مبانی منطق فازی

محمدباقر لک

کارشناس‌ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، mbagherlak@agrimechanization.com

مقدمه

بطوریکه در لغت نامه آکسفورد ذیل واژه "منطق فازی[1]" آمده است؛ منطق فاز منطقی است که به منظور تلاش در وا داشتن رایانه برای رفتار کردن به مانند انسان بکارگرفته می شود.

منطق فازی برای نخستین بار در سال ۱۹٦٥ توسط پروفسور لطفی عسگرزاده استاد علوم کامپیوتر دانشگاه کالیفرنیا در برکلی بنیان نهاده شد. منطق فازی (FL) اساساً منطقی چند ارزشی است که اجازه می دهد ارزش های میانی بین ارزیابی های متداولی همچون درست یا نادرست، آری یا خیر، زیاد یا کم و غیره تعریف شوند. مفاهیمی مانند نسبتاً بلند یا خیلی سریع را می توان به طور ریاضی فرموله کرد و به وسیله رایانه ها پردازش کرد تا روشی مشابه تر به انسان در تفکر برنامه نویسی رایانه ها به کارگرفته شود.

نظام های فازی چاره ای برای مفاهیم سنتی عضویت مجموعه و منطق هستند که خاستگاه های خود را از فلسفه یونان باستان دارند. دقت ریاضی موفقیت خود را تا حد زیادی مدیون تلاش های ارسطو و فلاسفه ای می داند که پیشگام او بودند. در تلاش آن ها برای طرح یک تئوری مختصر منطق، و سپس ریاضیات، به اصطلاح "قوانین استدلال[2]" مفروض شد. یکی از اینها "قانون میانه مستثنا[3]" بیان می کند که هر قضیه باید هم درست و هم نادرست باشد. حتی زمانی که پارمیندس نخستین تفسیر از این قانون را پیشنهاد کرد (حدود ٤٠٠ سال پیش از میلاد) ایرادهای محکم و سریعی به وی وارد شد: مثلاً هراکلیتوس پیشنهاد کرد که چیزها می توانند همزمان درست و نادرست باشند. این پلاتو بود که آنچه که منطق فازی شد را پی ریزی کرد که نشان می داد که یک ناحیه سومی (ورای درست و نادرست) وجود دارد. دیگر فلاسفه در دوران معاصر مقصودهای وی را منعکس کردند که هگل، مارکس، و انگلس در بین آن ها برجسته هستند. امّا این لوکاسیویکز بود که برای نخستین بار یک چاره نظام مند بر منطق دو ارزشی ارسطو پیشنهاد کرد. منطق فازی به عنوان یک ابزار سودمند برای کنترل کردن و فرمان دادن به سامانه ها و فرآیندهای صنعتی پیچیده، همچنین برای لوازم الکترونیکی خانگی و تفریحی و نیز برای دیگر نظام های خبره و کاربردهایی مانند طبقه بندی داده های SAR[4] ظهور پیدا کرد.

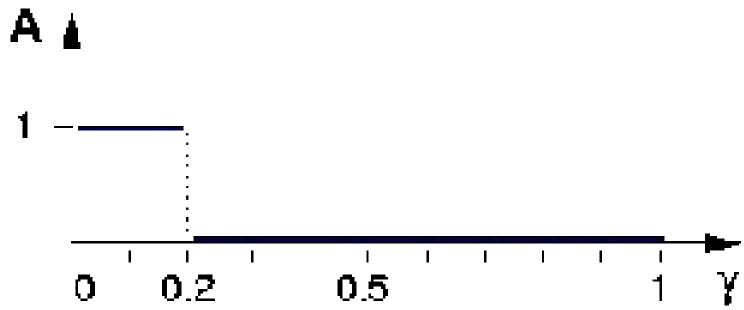
منطق فازی راهی متفاوت برای نزدیک شدن به یک مسئله کنترل یا طبقه بندی فراهم می آورد. این شیوه بر چیزی که سامانه باید انجام دهد تمرکز دارد تا اینکه تلاش کند چگونگی کار آن را مدل کند. از طرف دیگر روش منطق فازی نیازمند یک دانش خبره کارآمد برای فرموله کردن مبنای قانون، ترکیب مجموعه ها و غیر فازی کردن دارد. به طور کل، گزینش منطق فازی، برای فرآیندهای بسیار پیچیده، در زمانیکه مدل ریاضی ساده ای وجود نداشته باشد، برای فرآیندهای بسیار غیر خطی یا اینکه پردازش دانش خبره (بطور زبانی فرموله شده) باید انجام

1 - Fuzzy Logic
2 - Laws of Thought
3 - Law of the Excluded Middle
4 - Structure–Activity Relationships (SAR)

شود، ممکن است کمک رسان باشد. اگر روش متداول به نتایج رضایت بخشی برسد، یک مدل ریاضی دقیق و به سادگی قابل حل وجود داشته باشد، یا مسئله غیر قابل حل نباشد انتخاب منطق فازی توصیه نمی شود.

مجموعه های فازی و مجموعه های معمولی

نظریه بسیار اساسی نظام های فازی یک (زیر) مجموعه فازی است. در ریاضیات کلاسیک با چیزی که مجموعه های معمولی می نامیم آشنا هستیم. مثلاً مقادیر g ارتباط تداخلی[1] ممکن مجموعه X از تمام اعداد حقیقی بین ۰ و ۱ هستند. از این مجموعه X یک زیر مجموعه A را می توان تعریف کرد (مثلاً همه مقادیر $0.2 \leq g \leq 0$). معادله مشخصه A (یعنی این معادله یک عدد ۱ یا ۰ را به هر عنصر X با توجه به اینکه عنصر در زیر مجموعه A هست یا نیست، اختصاص می دهد) در شکل ۱ نشان داده شده است.

