

• به نام خدا •



# مبانی و کاربرد نظریهٔ فازی

تألیف

دتر فریبرز موسوی مدنی



انتشارات دانشگاه الزهرا (س)

---

سرشناسه : موسوی مدنی، فریبرز  
عنوان و نام پدیدآور : مبانی و کاربرد نظریه فازی / تالیف فریبرز موسوی مدنی.  
مشخصات نشر : تهران: دانشگاه الزهرا (س)، ۱۳۹۵.  
مشخصات ظاهری : ۴۱۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.  
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۵۰۰۲-۸۹-۸  
وضعیت فهرست نویسی : فیبا  
یادداشت : واژه نامه.  
یادداشت : کتابنامه.  
موضوع : مجموعه های فازی  
Fuzzy sets  
موضوع : ریاضیات فازی  
Fuzzy mathematics  
موضوع : منطق فازی  
Fuzzy logic  
موضوع : سیستم های فازی  
Fuzzy systems  
موضوع : تصمیم گیری فازی  
Fuzzy decision making  
شناسه افزوده : دانشگاه الزهراء  
رده بندی کنگره : ۱۳۹۵ م۸۴م/م۲۴۸/۴۸  
رده بندی دیویی : ۵۱۱/۳۲۲  
شماره کتابشناسی ملی : ۴۳۷۶۲۶۷

---



ناشر: دانشگاه الزهرا (س)

## مبانی و کاربرد نظریه فازی

دکتر فریبرز موسوی مدنی

طراحی جلد و صفحات:

کارگاه گرافیک فرگاهی

چاپ یکم: ۱۳۹۵

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۰۰۲-۸۹-۸

قیمت: ۲۶۰۰۰ تومان

کلیه ی حقوق برای دانشگاه الزهرا (س) محفوظ است.

## فهرست مطالب

۱۵	پیش‌گفتار
۱۷	<b>فصل اول: دیباچه</b>
۱۹	۱-۱ مقدمه
۲۰	۲-۱ اطلاعات، عدم قطعیت و پیچیدگی
۲۱	۳-۱ زبان و ابهام
۲۲	۴-۱ موردی برای عدم دقت
۲۲	۵-۱ ظهور تئوری مجموعه‌های فازی
۲۳	۶-۱ زمینه‌های کاربرد سیستم‌های فازی
۲۳	۷-۱ تاریخچه‌ای مختصر از مجموعه‌های فازی
۲۴	۸-۱ تئوری مجموعه‌های فازی در تقابل با تئوری احتمالات
۲۵	۹-۱ مجموعه‌های فازی و توابع عضویت
۲۶	۱۰-۱ نقاط و مجموعه‌های چند بعدی

۲۶	۱۱-۱ نظریه فازی
۲۷	۱-۱۱-۱ ریاضیات فازی
۲۷	۲-۱۱-۱ منطق فازی
۲۷	۳-۱۱-۱ سیستم‌های فازی
۲۹	۴-۱۱-۱ تصمیم‌گیری فازی
۳۰	۵-۱۱-۱ هوش مصنوعی و رباتیک
۳۰	۱۲-۱ منطق فازی چگونه به کار گرفته می‌شود؟
۳۱	۱۳-۱ خلاصه فصل

### ۳۳ فصل دوم: مجموعه‌های کلاسیک و مجموعه‌های فازی

۳۵	۱-۲ مجموعه‌های کلاسیک
۳۵	۱-۱-۲ مقدمه
۳۵	۲-۱-۲ تعریف مجموعه‌های کلاسیک
۳۶	۳-۱-۲ روابط بین مجموعه‌ها
۳۷	۴-۱-۲ عضویت
۳۷	۵-۱-۲ عملیات روی مجموعه‌های کلاسیک
۳۹	۶-۱-۲ ویژگی‌های مجموعه‌های کلاسیک
۴۲	۷-۱-۲ نگاشت مجموعه‌های کلاسیک به تابع مشخصه
۴۳	۲-۲ مجموعه‌های فازی
۴۴	۱-۲-۲ عملیات روی مجموعه‌های فازی
۵۳	۲-۲-۲ ویژگی عملیات روی مجموعه‌های فازی
۵۵	۳-۲-۲ تعاریف پایه‌ای
۵۷	۴-۲-۲ برش آلفا در مجموعه‌های فازی
۵۹	۵-۲-۲ برش آلفا از طریق شکل توابع عضویت در مجموعه‌های فازی
۶۰	۶-۲-۲ مجموعه فازی محدب
۶۱	۷-۲-۲ کاردینالیتی یک مجموعه فازی

