدل بوست.....۱۴۶

۶-۲ تنظیم کنترلر EDARLA-PIDبرای یک نمونه عملی مبدل بوست.....۱۵۵

۶-۲-۱ بررسی عملکرد کنترلر EDARLA-PID.....۱۵۷

۶-۳ پیاده سازی و تنظیم کنترلر EDARLA-T2FLCS برای یک نمونه عملی مبدل بوست.....۱۶۷

۶-۳-۱ کنترلر فازی نوع دوم ۱۶۷

۶-۳-۲ بررسی عملکرد کنترلر EDARLA-T2FLCS..... ۱۶۸

فصل هفتم نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱ نتیجه گیری.....۱۷۲

۷-۲ پیشنهادات.....۱۷۴

ضمائم..... ۱۷۵

فهرست منابع و ماخذ..... ۱۹۹

واژه نامه..... ۲۰۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه :

در اطلاعات دنیای واقعی ، ابهاماتی وجود دارد که تئوری فازی[1] معرفی شده توسط پروفسور زاده [۱] می تواند پاسخگوی این ابهامات باشد. جذابیت اصلی سیستمهای منطق فازی را می توان در برخورداری از قابلیت کنترل سیستمهای غیر خطی ، سیستمهایی با دینامیک پیچیده و نامحسوس از لحاظ ریاضی و یا سیستمهایی با پیچیدگی نسبتاً زیاد ، دانست. همچنین این امکان را فراهم می آورد که بتوان بیان پارامترهای سیستم را با استفاده از عبارات زبانی انجام داد[۲و۳و۴] ؛ از اینرو ازعملکرد بهتری نسبت به سیستمهای کلاسیک برخوردار است. یک سیستم منطق فازی را می توان به سه قسمت عمده : پردازش ورودی[2] ، آنالیز و پردازش خروجی تقسیم نمود که قوانین فازی[3] و توابع عضویت[4] در آن از اهمیت زیادی برخوردار می باشند. طراحی مناسب یک

[1] - Fuzzy Theory
[2] - Input Processing
[3] - Fuzzy Rules
[4] - Membership Functions (MFs)

سیستم منطق فازی[۵] بستگی به چندین عامل دارد که عبارتند از : انتخاب مناسب مجموعه قوانین ، توابع عضویت ، طرح مناسب استنتاج[۶] و استراتژی غیر فازی سازی[۷] ؛که از بین این عوامل ، انتخاب یک مجموعه قوانین مناسب با توابع عضویت مناسب از اهمیّت بیشتری برخوردار است. به هرحال تعیین مناسب یک مجموعه از قوانین و توابع عضویت مرتبط ، کار ساده ای نمی باشد. با افزایش در تعداد متغیرهای ورودی ، مجموعه ممکن از قوانین فازی به سرعت افزایش می یابد ، به گونه ای که اگر هر متغیر (ورودی و یا خروجی) از p مجموعه فازی برخوردار باشد در اینصورت برای یک سیستم منطق فازی با q ورودی و یک خروجی ، تعداد کل قوانین ممکن برابر با $p^q - 1$ می باشد. تعیین یک زیر مجموعهٔ کوچک ومناسب برای سیستم کنترلی ، از میان قوانین موجود در چنین فضای نسبتاً بزرگی از مجموعه ها ، کار مشکلی است ؛ هر چند که تحقیقاتی در این زمینه با استفاده از شبکه های عصبی[۸] [۵] و یا الگوریتم وراثتی[۹] [۶و۶۴] ، صورت گرفته است. تنظیم مبنایی قوانین به دو صورت انجام می گیرد : تنظیم توابع عضویت مربوط به یک مجموعه از قوانین داده شده و یا انتخاب یک زیر مجموعهٔ بهینه قوانین از میان تمامی قوانین موجود. Wang و بقیه همکارانش ، از طرح جدول مشاهدات مربوط به مثالهای عددی و جهت تولید قوانین فازی استفاده کردند[۷]. Nozaki و همکارانش نیز یک روش اکتشافی[۱۰] را برای ایجاد قوانین فازی و با استفاده از اطلاعات عددی ، مورد استفاده قرار دادند[۸]. Grauel و همکارانش ، ارتباط میان شکل توابع انتقال و شکل توابع عضویت را بیان کردند[۹].

