

منطق فازی

(تعاریف و اصطلاحات کاربردی)

کوانگ اچ. لی

مترجم:

دکتر علی اکبر رحمانی

عضو هیئت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

سرشناسه	: لی، کوآنک هیونگ (Lee, Kwang H. (Kwang Hyung)
عنوان و نام پدیدآور	: منطق فازی (تعاریف و اصطلاحات کاربردی) / کوآنک ای.لی: مترجم علی اکبر رحمانی.
مشخصات نشر	: قزوین: آلائی اندیشه، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۴۴۴ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۱۷-۹ ریال ۲۴۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: c. First course on fuzzy theory and applications. ۲۰۰۵
یادداشت	: چاپ دوم.
یادداشت	: چاپ قبلی: کتاب دانشجو، ۱۳۸۸.
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: مجموعه های فازی
موضوع	: Fuzzy set
موضوع	: منطق فازی
موضوع	: Fuzzy logic
موضوع	: سیستم های فازی
موضوع	: Fuzzy systems
شناسه افزوده	: رحمانی، علی اکبر. ۱۳۳۱، مترجم
رده بندی کنگره	: QA۲۴۸/۳۹۵۵ ۱۳۳۱ ن. ۳ /
رده بندی دیویی	: ۵۱۱/۳۲۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۶۰۷۸۴۸

عنوان کتاب: منطق فازی (تعاریف و اصطلاحات کاربردی)

مترجم: علی اکبر رحمانی (aarahmani@yahoo.com)

ناشر: آلائی اندیشه

تایپ و صفحه آرایی: معصومه ملکی

ویراستار: شهره کریمی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: افق بی پایان

طراح جلد: مهندس کامیل رحمانی

شمارگان: ۵۰۰

نوبت چاپ: اول - پاییز ۱۳۹۵

قیمت: ۲۴۰۰۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۱۷-۹

مرکز بخش شماره ۱: قزوین، شهرک ملاصدرا، اندیشه ۴، بلاک ۲۰، ۳۳۶۶۱۱۵-۲۸

مرکز بخش شماره ۲: انتشارات دانش نگار، میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت، نبش وحید نظری، تلفن: ۶۶۴۰۰۱۴۴

پیشگفتار

نظریه‌ی فازی (fuzzy theory)، موضوعی است که برای دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد جالب به نظر می‌رسد. به هر حال، پیدا کردن کتاب درسی مناسب در دوره‌ی مقدماتی، برای دانشجویانی که می‌خواستند خودآموزی کنند، امر آسانی نبود. هدف اصلی این کتاب، برآوردن این نیاز می‌باشد.

مؤلف کتاب، طی ده سال گذشته، دوره‌هایی را درباره‌ی نظریه و کاربردهای فازی ارائه نموده است و یادداشتهای خود را درباره‌ی این موضوع، به طور پیوسته توسعه داده است؛ این کتاب، در این انتشارات اصلاحات و خلاصه‌ای از یادداشتهای تدریس محسوب می‌شود.

ایدی این کتاب فراهم نمودن مفاهیم اساسی و بنیادی نظریه‌ی فازی و کاربردهای آن می‌باشد و در نتیجه مؤلف بر روی ترسیمات آسان مفاهیم اساسی، متمرکز می‌شود. مثالها و اشکال متعددی در انتهای فصل وجود دارند که به پژوهشگر کمک می‌کنند، موضوع را درک کنند.

این کتاب، از دو بخش تشکیل می‌شود: بخش نظری و بخش کاربردی. بخش نظری شامل فصلهای ۱ تا ۸ می‌شود. فصلهای ۱ و ۲، معرفی مفاهیم اساسی مجموعه‌ها و عملیات فازی (fuzzy sets and operations) می‌زنند و فصلهای ۳ و ۴، مجموعه‌های چند بعدی (multidimensional) را مورد توجه قرار می‌دهند. فصلهای ۵ و ۶، نظریه‌های فازی مربوط به عدد (number) و تابع (function) و فصلهای ۷ و ۸، توسعه‌های خواص فازی درباره‌ی نظریه‌های احتمال (probability) و منطقی (logical) را ارائه می‌نمایند.