۶۱	۸-۲-۲ کاردینالیتی نسبی یک مجموعه فازی
۶۲	۹-۲-۲ بررسی قوانین نقیض در فازی
۶۳	۱۰-۲-۲ گسترش مفاهیم مجموعه‌های فازی
۶۴	۳-۲- خلاصه فصل
۶۵	تمرینات فصل

## ۶۹ فصل سوم: روابط کلاسیک و روابط فازی

۷۱	۱-۳ روابط کلاسیک
۷۱	۱-۱-۳ مقدمه
۷۱	۲-۱-۳ ضرب دکارتی
۷۱	۳-۱-۳ تعریف روابط کلاسیک
۷۴	۴-۱-۳ روابط کلاسیک جهانی پیوسته
۷۴	۵-۱-۳ چگونگی نمایش روابط
۷۶	۶-۱-۳ کاردینالیتی روابط کلاسیک
۷۷	۷-۱-۳ عملیات در روابط کلاسیک
۷۸	۸-۱-۳ ویژگی‌های روابط کلاسیک
۷۹	۲-۳ روابط فازی
۸۰	۱-۲-۳ کاردینالیتی روابط فازی
۸۰	۲-۲-۳ عملیات در روابط فازی
۸۲	۳-۲-۳ تصاویر روابط فازی
۸۳	۴-۲-۳ ضرب دکارتی فازی و فرمول بندی
۸۴	۵-۲-۳ ویژگی‌های روابط فازی
۸۵	۶-۲-۳ ترکیب روابط فازی
۹۰	۷-۲-۳ برش آلفا در روابط فازی
۹۱	۸-۲-۳ تقارن روابط فازی نسبت به خط $y=x$
۹۲	۹-۲-۳ انعکاس و انتقال در روابط فازی

۹۴	۳-۳- خلاصه فصل
۹۵	تمرینات فصل
۹۹	<b>فصل چهارم: لمیات ریاضی در مجموعه‌های فازی</b>
۱۰۱	۱-۴ مقدمه
۱۰۱	۲-۴ مفهوم اعداد فازی و بازه‌های فازی
۱۰۱	۱-۲-۴ تعریف اعداد و بازه‌های فازی
۱۰۲	۲-۲-۴ اعداد و بازه‌های فازی نوع L-R خطی، نمایی، توان‌دار و کسری
۱۰۴	۳-۲-۴ نمایش اختصاری اعداد و بازه‌های فازی
۱۰۴	۳-۴ عملیات روی اعداد فازی
۱۰۴	۱-۳-۴ عملیات روی بازه فازی
۱۰۶	۲-۳-۴ بازه برش آلفا
۱۰۸	۳-۳-۴ عملیات حسابی، حداقل و حداکثر فازی
۱۱۵	۴-۴ عدد فازی مثلثی
۱۱۶	۱-۴-۴ عملیات روی عدد فازی مثلثی
۱۱۹	۲-۴-۴ عملیات رایج روی عدد فازی مثلثی
۱۲۱	۳-۴-۴ تقریبی از عدد فازی مثلثی
۱۲۳	۵-۴ انواع دیگر اعداد فازی
۱۲۳	۱-۵-۴ عدد فازی دوزنقه‌ای
۱۲۴	۲-۵-۴ عدد فازی زنگوله‌ای
۱۲۵	۶-۴ معادلات فازی و روش‌های حل آن‌ها
۱۲۵	۱-۶-۴ تعریف توا کلاسیک و نمایش نگاشت آن‌ها
۱۲۶	۲-۶-۴ نگاشت کلاسیک با دامنه و برد فازی
۱۲۷	۳-۶-۴ نگاشت فازی با دامنه غیر فازی و برد فازی
۱۲۸	۴-۶-۴ معادله فازی جمع و ضرب



۱۲۹	۴-۶-۵ حل معادلات بازه‌ای حاصل از برش $\alpha$
۱۳۱	۴-۷ خلاصه فصل
۱۳۲	تمرینات فصل