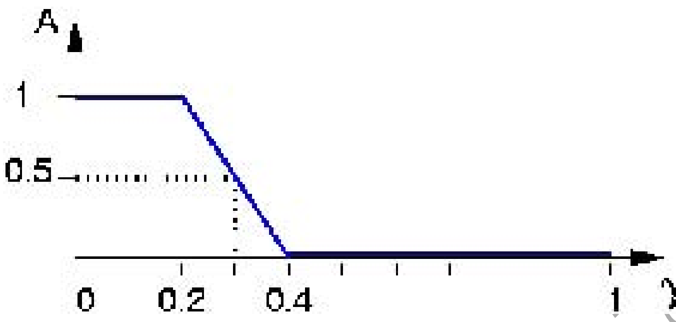


شکل ۱. تابع مشخصه یک مجموعه معمولی

عناصری که به عدد ۱ اختصاص یافته اند را می توان بعنوان عناصری تفسیر کرد که در مجموعه A هستند و عناصری که عدد ۰ به آن ها اختصاص داده شده است، به عنوان عناصری که در مجموعه A نیستند، قلمداد می شوند. این مفهوم برای بسیاری از نواحی کاربردها کافی هستند، امّا به سادگی می توان دید فاقد انعطاف پذیری برای بعضی کاربردها مانند طبقه بندی تحلیل داده های حس شده از دور هستند. مثلاً، مشهور است که آب g ارتباط تداخلی کمی در تصاویر SAR نشان می دهد. به محض اینکه g از صفر شروع می کند، دامنه پایین تر این مجموعه باید پاک شود. دامنه بالاتر، از طرفی دیگر تعریف نسبتاً سختی دارد. به عنوان یک کوشش نخست، دامنه بالاتر را روی ۰.۲ تنظیم کردیم. بنابراین B را بعنوان یک بازه معمولی $B = [0,0.2]$ گرفتیم. امّا این بدان معناست که یک مقدار ۰.۲ برای g کم است امّا یک مقدار ۰.۲۱ خیر. به وضوح، این مشکل ساختاری است. چون اگر مرز بالایی دامنه را از $g = 0.2$ به یک نقطه دلخواه ببریم همان سؤال پیش می آید. یک روش طبیعی تر برای ساختن مجموعه B کم کردن انفصال محض بین کم و غیر کم است. این کار را می توان با پذیرفتن نه فقط تصمیم (معمولی) آری یا خیر، بلکه قابل انعطاف تر مانند "نسبتاً کم" انجام داد. یک مجموعه فازی به ما اجازه می دهد تا چنین تصوری را تعریف کنیم. هدف استفاده از مجموعه های فازی به منظور "هوشمندتر" ساختن رایانه ها می باشد. در نتیجه، ایده آن باید بطور رسمی تر کد گذاری شود. در این مثال، همه عناصر با ۰ یا ۱ کدگذاری شدند. یک روش راحت به منظور عمومی کردن این مفهوم، اینست که مقادیر بیشتری بین ۰ و ۱ پذیرفته شوند. در حقیقت، به طور نامحدود بسیاری از گزینه ها را می توان بین مرزهای ۰ و ۱، بنام بازه واحد $I = [0,1]$ پذیرفت. تفسیر اعداد، که اکنون برای همه عناصر اختصاص یافت مشکل تر است. البته، مجدداً عدد ۱ به عنصری اختصاص

1 - Interferometric Coherence g Values

یافت که بدین معناست که عنصر در مجموعه B است و «۰» بدین معنی است که عنصر قطعاً در مجموعه B وجود ندارد. همه مقادیر دیگر یک عضویت تدریجی به مجموعه B دارند. این در شکل۲ نشان داده شده است. تابع عضویت یک نمایش گرافیکی از اندازه مشارکت هر ورودی است. یک وزن گذاری را با هر یک از ورودی ها که پردازش می شوند مرتبط ساخته است، همپوشی تابع بین ورودی ها را معین می کند، و در نهایت یک پاسخ خروجی تعیین می کند. قوانین از مقادیر عضویت ورودی به عنوان عوامل وزن دهی استفاده می کنند تا تأثیر آن ها را بر مجموعه های خروجی فازی استنتاج خروجی نهایی تعیین کنند.



شکل۲. تابع مشخصه یک مجموعه فازی

تابع عضویت، که در این مورد در یک مجموعه فازی g ارتباط تداخلی کار می کند، به یک مقدار بین ۰.۰ و ۰.۱ نگاشت می کند. مثلاً یک g ارتباط تداخلی ۰.۳ عضویت ۰.۵ درمجموعه "وابستگی کم" دارد (شکل۲ را ببینید). نشان دادن تفاوت بین منطق فازی و احتمال مهم است. هردو در بازه عددی یکسانی کار می کنند و مقادیر مشابهی دارند: ۰.۰ نشان دهنده نادرست (یا بدون عضویت) است و ۱.۰ نشان دهنده درست (یا عضویت کامل) می باشد. البته یک فرق را بین دو عبارت باید قائل شد: روش احتمالات عبارت زبانی طبیعی را حاصل می دهد، "شانس ۵۰٪ درصد وجود دارد که g کم باشد"، در حالی که اصطلاحات فنی فازی مربوط می شود به اینکه درجه عضویت g در مجموعه ارتباط تداخلی کم ۰.۵ است". اختلاف معنایی قابل توجه است: جنبه نخست آنکه فرض می کند که g کم است یا خیر؛ این دقیقاً همانست که فقط ۵۰٪ شانس دانستن مجموعه ای که در آن واقع است را داریم. در مقابل، اصطلاحات فنی فازی فرض می کند که g "بیشتر یا کمتر" کم است، یا به عبارت دیگر متناظر است با مقدار ۰.۵.

بطوریکه در زبان عامیانه رواج دارد، استفاده از تعابیر کیفی تأثیر معنایی بهتری در ذهن مخاطب داشته و عباراتی همچون کم، زیاد، متوسط، عالی، خوب، بد، سرد، (میوه) کال، زیبا، بلند، سنگین، خطر، کند و سریع و بسیاری از این قبیل، بر ویژگی های کیفی از یک چیز دلالت دارد و دقیق نیستند و به طوریکه محسوس است، در تعبیری مانند هوای سرد، صحبتی از مقدار بیان نمی شود و در پاسخ به این پرسش که هوا چقدر سرد است؟ با توجه به فصل مثلاً پاسخ داده می شود با لباس نازک نمی توانی بیرون بروی یا اینکه حتماً کلاه و دستکش فراموش نشود. امّا این نمی تواند نشان دهنده دمای هوا باشد و از طرف دیگر هم اگر دمای هوا گفته شود مثلاً ۲۰- یا ٤- درجه سانتیگراد، یا هر مقدار دیگری، این خود عدد نیست که معیار تصمیم گیری برای واکنش به این عامل محرک (سرما) می شود، بلکه میزان سردی هوا که با تجربه بدست آمده است ما را وادار به پوشیدن لباس گرم می کند و ضخامت لباسی که در دمای ۲۰°C- پوشیده می شود لزوماً پنج برابر لباسی که در دمای ٤°C- به تن می کنیم نیست. به طوریکه پروفسور لطفی زاده (پدر علم منطق فازی) در این باره چنین می گوید:

"پیچیدگی زیاد می شود، عبارات دقیق معنای خود را از دست می دهند و عبارات معنی دار دقت خود را".

از طرفی دیگر هنری ماتیس این پیام را تصدیق می کند که *"دقت یک چیز واقعیت آن نیست"*.