بخش دوم، کاربردها را مدنظر قرار می‌دهد. فصل ۹، استنتاج فازی (fuzzy inference) را، که در شرایط نامطمئن مورد استفاده قرار می‌گیرد، معرفی می‌کند و فصل ۱۰، کاربردهای استنتاج مربوط به مسائل کنترل و سامانه‌های تخصصی را توضیح می‌دهد. فصلهای ۱۱ و ۱۲، ترکیبهای هیبرید ممکن با الگوریتم‌های هوشمند (intelligent algorithms) دیگر، به ویژه، شبکه‌ی عصبی (neural network) و الگوریتم ژنتیک (genetic algorithms)، را در اختیار قرار می‌دهند.

کوانگ اچ. لی

مقدمه‌ی مترجم

ممکن است سؤالاتی در خصوص منطق فازی. مانند، منطق فازی چیست؟ چرا منطق فازی به کار گرفته می‌شود؟ مزایا و معایب احتمالی آن کدامند؟ استفاده از منطق فازی چه ارمغانی را به بار خواهد آورد؟ و غیره مطرح شوند.

سردرگمی شما قابل درک است. در این وجیزه‌ی کوتاه، سعی می‌شود به بعضی از سؤالات رایج پاسخ داده شود. چستی منطق فازی: "منطق فازی، تعمیم منطق استاندارد است که در آن، یک مفهوم می‌تواند حاوی درجه‌ای از درستی بین صفر و یک باشد." لازم به یادآوری است که منطق استاندارد، فقط در خصوص مفاهیمی که کاملاً درست (دارای درجه‌ی درستی صفر) هستند به کار برده می‌شود. منطق فازی، برای استدلال درباره‌ی مفاهیم به طور ذاتی مبهم، مانند "بلندی" مورد استفاده قرار می‌گیرد.

منطق فازی برای نمایش و پردازش اطلاعات نامطمئن می‌باشد. در منطق گزاره‌ی قدیمی، هر عامل یا گزاره "مانند فردا باران خواهد آمد"، باید درست یا غلط باشد. در نتیجه، بیشتر اطلاعاتی که مردم درباره‌ی جهان به کار می‌برند، درجه‌ای از عدم قطعیت را درگیر می‌کند. منطق فازی، مانند نظریه‌ی احتمال، برای نشان دادن عدم قطعیت، مقادیر عددی بین صفر و ۱ را به هر گزاره تخصیص می‌دهد. در حالیکه نظریه‌ی احتمال، محتمل بودن درستی یک گزاره را تعیین می‌کند، منطق فازی، درجه‌ای را که گزاره نسبت به آن درست است، تضمین می‌کند. برای مثال، "آقای الف جوان است"، ممکن است درجه‌ی آن از ۰/۸ را داشته باشد.

تفاوت عمده بین اطلاعات احتمالات و منطق فازی، این است که عدم قطعیتی درباره‌ی سن آقای الف وجود ندارد، بلکه درباره‌ی درجه‌ای که او با طبقه‌ی "جوان" تطبیق داده می‌شود اختلاف وجود ندارد. بسیاری از اصطلاحات، مانند "بلند"، "ثروتمند"، "مشهور" یا "تیره"، وقتی که در مورد یک شخص یا شرایط ویژه به کار برده می‌شوند، درجه‌ی معینی معتبر می‌باشند. منطق فازی، سعی می‌کند آن درجه را اندازه بگیرد و به رایانه اجازه می‌دهد این اطلاعات را پردازش کند.

منطق فازی، در اواسط سالهای ۱۹۶۰، به وسیله‌ی دانشمند ایرانی‌الاصل پروفیسور لطفی‌زاده، بر اساس کار قبلی در حوزه‌ی نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی، فرمول‌بندی شد. ایشان، برای کنترل عملیات وسایل الکترونیکی، درک کنترل فازی را که اجازه می‌دهد قوانین ادراکی، مورد استفاده قرار گیرند، نیز فرمول‌بندی کرد. در سالهای ۱۹۸۰، کنترل فازی، در ژاپن و کشورهای دیگری، به یک صنعت غول‌پیکر تبدیل شد و در وسایل خانگی مانند جاروهای برقی، اجاقهای میکروویو و دوربینهای ویدئویی به کار گرفته شد. این وسایل، با استفاده از منطق فازی، می‌توانند

به طور خودکار تحت شرایط مختلف سازگار شوند؛ برای مثال، یک جاروبرقی در ناحیه‌ای که به طور ویژه‌ای، کثیف است، مکش بیشتری اعمال نماید. یکی از مزایای کنترل فازی، این است که می‌تواند به آسانی بر روی رایانه‌ی استاندارد اجرا شود.