## ۱۳۵ فصل پنجم: ویژگی‌های توابع عضویت فازی، فازی‌سازی و دفازی‌سازی

۱۳۷	۵-۱ مقدمه
۱۳۷	۵-۲ خصیصه‌های توابع عضویت
۱۴۰	۵-۳ تکنیک‌های مستقیم و غیر مستقیم ایجاد توابع عضویت
۱۴۲	۵-۴ معرفی توابع عضویت پر کاربرد
۱۴۵	۵-۵ دفازی‌سازی مجموعه فازی به کلاسیک
۱۴۸	۵-۶ خواص برش $\alpha$ برای روابط فازی
۱۴۹	۵-۷ دفازی‌سازی مجموعه فازی به اسکالر
۱۵۰	۵-۷-۱ ماکزیمم عضویت
۱۵۱	۵-۷-۲ مرکز ثقل
۱۵۱	۵-۷-۳ میانگین موزون
۱۵۲	۵-۷-۴ میانگین ماکزیمم عضویت
۱۵۹	۵-۷-۵ مرکز مجموع‌ها
۱۶۱	۵-۷-۶ مرکز بزرگترین ناحیه
۱۶۱	۵-۷-۷ اولین یا آخرین ماکزیمم
۱۶۶	۵-۸ خلاصه فصل
۱۶۷	تمرینات فصل

## ۱۷۱ فصل ششم: توسعه توابع عضویت

۱۷۳	۶-۱ مقدمه
-----	-----------

۱۷۳	۲-۶ تعیین درجه عضویت
۱۷۴	۱-۲-۶ شهود
۱۷۴	۲-۲-۶ استنتاج
۱۷۸	۳-۲-۶ رتبه‌بندی
۱۷۹	۴-۲-۶ شبکه‌های عصبی
۲۰۳	۳-۶ خلاصه فصل
۲۰۳	تمرینات فصل

## ۲۰۷ فصل هفتم: منطق و سیستم‌های فازی

۲۰۹	۱-۷ مقدمه
۲۰۹	۲-۷ منطق کلاسیک
۲۱۲	۱-۲-۷ توابع منطق
۲۱۴	۲-۲-۷ رابط‌های منطقی
۲۲۱	۳-۲-۷ همانگویی
۲۲۴	۴-۲-۷ تناقض
۲۲۵	۵-۲-۷ هم‌ارزی
۲۲۶	۶-۲-۷ «یا»ی انحصاری و نقیض «یا»ی انحصاری
۲۲۷	۷-۲-۷ اثبات‌های منطقی
۲۲۹	۸-۲-۷ استدلال استقرایی (قیاسی)
۲۳۱	۳-۷ منطق فازی
۲۳۴	۱-۳-۷ عملیات در بیان فازی
۲۳۷	۲-۳-۷ استدلال تقریبی
۲۴۰	۳-۳-۷ فرم‌های دیگر عملیات استلزام
۲۴۲	۴-۷ سیستم‌های فازی
۲۴۲	۱-۴-۷ زبان طبیعی
۲۴۲	۲-۴-۷ متغیرهای زبانی

۲۴۵	۳-۴-۷ تعديلات زبانی
۲۴۹	۴-۴-۷ سیستم‌های فازی مبتنی بر قواعد
۲۵۲	۵-۷ خلاصه فصل
۲۵۳	تمرینات فصل

## ۲۵۵ فصل هشتم: استنتاج فازی

۲۵۷	۱-۸ مقدمه
۲۵۷	۲-۸ ترکیب قوانین
۲۵۷	۱-۲-۸ ترکیب روابط فازی
۲۶۰	۳-۸ قوانین فازی و استلزام
۲۶۰	۱-۳-۸ قوانین اگر-آنگاه
۲۶۰	۲-۳-۸ استلزام های فازی
۲۶۴	۴-۸ مکانیسم استنتاج
۲۶۴	۱-۴-۸ تجزیه پایگاه قوانین
۲۶۵	۲-۴-۸ پایگاه قانون دو ورودی / تک خروجی
۲۶۶	۳-۴-۸ قانون ترکیبی استنتاج
۲۷۰	۴-۴-۸ استنتاج فازی با پایگاه قواعد
۲۷۹	۵-۸ روش های استنتاج
۲۸۱	۱-۵-۸ روش ممدنی
۲۸۴	۲-۵-۸ روش لارسن
۲۸۷	۳-۵-۸ روش سوکاموتو
۲۸۸	۴-۵-۸ روش تاکاگی - سوگنو-کانگ
۲۹۱	خلاصه فصل
۲۹۱	تمرینات فصل