---

5 - Fuzzy Logic System (FLS)
6 - Inference
7 - Defuzzification
8 - Neural Networks
9 - Genetic Algorithm
10 - Heuristic Algorithm

Klawonn برای ساختن یک کنترلر فازی[11] ، از اطلاعات تربیتی [12] استفاده کرد[۱۰]. سیستم منطق فازی نوع اول [13] ، به طور کامل نمی تواند تمامی عدم قطعیت متغیرهای زبانی [14] را برآورده سازد. مجموعه های فازی نوع دوم ابزار قدرتمندی را برای غلبه بر محدودیتهای سیستم منطق فازی نوع اول ، فراهم می آورد. در حقیقت مجموعه فازی نوع دوم تعمیمی بر مجموعه فازی نوع اول بوده که باعث افزایش قابلیت ارائه عدم قطعیت در سیستمهای کنترل فازی می گردد. بُعد اضافی در سیستمهای منطق فازی نوع دوم ، باعث افزایش درجه آزادی سیستم نسبت به سیستم منطق فازی نوع اول می شود[۱۱و۱۲و۷۰]. سیستمهای فازی نوع دوم علیرغم مزایایی که دارند ، از لحاظ محاسباتی نسبتاً پیچیده بوده و تنظیم آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله موارد کاربردی برای سیستم فازی نوع دوم ، می توان به یک سیستم مدولاسیون منطق فازی که در آن نقاط مکان سیگنال[15] ، بر روی صفحه مدولاسیون جابجا شده است ، اشاره داشت. در این حالت توابع عضویت گوسی نوع اول ، شبیه به حالت تابع عضویت گوسی نوع اول و با مقدار میانگین نامشخص می باشد که با استفاده از یک سیستم فازی نوع دوم ، می توان این جابجایی را مدلسازی کرد. همچنین در سیستمهایی با حضور نویز ، این نامشخصی و عدم قطعیت را می توان هنگامی که مقدمات[16] و تالی ها[17] ، بصورت مجموعه های فازی نوع دوّم باشند ، مدلسازی نمود.

در سیستمهای عملی ، اطلاعات مهم از دو منبع سرچشمه می گیرند. یکی از منابع ، افراد خبره می باشند که دانش و آگاهیشان را در مورد سیستم با زبان طبیعی تعریف می کنند. هنگامی که

---

[11] - Fuzzy Controller
[12] - Trining Data
[13] - Type-1 Fuzzy Logic System
[14] - Linguistic Variables
[15] - Constellation
[16] - Antecedent
[17] - Consequence

قوانین توسط افراد خبره گرد آوری می شود ، اگر در مورد مجموعه های فازی به کار رفته با جملات مقدم و تالی سؤال ی شود در اینصورت جوابهای مختلفی رااز هر فرد خبره ، دریافت می کنیم. این امر منجر به نامشخصی های آماری در رابطه با محل ها و توزیع های مجموعه های فازی تالی و اولیه شده که چنین نامشخصی هایی می تواند با استفاده از مجموعه های فازی نوع دوّم ، بیان گردد. بعلاوه افراد خبره اغلب جوابهای متفاوتی رابه یک سؤال می دهند که این امر منجر به قوانینی شده است که اولیه های یکسان داشته امّا تالی های متفاوتی دارند. درچنین حالتی ، امکان دارد بیان خروجی سیستم منطق فازی تولید شده از این قوانین ، مانند یک مجموعه فازی باشد که نسبت به یک عدد قطعی[۱۸] ترجیح داده می شود.