علی‌رغم موفقیت تجاری، منطق فازی یک ایده‌ی بحث‌برانگیز در درون جامعه‌ی هوش مصنوعی، باقی می‌ماند. بسیاری از پژوهشگران، پایداری و اعتبار روشهای مورد استفاده برای "استدلال کردن" با منطق فازی را زیر سوال می‌برند.

مانطور که پروفیسور لطفی‌زاده، زمانی بیان کردند "قرار نیست منطق فازی، جایگزین منطق رایج (رایانه‌ها) یا روش‌شناسی‌ها شود، بلکه آنها را در شرایطی که رویکردهای رایج نمی‌توانند مسأله‌ای را به طور مؤثری حل کنند، تکمیل خواهد کرد."

الحمد لله رب العالمین

فروردین ۱۳۹۵

فهرست مطالب

۱	پیشگفتار
۱	فصل ۱. مجموعه‌های فازی
۱	۱-۱. مجموعه
۱	۱-۱-۱. عناصر مجموعه‌ها
۲	۱-۱-۲. رابطه‌ی بین مجموعه‌ها
۴	۱-۱-۳. عضویت
۵	۱-۲. عملیات مجموعه‌ها
۵	۱-۲-۱. متمم (complement)
۵	۱-۲-۲. اجتماع
۶	۱-۲-۳. اشتراک
۷	۱-۲-۴. بخش‌بندی مجموعه
۸	۱-۳. ویژگی مجموعه‌ی قطعی (crisp set)
۸	۱-۳-۱. ویژگی‌های عادی
۹	۱-۳-۲. مجموعه‌ی محدب
۱۰	۱-۴. تعریف مجموعه‌ی فازی
۱۰	۱-۴-۱. اصطلاح برای مجموعه‌ی فازی
۱۳	۱-۴-۲. مثال‌هایی از مجموعه‌های فازی
۱۵	۱-۴-۳. بسط مجموعه‌ی فازی
۱۸	۱-۴-۴. رابطه‌ی بین مجموعه‌ی مرجع و مجموعه‌ی فازی
۱۹	۱-۵. مفاهیم بسط مجموعه‌ی فازی

۱۹	۱-۵-۱. نمونه‌هایی از مجموعه‌ی فازی
۲۰	۲-۵-۱. مجموعه‌ی برش آلفا
۲۳	۳-۵-۱. مجموعه‌ی فازی محدب
۲۵	۴-۵-۱. عدد فازی
۲۶	۵-۵-۱. بزرگی مجموعه‌ی فازی
۲۷	۶-۵-۱. زیر مجموعه‌ی مجموعه‌ی فازی
۲۹	۶-۱. عملیات اندارد مجموعه‌ی فازی
۲۹	۱-۶-۱. متمم (complement)
۲۹	۲-۶-۱. اجتماع
۳۰	۳-۶-۱. اشتراک
۳۱	خلاصه
۳۳	تمرینات
۳۵	فصل ۲. عملیات مجموعه‌ی فازی
۳۵	۱-۲. عملیات استاندارد مجموعه‌ی فازی
۳۷	۲-۲-۲. نمونه‌ای از تابع متمم
۳۹	۳-۲-۲. بخش‌بندی فازی
۴۰	۳-۲. اجتماع فازی
۴۰	۱-۳-۲. اصول تابع اجتماع
۴۲	۲-۳-۲. مثال‌هایی از تابع اتحاد
۴۳	۳-۳-۲. عملیات اجتماع دیگر
۴۴	۴-۲. اشتراک فازی
۴۴	۱-۴-۲. اصول تابع اشتراک
۴۵	۲-۴-۲. مثال‌هایی از اشتراک
۴۷	۳-۴-۲. عملیات اشتراک دیگر