نظام های فازی درصدد کنار گذاشتن نظام ای کلاسیک نیستند بلکه مکمّل آن ها هستند. کاربردهای آن در علوم مختلف چشمگیر است. به طوریکه از مسائل تراکم خاک و سمپاشی محصولات کشاورزی گرفته تا بررسی آماری مسائل ارزیابی هواپیما را پوشش می دهد. اصول محاسبات نرم که اخیراً مطرح شده است، ائتلافی است از چند روش پایه ای منطق فازی، شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک، استدلال احتمال و تئوری راف برای سامانه های هوشمند.

در منطق فازی برای تعلق داشتن یک متغیر به یک مجموعه تابع عضویت تعریف می شود و تابع عضویت نشان دهنده میزان تعلق آن متغیر به مجموعه است. مثلاً اگر در یک کلاس درس از شما بپرسند در این کلاس ابزارهای نوشتن را معرفی کنید، در پاسخ شما ممکن است لوازم التحریری مانند مداد، خودکار، ماژیک، گچ، روان نویس، خودنویس و از این قبیل را معرفی کنید. امّا اگر درباره تمام ابزارهایی که در آن کلاس این قابلیت را دارند که برای درج نوشته پرسش شود چه! آیا یک تکه گچ جدا شده از دیوار نمی تواند این قابلیت را داشته باشد! مگر عامل جدا شدن گچ از دیوار ساییده شدن نیمکت ها به دیوار نیست که بعضاً خطی هم بر دیوار انداخته است! کف کفش افرادی که بر دیوار سفید نقش گذاشته است چطور! آیا با تابلو پاک کن مملو از گرد گچ یا ذرات رنگی ماژیک نمی توان بر تابلو نقش کشید! و .... پاسخ به این پرسش های ساده ملموس و غیر دقیق در منطق فازی به پاسخ می رسد و این مثالی است یک از بینهایت که پیرامون ما هست و ما بدون توجه به منطق پشت آن همواره با آن درگیر هستیم.

مجموعه فازی

یک مجموعه فازی با تابع عضویت آن تعریف می شود. تابع عضویت ($\mu_{\tilde{A}}(x)$) عناصر (x) مجموعه مرجع X را با در نظر گرفتن درجه ای از بازه [۰ ، ۱] به مجموعه فازی ($\tilde{A}$) نسبت می دهد؛ به نحوی که درجه عضویت عناصر مجموعه میزان تعلق داشتن عنصر به مجموعه را نشان می دهد:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0\,,1] \quad x \in X$$
$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \,|\, x \in X\} \tag{1}$$

در مثال لوازم التحریر یک کلاس درس اگر عنصر مداد (x_1) جز مجموعه لوازم التحریر باشد، درجه عضویت ۱ به آن تعلق می گیرد. حال اگر درجه عضویت گچ دیوار (x_2) در مجموعه لوازم التحریر ۰.۴ باشد و تابلو پاک کن (x_3) مثلاً درجه عضویت ۰.۲ داشته باشد و موزاییک کف کلاس (x_4) به این مجموعه تعلق نداشته باشد (یعنی $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ باشد) مجموعه فازی لوازم التحریر کلاس درس (مجموعه فاز $\tilde{A}$) را می توان اینگونه در نظر گرفت:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$$
$$\tilde{A} = \{(x_1,1), (x_2,0.4), (x_3,0.2), (x_4,0)\}$$

درجه عضویت فازی ($\mu_{\tilde{A}}(x)$) میزان تعلق متغیر x از مجموعه مرجع X را به مجموعه فازی $\tilde{A}$ نشان می دهد. باید در نظر داشت که "~" در $\tilde{A}$ نشان دهنده فازی بودن مجموعه می باشد.

مجموعه پشتیبان مجموعه فازی $\tilde{A}$ که آن را با $S(\tilde{A})$ نمایش می دهند مجموعه ای از عناصر است کـه درجـه عضویت آن ها در $\tilde{A}$ بزرگتر از صفر می باشد.

$$S(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\} \quad (۲)$$

ارتفاع یک مجموعه فازی $(hyt(\tilde{A}))$، بزرگترین درجه عضویت آن مجموعه می باشد. مجموعه های فازی که درجه عضویت حداقل یکی از عناصر آن ها ۱ باشد مجموعـه هـای فـازی نرمـال هسـتند. و اگـر ۱ > $hyt(\tilde{A})$ آن مجموعه غیر نرمال است.

همه مجموعه *های کلاسیک*، به غیر از مجموعه های تهی نرمال هستند. برای نرمـال کـردن آن هـایی کـه ۱ > $hyt(\tilde{A})$ می توان درجه عضویت هر عضو را بر $hyt(\tilde{A})$ تقسیم کرد.

عنصری از مجموعه فازی با درجه عضویت $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ هسته یک مجموعه فازی$(core(\tilde{A}))$ را تشکیل مـی دهد. در عین حال مجموعه فازی تهی مجموعه است که در تمام نقاط مجموعه مرجع X تابع عضویت صفر باشد.

طبق تعاریف فوق و مثال لوازم التحریر، می توان مجموعه لوازم التحریر کلاس درس را یـک مجموعـه نرمـال دانست که ارتفاع آن برابر با ۱ است و x_1 هسته مجموعه می باشد. در عین حال مجموعه پشتیبان Ã برابر است با:

$$S(\tilde{A}) = \{x_1,x_2,x_3\} \quad (۳)$$

مجموعه فازی نوع اوّل مجموعه ای است که هر عضو آن با یک درجه عضویت بیان می شود. یعنی عضـویت آن نگاشتی است از X بر [۰، ۱].

اگر درجه عضویت یک مجموعه فازی خود فازی نوع اوّل باشد، آن مجموعه را مجموعه فازی نـوع دوم مـی نامیم:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X , \mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]\}$$

بطوریکه:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \{(u_i, \mu_{ui}(x)) \mid x \in X ,u_i,\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]\} \quad (۴و۵)$$

اگر درجه عضویت یک مجموعه فازی خود فازی نوع $m\text{-}1$ روی [۰، ۱] باشد، آن مجموعه فـازی نـوع mاُم است.

مجموعه فازی منفرد، مجموعه ای است که پشتیبان آن تنها یک نقطه واحد در X است.

اگر مقدار میانگین تمام نقاطی که در آن ها تابع عضویت مجموعه فازی بـه حـداکثر مقـدار خـود مـی رسـد، محدود باشد، در اینصورت این مقدار میانگین مرکز یک مجموعه فازی می باشد. اگر مقدار میانگین مثبت بینهایـت (منفی بینهایت) باشد، در اینصورت مرکز بصورت کـوچکترین (بزرگتـرین) نقطـه ای اسـت کـه در آن نقطـه تـابع عضویت به حداکثر مقدار خود می رسد.

نقطه (نقاط) تقاطع یک مجموعه فازی نقطه ای (نقاطی) در مجموعه مرجـع X اسـت کـه در آن، مقـدار تـابع عضویت برابر ۰.۵ است.