منبع دیگر استخراج اطلاعات ، اندازه گیری ها و مدل های ریاضی هستند که از قواعد فیزیکی مشتق شده اند. در بحث اندازه گیری ، همواره نویز عامل نا خواسته محسوب می شود که عملکرد سیستمهای منطق فازی نوع دوم در این حالت نیز ، مطلوب می باشد. می دانیم که مدل کردن احتمالاتی قابل قبول از نامشخصی تصادفی ، بر روی طیف گسترده ای از روش ها متمرکز است که حداقل از دو گشتاور اول از تابع چگالی احتمال[۱۹] ، یعنی میانگین[۲۰] و واریانس[۲۱] استفاده می شود. استفاده از گشتاور مرتبهٔ اول بسیار مفید نخواهد بود چرا که نامشخصی تصادفی نیازمند یک فهم ازپراکندگی حول میانگین بوده و این اطلاعات توسط واریانس فراهم می شود و در اکثر موارد مورد استفاده قرار می گیرد. در منطق فازی ممکن است محاسبهٔ خروجی غیر فازی شده از یک سیستم منطق فازی نوع اول شبیه به محاسبهٔ میانگین یک تابع چگالی احتمال باشد در

[18] - Crisp
[19] - Probability Density Function (PDF)
[20] - Mean
[21] - Variance

اینصورت برای احاطه بیشتر نامشخصی نسبت به مقدار منفرد ، از منطق فازی نوع دوّم استفاده می شود. همچنان که می توان ، به مراتب بالاتر از دوّم برای گشتاور در مدل سازی احتمالاتی اشاره داشت ، همچنین می توان مراتب بالاتر از مجموعه های نوع دوم را در مدلسازی فازی، استفاده کرد. استفاده از مراتب بالاتر ، منجر به افزایش پیچیدگی سیستم می شود. مجموعه های فازی نوع دوم ، این امکان را برای ما فراهم می آورد که نامشخصی های زبانی را مدلسازی کنیم ، با توجه به این ضرب المثل که می گوید: کلمات می توانند معانی متفاوتی را با توجه به مردم متفاوت نتیجه دهند. یک رابطهٔ فازی از مراتب بالاتر (به عنوان مثال ، نوع دوم) روشی برای افزایش فازی بودن سیستم می باشد. در ادامه کاربردهایی از مجموعه وسیستمهای منطق فازی نوع دوّم آورده شده است که با توجه به اینکه مرتباً اطلاعات مورد پردازش در این نواحی از عدم قطعیت برخوردارند ، از اینرو سیستم های فازی نوع دوّم ، نسبت به نوع اوّل مفید تر می باشند: تصمیم گیری فازی نوع دوم[22] [۱۳- ۱۵] ، حل معادلات حوزه زمان با استفاده از روابط فازی[23][۱۶] ، تقریب توابع[24] ،کنترل رباتهای متحرک[25] [۱۷-۲۱] ، پردازش اطلاعات[26] [۲۲و۲۳]، ارتباطات سیار[27] و مخابرات بیسیم[28] [۲۴و۲۵] ، شبکه های مخابرات[29] [۲۶و۲۷]،کنترل مقاوم[30] ، تشخیص الگو[31] [۲۸و۲۹]. ایجاد نامشخصی و عدم قطعیت در مخابرات سیار و در قسمت ضرائب کانال ایجاد می شود ، در حالی که الگوریتم های موجود مشخص می باشند. درشبکه های

22 - Type-2 Fuzzy Decision Making
23 - Solving Fuzzy Relation Equations-Time Series
24 - Function Approximation
25 - Control Of Mobile Robots
26 - Processing Of Data
27 - Mobile Communications
28 - Wireless Communications
29 - Communication Networks
30 - Robust Control
31 - Pattern Recognize

ارتباطی فعلی به واسطه برخورداری از یک رفتار نسبتاً سریع ، عدم قطعیت نسبتاً زیادی در ترافیک ورودی و دیگر پارا مترهای محیطی وجود دارد که سیستمهای منطق فازی نوع دوم می توانند برای آنها مفید واقع گردند. در بررسی سیستمهای فازی نوع دوم،چند سؤال پیش می آیدکه عبارتند از:

سؤال اول : چرا مدت زمان نسبتا طولانی سپری شد تا اینکه مفاهیم سیستم و مجموعه های فازی نوع دوم ظهور کند ؟ در پاسخ به این سؤال باید به روند علم اشاره داشت ؛ یعنی همانگونه که ابتدا به مسائل یقینی[۳۲] و سپس به مسائل تصادفی[۳۳] پرداخته شد ، به همین صورت نیز ، ابتدا سیستم و مجموعه های فازی نوع اول و سپس نوع دوم از اهمیت برخوردار گردید. لذا انتظار می رود که ابتدا حداکثرتکامل در نوع اول صورت گیرد و سپس به بررسی نوع دوم پرداخته شود.

