



دانشگاه جامع علمی کاربردی جهاد دانشگاهی مشهد

## منطق فازی و بررسی عملکرد آن بر روی سیستم های کنترل

محققین:  
محمد جواد یادگارپور  
سید مهدی نعمتی

استاد راهنما: جناب آقای دکتر عبداللهی

پروژه دوره کاردانی  
رشته نرم افزار و فناوری اطلاعات کامپیوتر

سال تحصیلی 1394

### شکرو سپاس

سپاس خداوند متعال را که مرا خلق نمود و به من توفیق زنده بودن و سربلند زیستن را عطا فرمود .

سپاس می‌گویم او را که به من توفیق تحصیل تا مراحل عالیه را عطا فرمود و در این واپسین روزهایی که از تحصیلات من در دانشگاه مانده از او تمنا دارم که مرا تا پایان این راه مقدس یاری فرماید و تنها اوست که می‌توانم برش تکیه نمایم و از او یاری خواهم . اوست سزاوار ستایش و هر آن نعمتی که به ما ارزانی داشته ، اعم از نعمت‌های مادی و معنوی ، که جملگی جای شکر و تقدیر دارند.

امیدوارم بتوانم در این عمر باقی ذره ای از شکر آن همه نعمت را به جا آورم و بتوانم برای او در رکاب او قدم بردارم .

از او می‌خواهم که مرا در ادامه راه یاری رساند .

### تقدیم به :

آینه های افتادگی و صلابت پدرانمان و تندیس سادگی و نجابت مادرانمان این ساعیان که نیاسودند تا بیاساییم این الهه‌ها که وجودشان برایمان همه مهر

### سپاس

خدایا دلی ده حقیقت شناس                      زبانی سزاوار حمد و سپاس

با سپاس فراوان از استاد گرامی که با رهنمودهای ارزشمند ،

نگارندگان را در نوشتن این پایان نامه یاری نمودند.

جناب دکتر عبدالهی

و تمامی استادان دوران تحصیل

صفحه	فهرست مطالب:
5	تاریخچه منطق فازی
5	تاریخچه مجموعه های فازی
6	تاریخچه مختصری از نظریه و کاربردهای فازی
8	زندگینامه پروفیسور لطفی زاده
9	تعریف سیستمهای فازی و انواع آن
9	چرا سیستمهای فازی
10	سیستمهای فازی چگونه سیستمهایی هستند
10	مثال
11	انواع سیستمهای فازی
11	سیستمهای فازی خالص
12	زمینه های تحقیق عمده در نظریه فازی
13	منطق فازی
14	یکی از بینهایت کاربردهای موضوعات ریاضی و فازی
14	تئوری اشوب
18	توضیح منطق فازی
19	کاربردها
23	دیدگاه های فازی و نگرش آنها به آینده
23	الف ) حالت دو ارزشی در مقابل حالت چند ارزشی
24	ب) دقت بالا ، حالت فازی بالا
24	ج) استدلال فازی ضریب هوشی ماشین را افزایش می دهد
28	انگیزه و اهداف منطق فازی Fuzzy Logic
29	منطق فازی Fuzzy Logic در برابر منطق ارسطویی
30	تا منطق ارسطویی
31	تا منطق فازی
31	مقدمه ای بر سیستم های فازی
33	منطق فازی در دنیای دیجیتال
35	بازی با خطا
35	چرا فازی
36	به کار بردن منطق فازی در سیستم های کنترلی
37	متغیرهای زبان شناختی
37	منطق فازی و کاربردهای آن در پیاده سازی کنترلر فازی

41	تعريفی دیگر از منطق فازی
42	تئوري مجموعه هاي فازی
44	تابع عضویت
44	کاربرد منطق فازی در ساخت ترمز هاي ضد قفل
46	منطق فازی در ساخت فیلم ارباب حلقه ها
47	برخی دیگر از کاربردهای منطق فازی بر روی سیستم های کنترل و تجاری
49	منابع

## تاریخچه منطق فازی

زمانی که در سال ۱۹۶۵ پروفیسور لطفی زاده، استاد ایرانی‌الاصل دانشگاه برکلی، اولین مقاله خود را در زمینه فازی تحت عنوان مجموعه‌های فازی (FUZZY TEST) منتشر کرد، هیچ کس باور نداشت که این جرقه‌ای خواهد بود که دنیای ریاضیات را به طور کلی تغییر دهد.

گرچه در دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ مخالفان جدی برای نظریه فازی وجود داشت، اما امروزه هیچ کس نمی‌تواند ارزش‌های منطق فازی و کنترل‌های فازی را منکر شود.