مجموعه فازی $\tilde{A}$ به شرط مطابقت با رابطه زیر، زیرمجموعه فازی $\tilde{U}$ است:

$$\tilde{A} \subseteq \tilde{U} \Longleftrightarrow \mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{U}}(x) \; ; \; \forall\, x \in X \quad (٦)$$

مجموعه در سطح α $(\alpha\text{–}cut)$ مجموعه ای است از تمام اعدادی که درجه عضویت آنها در مجموعه فازی بزرگتر یا مساوی α باشد:

$$A^{\geq\alpha} = A_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \tag{۷}$$

ضمناً به مجموعه زیر مجموعه قوی در سطح α (برش قوی α) گفته می شود:

$$A^{>\alpha} = A'_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\} \tag{۸}$$

مجموعه فازی فراگیر با سه تایی مرتب بصورت زیر تعریف می شود:

$$\tilde{A} = \{(x,\mu_{\tilde{A}}(x),\nu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\} \tag{۹}$$

بطوریکه، $\mu_{\tilde{A}}(x)$ درجه عضویت x در $\tilde{A}$ و $\nu_{\tilde{A}}(x)$ درجه عدم عضویت x در $\tilde{A}$ را نشان می دهد. با این شرط که: $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) + \nu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$

مجموعه فازی معمولی حالت خاصی از مجموعه فراگیر است که رابطه زیر در آن برقرار است: $\mu_{\tilde{A}}(x) + \nu_{\tilde{A}}(x) = 1$

اگر توابع عضویت دو مجموعه فازی در تمام نقاط مجموعه مرجع با هم برابر باشند، آن دو مجموعه برابر هستند.

اگر همه مجموعه های در سطح α مجموعه فازی $\tilde{A}$ محدب باشند، آن مجموعه محدب[1] است.کاردینالیتی یا عدد اصلی برای مجموعه متناهی $\tilde{A}$، بصورت زیر تعریف می شود:

$$\|\tilde{A}\| = \sum_{x\in X} \mu_{\tilde{A}}(x) \tag{۱۰}$$

اعداد فازی

در واقع، مفهوم اعداد فازی از این واقعیت سرچشمه می گیرد که بسیاری از پدیده های کمّی به وسیله یک عدد مطلق و ابهام قابل بیان نیستند. یک عبارت فازی مانند تقریباً سه، بدین معنی است که مقادیر اطراف عدد سه نیز در مفهوم فازی مذکور شامل می شوند. یعنی اعداد پیرامون مقدار مرکزی سه با درجه عضویت کمتری نسبت به این مقدار با آن تطابق دارند. گستره قابل قبول برای یک عدد فازی با استفاده از روش های ذکر شده در تعیین تابع عضویت مشخص می گردد.

به طور کل اعداد فازی دسته ای از مجموعه های فازی هستند که دارای ویژگی های زیر باشند:

۱- محدب هستند.
۲- نرمال هستند.
۳- تابع عضویت آن ها به طور قطعه ای پیوسته است.
٤- روی اعداد حقیقی تعریف می شوند.

اعداد فازی می توانند نماینده پارامترها و کمیت های نادقیق مسایل و مدل های ریاضی در مهندسی باشند. این اعداد عدم قطعیت موجود در تعیین این پارامترها را با شکل های خود نشان می دهند. داده های آزمایشات، عقل سلیم و استفاده از دانش و تجربه خبره از روش های تعیین این اعداد است.

1 - Convex

عدد فازی مثلثی[۱]

عدد فازی مثلثی عمدتاً به دلیل خطی بودن و سادگی محاسبات با آن برای حل مسائل مهندسی همـواره مـورد توجه بوده است. این اعداد با معادله زیر تعریف می شوند:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & if\ x<a \\ (x-a)/(b-a) & if\ a\leq x\leq b \\ (x-c)/(b-c) & if\ b\leq x\leq c \\ 0 & if\ c<x \end{cases}$$

(۱۱)

به صورت فشرده تر نیز می توان این اعداد را نشان داد:

$$\mu(x) = max\ (min((x-a)/(b-a),(c-x)/(c-b)),0)$$

(۱۲)

که در آن a کران پایین، b مقدار میانه و c کران بالای عدد فازی است. عدد فازی مثلثی را مـی تـوان بـا یـک عبارت زبانی به صورت «تقریباً b» بیان کرد. این اعداد معمولاً به صورت های زیر نشان داده می شوند:

$$A = \langle a,b,c\rangle_{\mathrm{TFN}}$$ (۱۳)

$$trimf\ A = [a,b,c]$$ (۱٤)

عدد فازی گوسین[۲]

این عدد را با رابطه زیر نشان می دهند:

$$\mu(x) = e^{-((x-m)^2/2\sigma^2)}$$

(۱٥)

که m و σ به ترتیب مقدار میانگین و انحراف معیار توزیع گوسین هستند. این اعداد را می توان به صورت زیر نشان داد:

$$gaussmf\ A = [\sigma,m]$$ (۱٦)

عدد گوسین نوع دو

عدد فازی گوسین با دو پارامتر m و σ مشخص می شود. اما عدد گوسین نوع دو ترکیبی از دو عـدد گوسـین معمولی است. تابع اول که شاخه سمت چپ عدد گوسـین نـوع دو را تشـکیل مـی دهـد، بـا دو پـارامتر m_1 و σ_1 مشخص می شود. تابع دوم نیز با دو پارامتر m_2 و σ_2 مشخص می شود و شکل شاخه سمت راست عدد فـازی را تعیین می کند. هنگامیکه $\sigma_1<\sigma_2$، تابع دارای حداکثر مقدار ۱ خواهد شد ولـی در غیـر اینصـورت، تـابع بـه مقـدار

1 - Triangular Fuzzy Number
2 - Gaussian Fuzzy Number

بیشینه ۱ نمی رسد. هر دو شاخه سمت را و سمت چپ عدد گوسین نوع دو از رابطه تابع عضویت عدد گوسین معمولی پیروی می کند و تنها مقادیر میانگین و انحراف معیار برای شاخه های راست و چپ متفاوت است. این اعداد به صورت زیر نمایش داده می شوند:

$$gauss2mf\ A = [\sigma_1, m_1, \sigma_2, m_2] \qquad (۱۷)$$

عدد فازی زنگوله ای[۱]

این اعداد از رابطه زیر پیروی می کنند:

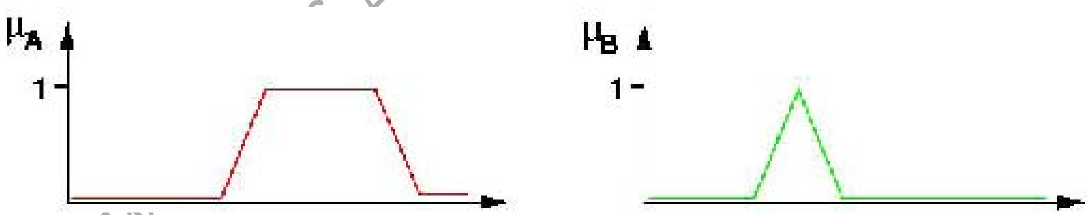
$$\mu(x) = (1+(x-a)^2)^{-1} \qquad (۱۸)$$

که درآن a مقدار میانه است. استفاده از این شکل تابع عضویت برای مدل سازی عبارت «عدد حقیقی نزدیک a» بسیار متداول است. برای مدل سازی عبارت «عدد حقیقی خیلی نزدیک a» نیز می توان از تابع عضویت زیر استفاده کرد:

$$\mu(x) = (1+(x-a)^2)^{-2} \qquad (۱۹)$$

عملیات بر روی مجموعه فازی

می توانیم عملیات پایه ای را برروی مجموعه های فازی معرفی کنیم. همچنین می توانیم، مشابه با مجموعه های معمولی، می خواهیم مجموعه های فازی را تقسیم، متحد و منفی کنیم. لطفی زاده در یکی از نخستین مقالاتش پیرامون مجموعه های فازی کمترین عملگر را برای تقسیم و بیشترین عملگر[۲] را برای اتحاد دو مجموعه فازی پیشنهاد کرد. می توان نشان داد که اگر ما فقط درجات عضویت را ۰ و ۱ در نظر بگیریم، این کاربران منطبق با تقسیم و اتحاد گیری معمولی هستند. بعنوان مثال، اگر A یک بازه فازی بین ۵ و ۸ باشد و B یک عدد فازی حدود چهار باشد که در شکل۳ نشان داده می شود:

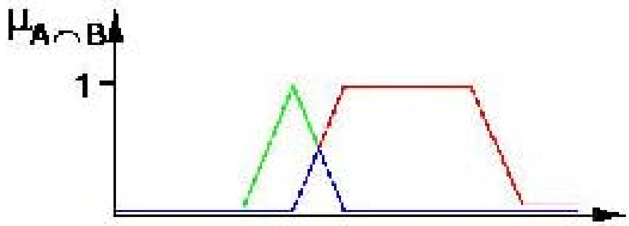


شکل۳. مجموعه های فازی نمونه

مجموعه فازی بین ۵ و ۸ "و"[۳] حدود ٤ خواهد بود:

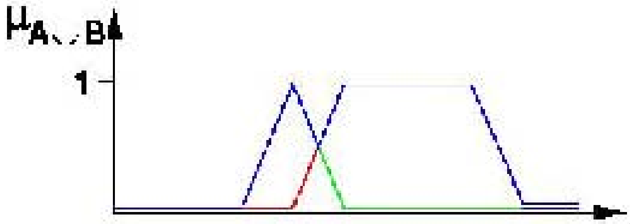
---

1 - Bell Shape Fuzzy Number
2 - Operator
3 - And



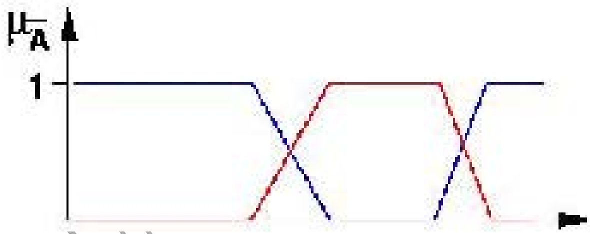
شکل۴. نمونه: "و" فازی

مجموعه بین ۵ و ۸ "یا[1]" حدود ۴ در شکل۵ نشان داده شده است:



شکل۵. نمونه: "یا" فازی

"نه[2]" مجموعه فازی A در شکل۶ نشان داده شده است.



شکل۶. نمونه: "نه" فازی

طبقه بندی فازی

طبقه بندهای فازی یکی از کاربردهای تئوری فازی هستند. از دانش خبره[3] استفاده می شود و می توانند به یک روش بسیار طبیعی با استفاده از متغیرهای زبانی[4] که توسط مجموعه های فازی توصیف می شوند، بیان شوند.

اکنون دانش خبره برای این متغیرها را می توان به صورت یک قانون فرموله کرد. مثلاً:

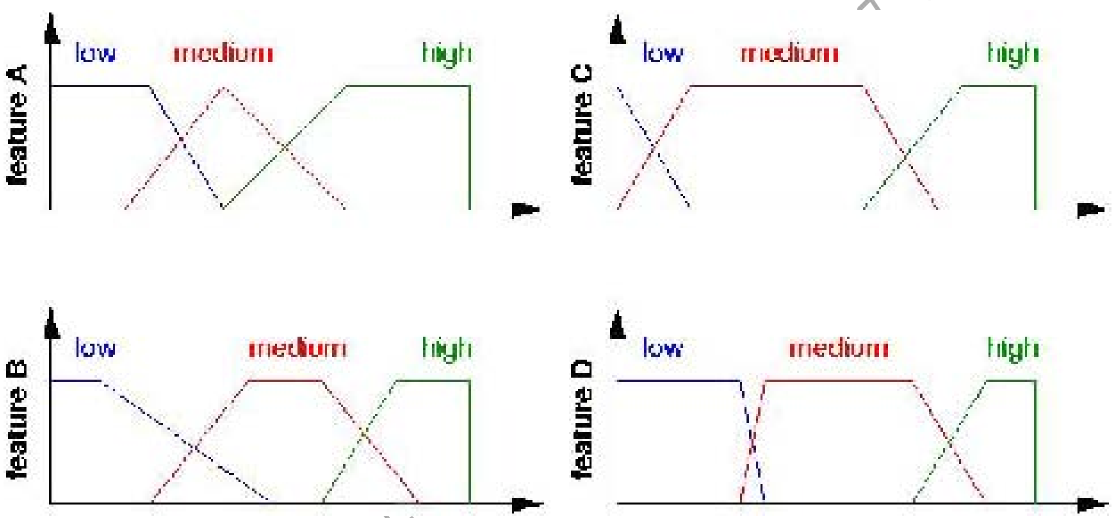
"اگر" ترکیب[5] A کم باشد "و" ترکیب B متوسط "و" ترکیب C متوسط "و" ترکیب D متوسط باشد آنگاه[6] *طبقه = طبقه۴.*

قوانین را می توان در یک جدول که "مبنای قانون[1]" نامید می شود ترکیب کرد.

1 - Or
2 - Negation
3 - Expert Knowledge
4 - Linguistic Variables
5 - Feature
6 - Then

جدول۱. نمونه برای یک مبنای قانون فازی: قوانین را این گونه بخوانید: مثلاً قانون۱: **اگر** A کم **و** H متوسط **و** α متوسط **و** A متوسط باشند **آنگاه** خانه جدول[2] طبقه۱ است.