۴۹	۵-۲. عملیات دیگر در مجموعه‌ی فازی
۴۹	۲-۵-۱. مجموع فصلی (مجموع مجزاً)
۵۲	۲-۵-۲. تفاضل در مجموعه‌ی فازی
۵۴	۲-۵-۳. فاصله در مجموعه‌ی فازی
۵۶	۲-۵-۴. حاصل ضرب دکارتی مجموعه‌ی فازی
۵۷	۲-۶. نرم‌های مثلثی (اشتراک) (t -norm) و نرم مثلثی (اجتماع) (t -conorm)
۵۷	۲-۶-۱. تعابیر مختلف از نرم‌های مثلثی (اشتراک) و نرم‌های مثلثی (اجتماع)
۵۹	۲-۶-۲. دوقسیتی نرم‌های مثلثی (اشتراک) و نرم‌های مثلثی (اجتماع)
۶۰	خلاصه
۶۴	تمرین‌ها
۶۷	فصل ۳. رابطه و ترکیب فازی
۶۷	۳-۱. رابطه‌ی فازی
۶۷	۳-۱-۱. مجموعه‌ی حاصل ضرب
۶۹	۳-۱-۲. تعریف رابطه
۷۱	۳-۱-۳. مشخصه‌های ($characteristic$) رابطه
۷۳	۳-۱-۴. روش‌های نمایش روابط
۷۶	۳-۱-۵. عملیات بر روی روابط
۷۷	۳-۱-۶. مسیر و همبندی (ارتباط) در نمودار
۷۷	۳-۲. خواص رابطه بر روی یک مجموعه‌ی تکی
۷۸	۳-۲-۱. خواص بنیادی ($fundamental\ properties$)
۸۰	۳-۲-۲. رابطه‌ی هم‌ارزی
۸۰	۳-۲-۳. رابطه‌ی سازگاری (رابطه‌ی تحمل ($tolerance$))
۸۲	۳-۲-۴. رابطه‌ی پیش‌ترتیب
۸۶	۳-۳. رابطه‌ی فازی

۸۶	 ۱-۳-۳. تعریف رابطهی فازی
۸۸	 ۲-۳-۳. مثال‌هایی از رابطهی فازی
۹۰	 ۳-۳-۳. ماتریس فازی
۹۲	 ۴-۳-۳. عملیات رابطهی فازی
۹۴	 ۵-۳-۳. ترکیب رابطهی فازی
۹۵	 ۶-۳-۳. برش آلفای رابطهی فازی
۹۷	 ۷-۳-۳. تصویر (projection) و بسط استوانه‌ای (cylindrical extension)
۱۰۰	 ۴-۳-۳. بسط مجموعه‌ی فازی
۱۰۰	 ۱-۴-۳. بسط به وسیله‌ی رابطه
۱۰۲	 ۲-۴-۳. اصل بسط
۱۰۲	 ۳-۴-۳. بسط به وسیله‌ی رابطهی فازی
۱۰۵	 ۴-۴-۳. فاصله‌ی فازی بین مجموعه‌ها، فازی
۱۰۷	 خلاصه
۱۱۰	 تمرین‌ها
۱۱۳	 فصل ۴. نمودار و رابطهی فازی
۱۱۳	 ۱-۴. نمودار فازی
۱۱۳	 ۱-۱-۴. نمودار و نمودار فازی
۱۱۴	 ۲-۱-۴. نمودار فازی و رابطهی فازی
۱۱۸	 ۳-۱-۴. برش آلفای نمودار فازی
۱۲۴	 ۴-۱-۴. شبکه‌ی فازی
۱۲۶	 ۲-۴. مشخصات رابطهی فازی
۱۲۶	 ۱-۲-۴. رابطهی بازتابی
۱۲۷	 ۲-۲-۴. رابطهی متقارن
۱۲۸	 ۳-۲-۴. رابطهی متعدی