افتخار هر ایرانی است که پایه علوم قرن آینده از نظریات یک ایرانی می‌باشد؛ باید قدر این فرصت را دانست و در تعمیم نظریه فازی و استفاده از آن کوشش و تلاش کرد. زمینه‌های پژوهش و تحقیق در نظریه فازی بسیار گسترده می‌باشد؛ پژوهشگران علاقه مند می‌توانند با پژوهش و تحقیق در این زمینه باعث رشد و شکوفایی هرچه بیشتر نظریه فازی شوند.

در این مقاله سعی شده است که خوانندگان محترم با نظریه فازی و تاریخچه آن آشنا شوند و زمینه‌های تحقیق و پژوهش مورد بررسی قرار گیرد. امید است که بتوان قدمی هر چند کوچک در جهت تعالی کشور عزیزمان ایران برداریم

## تاریخچه مجموعه‌های فازی

نظریه مجموعه فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی عسگرزاده، دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی امریکا عرضه شد.

اگر بخواهیم نظریه مجموعه‌های فازی را توضیح دهیم، باید بگوییم نظریه‌ای است برای اقدام در شرایط عدم اطمینان؛ این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. پرواضح است که بسیاری از تصمیمات و اقدامات ما در شرایط عدم اطمینان است و حالت‌های واضح غیر مبهم، بسیار نادر و کمیاب می‌باشند.

نظریه مجموعه‌های فازی به شاخه‌های مختلفی تقسیم شده است که بحث کامل و جامع در مورد هر شاخه، به زمان بیشتر و مباحث طولانی‌تری احتیاج دارد. در این مبحث که با انواع شاخه‌های فازی و کاربرد آنها آشنا می‌شویم، تلاش شده است که مباحث به صورت ساده ارائه شود و مسائل بدون پیچیدگی‌های خاص مورد بررسی قرار گیرد.

همچنین تلاش شده است که جنبه‌های نظری هر بحث تا حد امکان روشن شود؛ گرچه در بسیاری موارد به منظور اختصار، از بیان برهان‌ها چشمپوشی شده است و علاقه‌مندان را به منابع ارجاع داده‌ایم. مطالعه این پژوهش می‌تواند زمینه‌ای کلی و فراگیر درباره‌ی اهم شاخه‌های نظریه مجموعه‌های فازی فراهم آورد؛ اما علاقه‌مندان می‌توانند با توجه به نوع و میزان علاقه و هدف خود، به مراجع اعلام شده، مراجعه نمایند.

## • تاریخچه مختصری از نظریه و کاربردهای فازی

### • دهه ۱۹۶۰ آغاز نظریه فازی

نظریه فازی به وسیله پروفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ در مقاله‌ای به نام مجموعه‌های فازی معرفی شد.

ایشان قبل از کار بر روی نظریه فازی، یک استاد برجسته در نظریه کنترل بود. او مفهوم «حالت» را که اساس نظریه کنترل مدرن را شکل می‌دهد، توسعه داد. عسگرزاده در سال ۱۹۶۲ چیزی را بدین مضمون برای سیستم‌های بیولوژیک نوشت: ما اساساً به نوع جدیدی از نیازمندی‌ها؛ ریاضیات نیازمندیم؛ ریاضیات مقادیر مبهم یا فازی که توسط توزیع‌های احتمالات قابل توصیف نیستند.

وی فعالیت خویش در نظریه فازی را در مقاله‌ای با عنوان «مجموعه‌های فازی» تجسم بخشید. مباحث بسیاری در مورد مجموعه‌های فازی به وجود آمد و ریاضیدانان معتقد بودند نظریه احتمالات برای حل مسائلی که نظریه فازی ادعای حل بهتر آن را دارد، کفایت می‌کند.

دهه ۱۹۶۰ دهه چالش کشیدن و انکار نظریه فازی بود و هیچ یک از مراکز تحقیقاتی، نظریه فازی را به عنوان یک زمینه تحقیق جدی نگرفتند. اما در دهه ۱۹۷۰، به کاربردهای عملی نظریه فازی توجه شد و دیدگاه‌های شک‌برانگیز درباره ماهیت وجودی نظریه فازی مرتفع شد.

استاد لطفی‌زاده پس از معرفی مجموعه فازی در سال ۱۹۶۵، مفاهیم الگوریتم فازی را در سال ۱۹۶۸، تصمیم‌گیری فازی را در سال ۱۹۷۰ و ترتیب فازی را در سال ۱۹۷۱ ارائه نمود. ایشان در سال ۱۹۷۳ اساس کار کنترل فازی را بنا کرد این مبحث باعث تولد کنترل‌کننده‌های فازی برای سیستم‌های واقعی بود؛ ممدانی (Mamdani) و آسیلیان (Assilian) چهارچوب اولیه‌ای را برای کنترل‌کننده فازی مشخص کردند. در سال ۱۹۷۸ هومبلاد (Holmblad) و اوسترگارد (Ostergaard) اولین کنترل‌کننده فازی را برای کنترل یک فرایند صنعتی به کار بردند که از این تاریخ، با کاربرد نظریه فازی در سیستم‌های واقعی، دیدگاه شک‌برانگیز درباره ماهیت وجودی این نظریه کاملاً متزلزل شد.