طبقه	ترکیب D	ترکیب C	ترکیب B	ترکیب A	حالات
طبقه ۱	متوسط	متوسط	متوسط	کم	۱
طبقه ۲	کم	متوسط	زیاد	متوسط	۲
طبقه ۳	زیاد	متوسط	زیاد	کم	۳
طبقه ۱	زیاد	متوسط	زیاد	کم	٤
طبقه ٤	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	٥
...	...	...	...	...	...
نامشخص	کم	متوسط	زیاد	کم	N

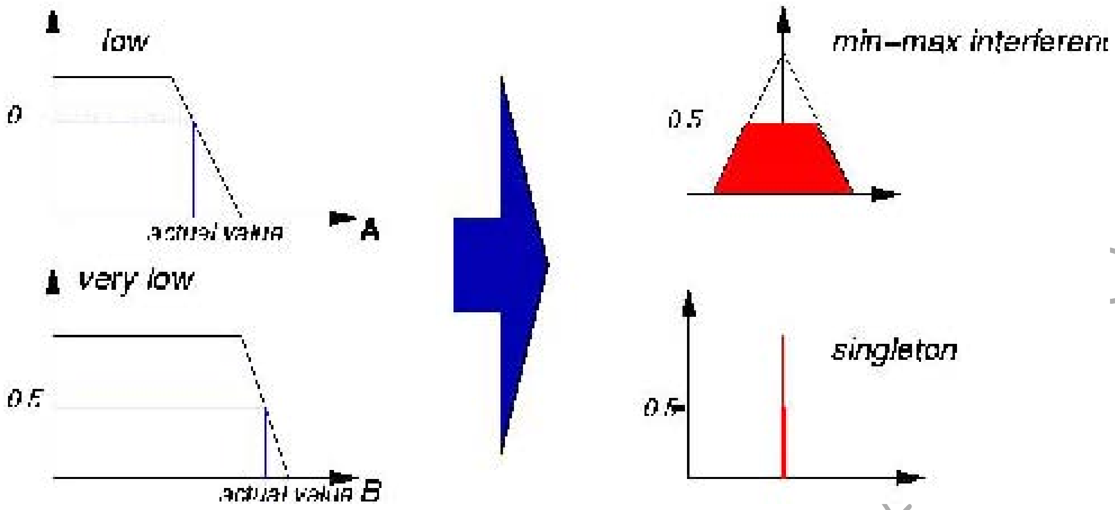


شکل۷. نمونه: متغیرهای زبانی

قوانین زبانی تشریح می کنند که سامانه کنترل از دو بخش تشکیل شده است: یک بلوک مقدم[3] (بین "اگر" و "آنگاه") و یک بلوک نتیجه[4] (در ادامه "آنگاه"). از آنجا که بعضی ممکن است به ندرت روی دهند یا هرگز روی ندهند، بسته به سامانه، ممکن است نیازی به ارزیابی هر ترکیب ورودی ممکن نباشد. با انجام این نوع ارزیابی، که معمولاً توسط کاربران مجرب انجام می گیرد، قوانین کمتری را می توان ارزیابی کرد، بنابراین پردازش منطق و حتی شاید بهبود عملکرد نظام منطق فازی ساده می شود. ورودی ها به طور منطقی با استفاده از عملگر "و" ترکیب می شوند تا مقادیر پاسخ خروجی برای همه ورودی های مورد انتظار تولید شوند. نتایج فعال[5] سپس به یک مجموع منطقی برای هر تابع عضویت ترکیب می شوند. یک firing strength برای هر تابع عضویت خروجی محاسبه

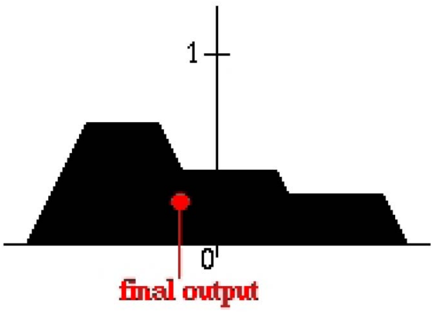
1 - Rule Base
2 - Pixel
3 - Antecedent Block
4 - Consequent Block
5 - Active Conclusions

می شود. هر آنچه باقی می ماند می خواهد تا این مجموعه های منطقی را در یک فرآیند غیرفازی سازی ترکیب کند تا خروجی معمولی تولید کند. مثلاً برای جفت ورودی $H = 0.35$ و $\alpha = 30$ طرح شکل۸ و ۹ بـه کارگرفتـه مـی شود.



شکل۸. تداخل قانون "اگر" H خیلی کم باشد "و" α کم باشد "آنگاه" طبقه = طبقه ۱

خروجی های فازی برای همه قوانین در آخر در یک مجموعه فازی می پیوندند. به منظور فـراهم آوردن یـک تصمیم معمولی از این خروجی فازی، باید مجموعه فازی یا یگانه ها[1] را غیر فازی کنیم. بنابراین، بایـد یـک مقـدار نماینده بعنوان خروجی نهایی انتخاب کنیم. چند روش (روش های غیر فازی کردن) ابتکاری وجـود دارد. یکـی از آن ها مثلاً گرفتن مرکز ثقل مجموعه فازی است، به طوری که در شکل۷. نشان داده شده است، که در سطح وسیعی برای مجموعه های فازی استفاده می شود. برای مورد گسسته با یگانه ها معمولاً روش بیشینه در جایی استفاده مـی شود که نقطه با یگانه ها بیشینه انتخاب شود.



شکل۹. غیر فازی کردن با استفاده از روش مرکز ثقل

الگوریتم میانگین های c فازی[2]

الگوریتم خوشه ای میانگین های c با آغـاز کـردن از یک جزء بندی اوّلیه و بهبود آن به طور تکراری با استفاده از به اصطلاح معیار واریانس پیش می رود. این معیـار بـی شباهت های بین نقاط در یک خوشه و نقطه مرکزی آن با فاصله اقلیدسی اندازه گیری می کند فواصل اقلیدسی مربع را حد اقل می کنیم. بنابراین، برای بخش هـای c فـازی معیار را می توان اینگونه بیان کرد:

$$\min z(\tilde{U}, v) = \sum_{i=1}^{c} \sum_{k=1}^{n} (\mu_{ik})^m \| x_k - v_i \|_G^2 , \quad (۲۰)$$

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^{n} (\mu_{ik}^m x_k)}{\sum_{k=1}^{n} (\mu_{ik})}, \quad m \geq 1 ,$$

1 - Set of Singletons
2 - Fuzzy c-Means Algorithm

(۲۱)

به طوریکه z، $\tilde{U}$، v، c، و n به ترتیب معیار واریانس، ماتریس جزء بندی c، بردار همه نقاط مرکز خوشه، تعداد اجزا (طبقات)، و تعداد عناصر در مجموعه های داده ها هستند. ماتریس جزء بندی $\tilde{U} = [\mu_{ik}] \in V_{cn}$، بطوریکه V_{cn} مجموعه همه ماتریس های واقعی $c \times n$ است. درجه عضویت موضوع طبقه بندی شده $\mu_{ik}(x_k)$ در یک زیر مجموعه S_i $(i=[1,\ldots,c])$ با m (≥ 1) وزن می شود (زیمرمن،۱۹۹۲).