۱۲۹	 (transitive closure) ۴-۲-۴. بستار متعدی
۱۳۱	 ۳-۴. طبقه‌بندی رابطه‌ی فازی
۱۳۲	 ۱-۳-۴. رابطه‌ی هم‌ارزی فازی
۱۳۵	 ۲-۳-۴. رابطه‌ی سازگاری فازی
۱۳۷	 ۳-۳-۴. رابطه‌ی پیش‌ترتیب فازی
۱۳۸	 ۴-۳-۴. رابطه‌ی ترتیب فازی
۱۴۲	 ۴-۴. روابط دایره‌ای دیگر
۱۴۲	 ۱-۴-۴. رابطه‌ی ترتیب فازی
۱۴۴	 (dissimilitude) ۲-۴-۴. رابطه‌ی عدم تشابه
۱۴۶	 ۳-۴-۴. ریختار (isomorphism) فازی
۱۴۸	 ۴-۴-۴. مثال‌هایی از ریختار فازی
۱۵۱	 خلاصه
۱۵۴	 تمرین‌ها
۱۵۷	 فصل ۵. عدد فازی
۱۵۷	 ۱-۵. مفهوم عدد فازی
۱۵۷	 ۱-۱-۵. بازه
۱۵۸	 ۲-۱-۵. عدد فازی
۱۶۰	 ۳-۱-۵. عملیات بازه
۱۶۲	 ۲-۵. عملیات عدد فازی
۱۶۲	 ۱-۲-۵. عملیات بازه‌ی برش آلفا
۱۶۳	 ۲-۲-۵. عملیات عدد فازی
۱۶۴	 ۳-۲-۵. مثال‌هایی از عملیات عدد فازی
۱۶۸	 ۳-۵. عدد فازی مثلثی
۱۶۸	 ۱-۳-۵. تعریف عدد فازی مثلثی

۱۷۰	 ۲-۳-۵. عملیات عدد فازی مثلثی
۱۷۴	 ۳-۳-۵. عملیات عدد فازی عمومی
۱۷۹	 ۴-۵. انواع دیگری از اعداد عدد فازی
۱۷۹	 ۱-۴-۵. عدد فازی دوزنقه‌ای
۱۸۰	 ۲-۴-۵. عملیات عدد فازی دوزنقه‌ای
۱۸۲	 ۳-۴-۵. عد فازی زنگوله‌ای
۱۸۲	 خلاصه
۱۸۴	 تمرین‌ها
۱۸۷	 فصل ۶. تابع فازی
۱۸۷	 ۱-۶. انواع توابع فازی
۱۸۷	 ۱-۱-۶. تابع با محدودیت فازی
۱۸۹	 ۲-۱-۶. توسعه‌ی فازی‌بودن به وسیله‌ی تابع قطعی
۱۹۰	 ۳-۱-۶. تابع فازی‌کننده‌ی متغیر قطعی
۱۹۳	 ۲-۶. حداکثرها و حداقل‌های (extrema) تابع فازی
۱۹۳	 ۱-۲-۶. حداکثرسازی و حداقل‌سازی مجموعه
۱۹۶	 ۲-۲-۶. حداکثر مقدار تابع قطعی
۲۰۰	 ۳-۶. انتگرال‌گیری و دیفرانسیل‌گیری تابع فازی
۲۰۰	 ۱-۳-۶. انتگرال‌گیری (integration)
۲۰۳	 ۲-۳-۶. دیفرانسیل‌گیری (differentiation)
۲۰۶	 خلاصه
۲۰۷	 تمرین‌ها
۲۱۱	 فصل ۷. احتمال و عدم قطعیت
۲۱۱	 ۱-۷. احتمال و امکان (possibility)
۲۱۱	 ۱-۱-۷. نظریه‌ی احتمال