دهه ۱۹۸۰ از لحاظ نظری، پیشرفت کندی داشت؛ اما کاربرد کنترل فازی باعث دوام نظریه فازی شد.

مهندسان ژاپنی به سرعت دریافتند که کنترل‌کننده‌های فازی به سهولت قابل طراحی بوده و در مورد بسیاری مسائل می‌توان از آنها استفاده کرد.

به علت اینکه کنترل فازی به یک مدل ریاضی نیاز ندارد، می‌توان آن را در مورد بسیاری از سیستم‌هایی که به وسیله نظریه کنترل متعارف قابل پیاده‌سازی نیستند، به کار برد. سوگو مشغول کار بر روی ربات فازی شد، ماشینی که از راه دور کنترل می‌شد و خودش به تنهایی عمل پارک را انجام می‌داد. یاشونو (Yasunobu) و میاموتو (Miyamoto) از شرکت هیتاچی کار روی سیستم کنترل قطار زیرزمینی سندایی را آغاز کردند. بالاخره در سال ۱۹۸۷ پروژه به ثمر نشست و یکی از پیشرفته‌ترین سیستم‌های قطار زیرزمینی را در جهان به وجود آورد. در دومین کنفرانس سیستم‌های فازی که در توکیو برگزار شد، درست سه روز بعد از افتتاح قطار زیرزمینی سندایی، هیروتا (Hirota) یک ربات فازی را به نمایش گذارد که پینگ‌پونگ بازی می‌کرد؛ یاماکاوا (Yamakawa) نیز سیستم فازی را نشان داد که یک پاندول معکوس را در حالت تعادل نشان می‌داد. پس از این کنفرانس، توجه مهندسان، دولتمردان و تجار جلب شد و زمینه‌های پیشرفت نظریه فازی فراهم شد.

• دهه ۱۹۹۰ ، توجه محققان امریکا و اروپا به سیستم‌های فازی موفقیت سیستم‌های فازی در ژاپن، مورد توجه محققان امریکا و اروپا واقع شد و دیدگاه بسیاری از محققان به سیستم‌های فازی تغییر کرد. در سال ۱۹۹۲ اولین کنفرانس بین‌المللی در مورد سیستم‌های فازی به وسیله بزرگترین سازمان مهندسی یعنی IEEE برگزار شد.

در دهه ۱۹۹۰ پیشرفت‌های زیادی در زمینه سیستم‌های فازی ایجاد شد؛ اما با وجود شفاف شدن تصویر سیستم‌های فازی، هنوز فعالیت‌های بسیاری باید انجام شود و بسیاری از راه‌حل‌ها و روش‌ها همچنان در ابتدای راه قرار دارد. بنابراین توصیه می‌شود که محققان کشور با تحقیق و تفحص در این زمینه، موجبات پیشرفت‌های عمده در زمینه نظریه فازی را فراهم نمایند.

### • زندگینامه پروفیسور لطفی زاده

استاد لطفی زاده در سال ۱۹۲۱ در باکو متولد شد. آنجا مرکز آذربایجان شوروی بود. لطفی زاده یک شهروند ایرانی بود؛ پدرش یک تاجر و نیز خبرنگار روزنامه ایرانیان بود. استاد لطفی زاده از ۱۰ تا ۲۳ سالگی در ایران زندگی کرد و به مدرسه مذهبی رفت. خاندان

لطفی زاده از اشراف و ثروتمندان ایرانی بودند که همیشه ماشین و خدمتکار شخصی داشتند.

در سال ۱۹۴۲ با درجه کارشناسی مهندسی برق از دانشکده فنی دانشگاه تهران فارغ التحصیل شد. او در سال ۱۹۴۴ وارد امریکا شد و به دانشگاه MIT رفت و در سال ۱۹۴۶ درجه کارشناسی ارشد را در مهندسی برق دریافت کرد. در سال ۱۹۵۱ درجه دکترای خود را در رشته مهندسی برق دریافت نمود و به استادان دانشگاه کلمبیا ملحق شد.

سپس به دانشگاه برکلی رفته و در سال ۱۹۶۳ ریاست دپارتمان مهندسی برق دانشگاه برکلی را که بالاترین عنوان در رشته مهندسی برق است، کسب نمود. لطفی زاده انسانی است که همیشه موارد مخالف را مورد بررسی قرار داده و به بحث درباره آن می پردازد. این خصوصیت، قابلیت پیروزی بر مشکلات را به لطفی زاده اعطا نموده است.



در سال ۱۹۵۶ لطفی‌زاده بررسی منطق چند ارزشی و ارائه مقالات تخصصی در مورد این منطق را آغاز کرد.