سؤال دوم : چرا سیستم و مجموعه های فازی نوع دوم بلا فاصله عمومیت پیدا نکرده اند ؟ گرچه پروفسور زاده در سال ۱۹۷۵ به معرفی مجموعه های فازی نوع دوم[۳۴] پرداخت[۱] ؛ ولی تا نیمه دوم دهه ۹۰ مطالب بسیار کمی از این نوع سیستمها منتشر گردید[۳۰-۳۴]. یادآوری می کنیم که در دهه ۷۰ ، محققین بیشتر علاقه مند به یادگیری موضوعات مربوط به مجموعه های فازی نوع اول[۳۵] ، مانند کنترل بر اساس منطق فازی نوع اول [۳۶] بوده اند.

سؤال سوم : چرا معتقدیم که با استفاده از مجموعه های فازی نوع دوم ، عملکرد بهتری نسبت به مجموعه های فازی نوع اول ، نتیجه می شود؟ مجموعه های فازی نوع دوم که توسط توابع عضویتشان مشخص می شوند ، نسبت به مجموعه های فازی نوع اول از پارامترهای بیشتری

---

[32] - Determinism
[33] - Randomness
[34] - Type-2 Fuzzy Sets (T2-FSs)
[35] - Type-1 Fuzzy Sets (T1-FSs)
[36] - Type-1 Fuzzy Logic Control (T1-FLC)

برخوردار می باشند ؛ که منجر به افزایش درجه آزادی[۳۷] سیستم می گردد. بنابراین استفاده از سیستمهای فازی نوع دوم از عملکرد بهتری نسبت به سیستمهای فازی نوع اول و به خصوص در محیطهایی با حضور عدم قطعیت ، برخوردارند. توجه به این نکته حائز اهمیت است که در حال حاضر هیچ تئوری برای تائید این مطلب ، وجود ندارد. از سال ۲۰۰۱ به بعد ، بواسطه روان تر شدن محاسبات ، تاکید عمده ای بر روی مجموعه های فازی نوع دوم فاصله ای [۳۸] و سیستمهای فازی نوع دوم فاصله ای[۳۹] ، صورت گرفته است[۳۵- ۴۰ و۷۹-۸۶].

۱-۲- روند ارائه مطالب :

در این پایان نامه ، به بررسی روش های بهینه سازی یادگیری تقویتی نیزاشاره می شود و یک روش پیشنهادی در رساله نیز ارائه شده است. مزیت روش پیشنهادی رساله ، سرعت همگرایی بسیار متفاوت از انواع مرسوم آن بوده که به واسطه بررسی سیستم در یک فضای چند بُعدی ، نتیجه شده است. بررسی انواع سیستمهای مختلف و همگرایی آنها ، توسط شبیه سازی و همچنین ساخت و بهینه سازی یک مدل عملی ، نشان داده شده است. از آنجایی که می توان بسیاری از مسائل بهینه سازی را به صورت پارامتری مدلسازی کرد و سپس بهینه سازی پارامتری را انجام داد؛ از اینرو این فرآیند را برای سیستمهای فازی نوع دوم انجام داده و روش پیشنهادی رساله را بر روی سیستم مدل شده ، پیاده سازی می کنیم. در این پایان نامه ، مدلسازی سیستم را به صورت مدلسازی توابع عضویت انجام می دهیم و از آنجایی که روش پیشنهادی رساله ، از عملکرد بسیار مطلوبی ، به خصوص برای پارامترهایی با همبستگی نسبتاً زیاد ، برخوردار است از اینرو می توان انتظار داشت که سرعت همگرائی سیستم بالا باشد ؛ که این مهم نیز در این رساله مورد بررسی و

---

[37] - Degrees Of Freedom
[38] - Interval Type-2 Fuzzy Sets (IT2-FSs)
[39] - Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems (IT2-FLSs)