۲۱۳	۲-۱-۷. توزیع امکان
۲۱۴	۱-۳-۷. مقایسه‌ی احتمال و امکان
۲۱۵	۲-۷. رویداد فازی
۲۱۶	۱-۲-۷. احتمال قطعی رویداد فازی
۲۱۸	۲-۲-۷. احتمال فازی رویداد فازی
۲۲۲	۳-۷. عدم قطعیت
۲۲۲	۱-۳-۷. سطح عدم قطعیت عنصر
۲۲۳	۲-۳-۷. اِی‌ها، مجموعه‌ی فازی
۲۲۴	۴-۷. معیار ابهام
۲۲۴	۱-۴-۷. تعریف
۲۲۶	۲-۴-۷. معیار با استفاده از انرژی
۲۳۰	۳-۴-۷. مقدار (معیار) با استفاده از فاصله‌ی تاک
۲۳۴	خلاصه
۲۳۵	تمرین‌ها
۲۳۷	فصل ۸. منطق فازی
۲۳۷	۱-۸. منطق کلاسیک
۲۴۷	۱-۱-۸. منطق گزاره (proposition logic)
۲۴۱	۲-۱-۸. تابع منطقی
۲۴۲	۳-۱-۸. گزاره‌ی همیشه راستگو و قانون استنتاج
۲۴۵	۴-۱-۸. منطق محمول (predicate logic)
۲۴۷	۵-۱-۸. سور، چندی‌نما (quantifier)
۲۴۸	۲-۸. منطق فازی
۲۴۸	۱-۲-۸. عبارت فازی
۲۴۹	۲-۲-۸. عملگرها در عبارت فازی

۲۵۱	 مثال‌هایی از عملیات منطق فازی ۳-۲-۸
۲۵۲	 متغیر زبانی (linguistic variable) ۳-۸
۲۵۲	 تعریف متغیر زبانی ۱-۳-۸
۲۵۳	 محمول فازی ۲-۳-۸
۲۵۴	 اصلاح‌کننده‌ی فازی ۲-۳-۸
۲۵۵	 وابسته، پیرو درستی فازی (fuzzy truth qualifier) ۴-۸
۲۵۵	 متغیر درستی فازی ۱-۴-۸
۲۵۷	 مثال‌هایی از وابسته‌ی پیرو و درستی فازی ۲-۴-۸
۲۵۹	 نمایش قانون فازی ۵-۸
۲۵۹	 نمایش (representation) استنتاج و دانش ۱-۵-۸
۲۶۰	 نمایش محمول فازی به مسدودی اولیه‌ی فازی ۲-۵-۸
۲۶۱	 نمایش قانون فازی ۳-۵-۸
۲۶۴	 خلاصه
۲۶۶	 تمرین‌ها
۲۶۹	 فصل ۹. استنتاج فازی
۲۶۹	 ترکیب قوانین (composition of rules) ۱-۹
۲۶۹	 اصل بسط و ترکیب ۱-۱-۹
۲۷۰	 ترکیب مجموعه‌های فازی ۲-۱-۹
۲۷۱	 ترکیب روابط فازی ۳-۱-۹
۲۷۲	 مثالی از ترکیب فازی ۴-۱-۹
۲۷۵	 قوانین فازی و استلزام ۲-۹
۲۷۵	 قوانین اگر-آنگاه فازی ۱-۲-۹
۲۷۶	 استلزام فازی ۲-۲-۹
۲۷۷	 مثالی از ایجاب‌های فازی ۳-۲-۹

۲۸۰	۳-۹. ساز و کار استنتاج.....
۲۸۰	۱-۳-۹. تجزیه‌ی قاعده‌ی بنیانی (rule base).....
۲۸۱	۲-۳-۹. قاعده‌ی بنیانی دوورودی / یک‌خروجی (MISO) (two-input/ single- output).....
۲۸۲	۳-۳-۹. قانون ترکیبی استنتاج.....
۲۸۶	۴-۳-۹. استنتاج فازی با قاعده‌ی بنیانی.....
۲۹۶	۴-۹. روش‌های استنتاجی.....
۲۹۷	۱-۴-۹. روش ممدانی.....
۳۰۱	۲-۴-۹. روش لارسن.....
۳۰۴	۳-۴-۹. روش تسو اموتو (Tsukamoto).....
۳۰۶	۴-۴-۹. روش TSK.....
۳۰۹	خلاصه.....
۳۱۵	فصل ۱۰. سامانه‌های کنترل فازی و خبره.....
۳۱۵	۱-۱۰. کنترل‌گر منطق فازی.....
۳۱۵	۱-۱-۱۰. مزایای کنترل‌گر منطق فازی.....
۳۱۶	۲-۱-۱۰. شکل کنترل‌گر منطق فازی.....
۳۱۷	۳-۱-۱۰. انتخاب متغیرهای حالت و متغیرهای کنترل.....
۳۱۸	۲-۱۰. جزء سطح مشترک فازی‌سازی.....
۳۱۹	۳-۱۰. جزء پایگاه دانش.....
۳۱۹	۱-۳-۱۰. پایگاه داده‌ها.....
۳۲۶	۲-۳-۱۰. پایگاه قانون.....
۳۲۸	۴-۱۰. استنتاج (منطق تصمیم‌گیری).....
۳۲۹	۱-۴-۱۰. روش ممدانی.....
۳۳۰	۲-۴-۱۰. روش لارسن.....
۳۳۱	۳-۴-۱۰. روش تسوکاموتو.....