پروفسور لطفی‌زاده از طریق مؤسسه پرنستون با استفن کلین آشنا شد. استفن کلین کسی است که از طرف مؤسسه پرنستون، منطق چند ارزشی را در ایالات متحده رهبری می‌کرد. کلین متفکر جوان ایرانی را زیر بال و پر خود گرفت. آنها هیچ مقاله‌ای با یکدیگر ننوشتند، اما تحت تأثیر یکدیگر قرار داشتند.

لطفی‌زاده اصول منطق و ریاضی منطق چند ارزشی را فرا گرفت و به کلین اساس مهندسی برق و نظریه اطلاعات را آموخت.

وی پس از آشنایی با پرنستون، شیفته منطق چند ارزشی شد. در سال ۱۹۶۲ لطفی‌زاده تغییرات مهم و اصلی را در مقاله «از نظریه مدار به نظریه سیستم» در مجله IRE که یکی از بهترین مجله‌های مهندسی آن روز بود، منتشر ساخت. در اینجا برای اولین بار عبارت فازی را برای چند ارزشی پیشنهاد داد. لطفی‌زاده پس از ارائه منطق فازی، در تمام دهه ۱۹۷۰ و دهه ۱۹۸۰ به منتقدان خود در مورد این منطق پاسخ می‌داد. متانت، حوصله و صبوری استاد در برخورد با انتقادات و منتقدان منطق فازی از خود بروز می‌داد، در رشد و نمو منطق فازی بسیار مؤثر بوده است، به طوری که رشد کاربردهای کنترل فازی و منطق فازی در سیستم‌های کنترل را مدیون تلاش و کوشش پروفسور لطفی‌زاده می‌دانند و هرگز جهانیان تلاش این بزرگ‌مرد اسطوره‌ای ایرانی را فراموش نخواهند کرد.

### • تعریف سیستم‌های فازی و انواع آن

واژه فازی در فرهنگ لغت آکسفورد به صورت مبهم، گنگ و نادقیق تعریف شده است. اگر بخواهیم نظریه مجموعه‌های فازی را تعریف کنیم، باید بگوییم که نظریه‌ای است برای اقدام در شرایط عدم اطمینان؛ این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق هستند، صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد.

### • چرا سیستم‌های فازی :

دنیای واقعی ما بسیار پیچیده‌تر از آن است که بتوان یک توصیف و تعریف دقیق برای آن به

دست آورد؛ بنابراین باید برای یک مدل، توصیف تقریبی یا همان فازی که قابل قبول و قابل تجزیه و تحلیل باشد معرفی شود.

با حرکت به سوی عصر اطلاعات، دانش و معرفت بشری بسیار اهمیت پیدا می‌کند. بنابراین ما به فرضیه‌ای نیاز داریم که بتواند دانش بشری را به شکلی سیستماتیک فرموله کرده و آن را به همراه سایر مدل‌های ریاضی در سیستم‌های مهندسی قرار دهد.

### • سیستم‌های فازی چگونه سیستم‌هایی هستند؟

سیستم‌های فازی، سیستم‌های مبتنی بر دانش یا قواعد می‌باشند؛ قلب یک سیستم فازی یک پایگاه دانش است که از قواعد اگر - آنگاه فازی تشکیل شده است. یک قاعده اگر - آنگاه فازی، یک عبارت اگر - آنگاه است که بعضی کلمات آن به وسیله توابع تعلق پیوسته مشخص شده‌اند.

#### مثال :

اگر سرعت خودرو بالاست، آنگاه نیروی کمتری به پدال گاز وارد کنید. کلمات «بالا» و «کم» به وسیله توابع تعلق مشخص شده‌اند؛ توضیحات کامل در شکل ارائه شده است.

#### مثال (۱-۱)

فرض کنید می‌خواهیم کنترل‌کننده‌ای طراحی کنیم که سرعت خودرو را به طور خودکار کنترل کند. راه‌حل این است که رفتار رانندگان را شبیه‌سازی کنیم؛ بدین معنی که قواعدی را که راننده در حین حرکت استفاده می‌کند، به کنترل‌کننده خودکار تبدیل نماییم. در صحبت‌های عامیانه راننده‌ها در شرایط طبیعی از ۲ قاعده زیر در حین رانندگی استفاده می‌کنند :

اگر سرعت پایین است، آنگاه نیروی بیشتری به پدال گاز وارد کنید.

اگر سرعت متوسط است، آنگاه نیروی متعادلی به پدال گاز وارد کنید.

اگر سرعت بالاست، آنگاه نیروی کمتری به پدال گاز وارد کنید.

به طور خلاصه، نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی به دست آوردن مجموعه‌ای از قواعد اگر - آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش حوزه مورد بررسی می‌باشد؛ مرحله بعدی، ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است.