نظام توصیف شده با معادلات فوق را به طور تحلیلی نمی توان حل کرد. یک الگوریتم میانگین های c فازی تکراری برای آن وجود دارد. الگوریتم میانگین های c فازی یک بسط فازی از الگوریتم میانگین های k می باشد. این الگوریتم چهار مرحله زیر را داراست:

مرحله۱

c، m، و ماتریس $G : p \times p$ را انتخاب کنید. ابتدا $\tilde{U} \in M_{fc}$ فرض کنید و $l = 0$ تنظیم کنید (p بعد فضا است).

مرحله۲

مرکز های خوشه فازی c ($v_i^{(l)}$)را با استفاده از $\tilde{U}^{(l)}$ محاسبه کنید.

مرحله۳

ماتریس جدید عضویت $\tilde{U}^{(l)}$ را *با استفاده از* $v_i^{(l)}$ اگر $x_k \neq v_i^{(l)}$ تعیین کنید. درغیر اینصورت تنظیم کنید:

(۲۲)

$$\mu_{ik} = \begin{cases} 1\,, & \text{for } i = 1 \\ 0\,, & \text{for } i \neq 0 \end{cases}$$

مرحله٤

نرم ماتریس را انتخاب کرده $\Delta = \left\| \tilde{U}^{(l+1)} - \tilde{U}^{(l)} \right\|_G$. اگر $\Delta < \varepsilon$ (ε یک مقدار آستانه است) $l = l + 1$ را تنظیم کنید و به مرحله ۲ بروید. اگر $\Delta \geq \varepsilon$ بود بایستید.

مسئله ذاتی این روش اینست که تعداد خوشه ها را باید از قبل دانست. ذاتاً، مسئله ای برای کاربرد ما نیست. انتخاب وزن تشریحی پیچیدگی الگوریتم را بیشتر می کند. انتخاب نرم باید با دقت انجام شود و پیچیدگی الگوریتم را بسیار شگفت آور افزایش دهد.

در منطق فازی، درستی هر عبارت درجه ای دارد. به منظور تعیین عملگرهای منطق فازی، باید عملگرهای متناظر را یافت که نتایج استفاده از عملگرهای "و"، "یا"، و"نه" را حفظ می کنند. جواب عملیات حداقل، حداکثر و مکمل است. این عملگرها به ترتیب اینگونه تعریف می شوند:

(۲۳)

$$\mu_{A\cup B}(x) = \max\left[\mu_A(x), \mu_B(x)\right]$$
$$\mu_{A\cap B}(x) = \min\left[\mu_A(x), \mu_B(x)\right]$$
$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

فرمول های برای عملگر های "و"، "یا" و "نه" در معادله ۲۳ برای ثابت کردن دیگر ویژگی های ریاضی درباره مجموعه ها مفید هستند؛ هرچند، حداقل و حداکثر تنها راههای توصیف اشتراک و اجتماع دو مجموعه نیستند. زاده (۱۹٦٥) اجتماع و اشتراک فازی را اینگونه تعریف کرد:

(۲٤)

$$\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x)$$
$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x)$$

AND			OR			NOT	
A	B	A∪B	A	B	A∪B	A	$\bar{A}$
0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1		

به بیان کلی تر، اشتراک دو مجموعه فازی $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ بوسیله یک نگاشت دو به دو T که دو تابع عضـویت را بـه صورت زیر با هم جمع می کند، مشخص می شود:

$$\mu_{A\cap B}(x) = T(\mu_A(x),\mu_B(x))$$

(۲۵)

این عملگرهای اشتراک فازی به عملگرهای T-نُرم[1] (نرم مثلثی) منسوب هستند و لازمه های پایـه ای زیـر را تأمین می کنند:

کرانه: $T(0,0) = 0,\ T(a,1)=T(1,a)=a$

یکنواختی: $T(a,b) \leq T(c,d)\ if\ a\leq b\ and\ b\leq d$

جابجایی پذیری: $T(a,b) = T(b,a)$

شرکت پذیری: $T(a, T(b,c)) = T(T(a,b),c)$

(۲٦)

نخستین لازمه تعمیم درست مجموعه های معمولی را تضمین می کند. دومین لازمه دلالت بر این دارد که یک کاهش در مقادیر عضویت در $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ نمی تواند افزایشی در مقدار عضویت اشتراک مجموعـه هـای $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ ایجـاد کند. سومین لازمه مشخص می کند که عملیات به روشی که مجموعه های فازی ترکیب می شوند حساس نیست، و چهارمین لازمه ما را قادر می سازد تا اشتراک هر عدد مجموعه های فازی و هرگونه گروه بندی دوتایی را بگیریم.

مشابه با اشتراک فازی، عملگر اجتماع فازی به وسیله نگاشت دو به دو زیر S مشخص می شود:

$$\mu_{AUB}(x) = S(\mu_A(x),\mu_B(x))$$

(۲۷)

این عملگرهای اجتماع فازی بعنوان عملگرهای T–همنرم[2] یا S–نرم[3] شناخته می شوند و لازمـه هـای زیـر را برآورده می سازند:

کرانه: $S(1,1) = 1,\ S(a,0)=S(0,a)=a$

یکنواختی $S(a,b) \leq S(c,d)\ \text{if}\ a\leq c\ \text{and}\ b\leq d$

جابجایی پذیری $S(a,b) = S(b,a)$

شرکت پذیری $S(a,S(b,c)) = S(S(a,b),c)$

(۲۸)

یک نمونه از یک جفت عملگر S–نرم و T–نرم جمع کراندار و ضرب کراندار هستند:

$$x + y = \min[1,x+y]$$
$$x \otimes y = \max[0,x+y-1]$$

1 - T-norm
2 - T-conorm
3 - S-norm

(۲۹)

اکثر کاربردها از min برای اشتراک فازی، max برای اجتماع فازی و $1 - \mu_A(x)$ برای متمم گیری استفاده می شود.باید به یاد داشته باشیم که عملگرهای به کار رفته در منطق فازی، مسل اجتماع، اشتراک، و متمم، زمانیکه توابع عضویت به ۰ یا ۱ محدود شوند، به منطق معمولی متناظر کاهش می یابند.