۲۹۵	<b>فصل نهم: روش‌های خودکار برای سیستم‌های فازی</b>
۲۹۷	۱-۹ مقدمه
۲۹۸	۲-۹ توابع عضویت استاندارد
۲۹۸	۱-۲-۹ تابع عضویت مثلثی
۲۹۹	۲-۲-۹ تابع عضویت ذوزنقه‌ای
۲۹۹	۳-۲-۹ تابع عضویت گوسی
۳۰۰	۴-۲-۹ تابع عضویت زنگوله‌ای
۳۰۰	۵-۲-۹ تابع عضویت سیگموئیدال
۳۰۱	۳-۹ روش‌های خودکار برای سیستم‌های فازی
۳۰۶	۱-۳-۹ الگوریتم BLS
۳۱۴	۲-۳-۹ الگوریتم RLS
۳۲۰	۳-۳-۹ روش گرادیان
۳۳۱	۴-۳-۹ روش خوشه‌بندی نزدیکترین همسایگی
۳۳۵	۵-۳-۹ روش یادگیری از طریق مثال
۳۴۱	۶-۳-۹ یادگیری از طریق مثال اصلاح شده
۳۴۷	۴-۹ خلاصه فصل
۳۴۷	تمرینات فصل

۳۴۹	<b>فصل دهم: تصمیم‌گیری با اطلاعات فازی</b>
۳۵۱	۱-۱۰ مقدمه
۳۵۲	۲-۱۰ ارزیابی هم‌نهستی فازی
۳۵۴	۳-۱۰ رتبه‌بندی فازی
۳۵۷	۴-۱۰ رتبه‌بندی نامتعدی
۳۵۹	۵-۱۰ تصمیم‌گیری چند هدفه
۳۶۵	۶-۱۰ روش تصمیم‌گیری بیزین فازی

۳۷۵	۷-۱۰ تصمیم‌گیری تحت حالت‌های فازی و گزینه‌های فازی
۳۹۰	۸-۱۰ خلاصه فصل
۳۹۰	تمرینات فصل
۳۹۵	فهرست واژگان (انگلیسی به فارسی)
۴۰۷	فهرست مراجع



## پیش‌گفتار

هنگامی که قوانین ریاضیات  
به واقعیات اشاره نمی‌کنند،  
دقیق نیستند و زمانی که دقیق هستند،  
به واقعیات اشاره نمی‌کنند.

آلبرت انیشتین

منطق فازی منطق انسانی و زبانی است. با این منطق می‌توانیم طرز فکر خودمان را به نحو ساده و به راحتی در قالب دستورات ریاضی بیان کنیم. منطق فازی علم مدل‌سازی و فکر کردن بوده و با این منطق می‌توانیم بسیاری از واقعیات‌ها را بیان نماییم. همانگونه که می‌دانید از اواخر قرن بیستم انتشار مقالات و کتب مختلف در زمینه تئوری مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در حوزه‌های گوناگون سرعت چشمگیری داشته و توجه محققان بسیاری را به خود جلب نموده است و از آنجایی که تئوری مجموعه‌های فازی از جمله علوم پایه‌ای محسوب می‌گردد، به نظر می‌رسد آشنایی با آن برای رشته‌های گوناگون علمی یک الزام باشد. با وجود این، شمارگان کتابهایی که به زبان فارسی مباحث نظریه فازی را برای دانشجویان رشته‌های مهندسی و مدیریت عرضه نموده‌اند بسیار اندک و بسا به عنوان مکمل جزوات و کتابهای درسی لاتین استفاده می‌شوند. بدین لحاظ مجموعه حاضر تلاش دارد

مجموعه مباحث و مفاهیم پایه‌ای مورد نیاز دانشجویان مهندسی و مدیریت به ویژه در مقاطع تحصیلات تکمیلی به صورت مدون به گونه‌ای مطرح نماید که دانشجویان در فصل‌های ابتدایی نظریه‌ها و عملیات ریاضی مجموعه‌های فازی را فراگیرند و در ادامه با اصول مدل‌سازی سیستم‌های فازی و توسعه پایگاه‌های قواعد فازی و کاربردهای آن در تصمیم‌گیری آشنا شوند. از آنجا که یکی از هدف‌های نگارش این مجموعه فراهم آوردن مواد آموزشی برای تدریس نظریه فازی در دوره‌های دانشگاهی است سعی شده است برای فهم بهتر جنبه کاربردی بودن مباحث در طراحی مثال‌ها و پرسش‌های انتهای هر فصل مد نظر قرار داده شود.

امید داریم که مجموعه حاضر بتواند پاسخگوی نیاز آموزشی دانشجویان رشته‌های متنوع مهندسی همچون برق، مکانیک، صنایع، علوم پایه و مدیریت باشد و گام کوچکی در ارائه ساختارمند و مدون مباحث مورد نیاز دانشجویان به بیانی شیوا و قابل فهم برداشته باشیم. همچنین هر گونه نقطه نظر و پیشنهاد از سوی خوانندگان گرامی را با آغوش باز پذیرا هستیم.