ارزیابی قرار گرفته است. همچنین در روش پیشنهادی رساله به اصل همگرائی گروهی[40] اشاره شده است چرا که با تشکیل یک ساختار سلولی[41] n بعدی ، تمامی محاسباتی که به صورت ماتریسی انجام می شود ، امکان تصمیم گیری همزمان تمام متغیرهای تصمیم گیری را فراهم می آورد. تحقیقات به عمل آمده ، عمدتاً به صورت انجام شبیه سازی سیستمهای کنترل فازی نوع دوم بوده که در این پایان نامه ، طراحی - ساخت و تنظیم کنترلر فازی نوع دوم برای یک سیستم عملی مبدل ولتاژ انجام شده است. با توجه به سرعت بالای همگرائی روش پیشنهادی رساله درمسائل بهینه سازی ، ازجمله به کار گیری آن در سیستم کنترلر فازی نوع دوم ، بنابراین عملکرد مطلوبی را می توان در سیستمهای عملی انتظار داشت که این مهم در کنترلر تنظیم شده نمونه سخت افزاری ، نشان داده شده است. ویژگی دیگر روش پیشنهادی رساله ، به کارگیری دو و یا چند مرحله تنظیم می باشد. اولین مرحله تنظیم ، عبارت است از تنظیم درشت[42] و مرحله (مراحل بعدی) تنظیم ، عبارت است از تنظیم (تنظیمات) ریز[43] ، که در بسیاری از موارد ، همان گونه که در نتایج آورده شده در پایان نامه نشان داده شده است ، تنها استفاده از دو مرحله تنظیم کافی است. سیستمهای منطق فازی نوع دوم از حجم محاسبات نسبتاً زیادی برخوردار بوده که در بسیاری از تحقیقات انجام شده به آن اشاره شده است ولی از آنجائیکه در این پایان نامه باید پردازش اطلاعات سیستم فازی نوع دوم در مواجه با سیستم عملی ساخته شده از سرعت بالایی برخوردار باشد از اینرو از خواص تقارنی آورده شده برای انجام محاسبات در این سیستم ها، استفاده شده است.

---

[40] - Swarm Optimization
[41] - Cell Structure
[42] - Coarse Adjust
[43] - Fine Adjust

ساختار رساله از سه بخش اصلی و به صورت زیر تشکیل گردیده است:

۱. توسعه مبانی تئوری : در این قسمت به بهبود روش یادگیری تقویتی و با هدف افزایش سرعت همگرایی ، پرداخته می شود. همچنین بیان جدید ساختار سلولی سیستمهای منطق فازی نوع دوم ، از دیگر نو آوریهای این رساله می باشد و در ضمن روشی جدید نیز برای سیستم کاهش دهنده نوع ، آورده شده است.

۲. شبیه سازی و انجام مطالعات موردی : در این بخش کارآیی مبانی تئوری را با استفاده از شبیه سازی بر روی سیستمهای غیر خطی ، مورد ارزیابی دقیق قرار می دهیم .

۳. اجرای سخت افزاری : با توجه به بررسی انجام شده بر روی تحقیقات به عمل آمده ساخت مدار سخت افزاری و اعمال سیستم کنترلر فازی نوع دوم بر روی آن و تنظیمات سریع کنترلر ، برای اولین بار در این رساله انجام گردید. مقایسه با کنترلر کلاسیک تناسبی-انتگرالی-مشتقگیر[۴۴] ، و همچنین پیاده سازی روش پیشنهادی رساله جهت بهینه سازی کنترلرهای اجراء شده از جمله قسمتهای دیگر این بخش محسوب می شود. در نهایت ارزیابی عملکرد مطلوب سیستم تنظیم شده توسط روش پیشنهادی رساله با دیگر روشهای مرسوم از جمله نتایج دیگر این بخش می باشد.

در ادامه روند ارائه مطالب در این پایان نامه ، به شرح زیر است :

فصل دوم را به بیان روشهای یادگیری تقویتی[۴۵] اختصاص داده و درادامه یک روش تعمیم یافته از یادگیری تقویتی ارائه می شود.

---

[44] -Proportional Integrator Deviation (PID) Controller
[45] -Reinforcement Learning (RL)