۳۳۲	 TSK روش ۴-۴-۱۰
۳۳۳	 غیر فازی سازی ۵-۱-۱۰
۳۳۴	 میانگین روش حداکثر (MOM) ۱-۵-۱۰
۳۳۴	 روش مرکز سطح (COA) ۲-۵-۱۰
۳۳۶	 جدول داده‌ها (lookup table) ۴-۵-۱۰
۳۳۶	 دستور العمل طراحی کنترل گر منطق فازی ۶-۱۰
۳۳۸	 مثال کار روی طراحی FLC ۷-۱۰
۳۴۳	 سامانه‌های خب فازی ۸-۱۰
۳۴۴	 میانجی سازی سامان ۱-۸-۱۰
۳۴۴	 موتور استنتاج (طریق تصویغی) ۲-۸-۱۰
۳۴۵	 تقریب زبانی ۳-۸-۱۰
۳۴۵	 زمان بندی کننده (s heduler) ۴-۸-۱۰
۳۴۶	 خلاصه
۳۴۸	 تمرین‌ها
۳۵۱	 فصل ۱۱. امتزاج سامانه‌ی فازی و شبکه‌های عصبی
۳۵۱	 ۱-۱۱. شبکه‌های عصبی
۳۵۱	 ۱-۱-۱۱. مفاهیم اساسی شبکه‌های عصبی
۳۵۲	 ۲-۱-۱۱. الگوریتم یادگیری
۳۵۳	 ۳-۱-۱۱. پروسیترونهای چندلایه و یادگیری پس تکثیر خطا
۳۵۷	 ۲-۱۱. امتزاج با شبکه‌های عصبی
۳۵۷	 ۱-۲-۱۱. اصطلاح سامانه‌های فازی با یادگیری شبکه‌ی عصبی نظارت شده
۳۶۳	 ۲-۲-۱۱. ساخت شبکه‌های عصبی با استفاده از سامانه‌های فازی
۳۶۸	 ۳-۲-۱۱. ساختن توابع عضویت با شبکه‌های عصبی
۳۷۰	 ۴-۲-۱۱. تخمین سامانه‌های فازی با شبکه‌های عصبی

۳۷۲	۱۱-۲-۵. به هم پیوستن (concatenating) شبکه‌های عصبی و سامانه‌های فازی
۳۷۶	خلاصه
۳۷۸	تمرین‌ها
۳۷۹	فصل ۱۲. امتزاج سامانه‌های فازی و الگوریتم‌های ژنتیک
۳۷۹	۱۲-۱-۱. الگوریتم‌های ژنتیک
۳۷۹	۱۲-۱-۱. باختر کلی الگوریتم‌های ژنتیک
۳۸۱	۱۲-۱-۲. تکامل الگوریتم‌های ژنتیک
۳۸۵	۱۲-۲. امزاج با الگوریتم‌های ژنتیک
۳۸۵	۱۲-۲-۱. شناسایی سامانه‌های فازی با الگوریتم‌های ژنتیک
۳۹۱	۱۲-۲-۲. کنترل پارامترهای الگوریتم ژنتیک با سامانه‌های فازی
۳۹۵	خلاصه
۳۹۶	تمرین‌ها
۴۰۴	واژگان فارسی - انگلیسی
۴۱۱	واژگان انگلیسی - فارسی
۴۱۷	نمایه‌ها