نظام های استنتاج فازی تشکیل می شوند از قوانین اگر–آنگاه که یک ارتباط بین مجموعه های فازی ورودی و خروجی برقرار می کنند. روابط فازی درجه ای از وجود یا عدم وجود پیوستگی بین عناصر دو یا چند مجموعه را نشان می دهد. فرض کنید $\tilde{U}$ و $\tilde{V}$ دو عالم قدرت باشند. یک رابطه فازی $R(\tilde{U},\tilde{V})$ مجموعه ای است در فضای ضرب $\tilde{U} \times \tilde{V}$ و با تابع عضویت $\mu_R(x,y)$ مشخص می شود، بطوریکه $x \in \tilde{U}$ و $y \in \tilde{V}$، و $\mu_R(x,y) \in [0,1]$
روابط فازی نقشی مهم در نظام های استنتاج فازی بازی می کنند. منطق فازی از قضایای حاصل از منطق معمولی استفاده می کند. مفاهیم در منطق معمولی را می توان با جایگزینی مقادیر ۰ یا ۱ با مقادیر عضویت فازی به منطق فازی بسط داد. یک قانون فازی یگانه شکل *"if x is A, then y is B"* فرض می کند. بطوریکه $x \in \tilde{U}$ و $y \in \tilde{V}$ و یک *تابع عضویت* $\mu_{A\to B}(x,y)$ دارد که $\mu_{A\to B}(x,y) \in [0,1]$ بخش **اگر** قانون[1]، *"x is A"*، مقدم[2] یا فرض[3] نامیده می شود، در حالیکه بخش **آنگاه** قانون[4]،*"y is B"* ، پی آمد[5] یا نتیجه[6] نامیده می شود. برای اکثر کاربردهای تابع عضویت فازی $\mu_{A\to B}(x,y)$ برای یک رابطه مشخص با مفهوم حداقل یا ضرب که به ترتیب داده شده اند، بدست می آید:

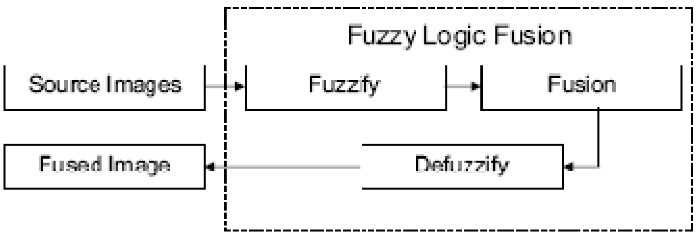
$$\mu_{A\cap B}(x) = min[\mu_A(x),\mu_B(x)]$$
$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x)$$

(۳۰)

کاربرد فازی در پردازش تصویر

منطق فازی معمولاً در کاربردهای کنترلی به کار می‌رود. بولانون و دیگران (۲۰۰۹) در مطالعه ای برای تشخیص میوه در ماشین برداشت سیب درختی، از منطق فازی به عنوان یک ابزار آمیزش تصویر استفاده کردند. سینگ و همکارانش (۲۰۰٤) استفاده از منطق فازی در آمیزش تصویر را به کارگیری آن در تصاویر پزشکی و حس از دور اثبات کردند. استفاده از منطق فازی در آمیزش تصویر می‌تواند به روش میانگین وزنی مربوط باشد که وزن-ها را با استفاده از موتور انبساط منطق فازی تعیین کرد. هرچند، توسعه موتور استنباط چالش برانگیز است، به ویژه تابع عضویت و قوانین فازی.

شکل ۱۰. آمیزش تصویر با استفاده از منطق فازی



1 - If
2 - Premise
3 - Antecedent
4 - Then
5 - Consequent
6 - Conclusion

روش منطق فازی برای آمیزش تصویر در شکل ۱۰ نشان داده شده است. گام نخست فازی کردن بود تا تصاویر منشأ به اطلاعاتی که می‌توان در قوانین آمیزش منطق فازی به کار گرفت، تبدیل شدند. توابع عضویت ورودی (شکل ۱۱ a و b) فازی کردن را انجام می‌دادند. اطلاعات فازی شده مرئی و حرارتی با قوانین آمیزش فازی ترکیب شدند:

اگر (حرارتی گرم باشد) سپس (آمیخته شده میوه است).

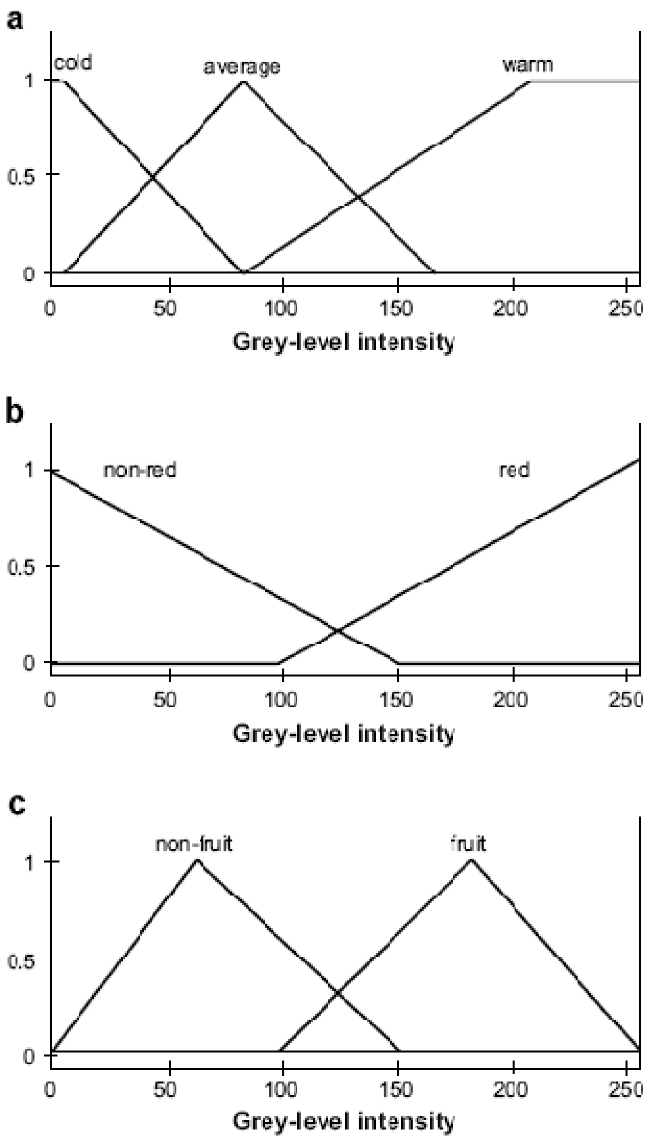
اگر (مرئی قرمز باشد) سپس (آمیخته شده میوه است).

اگر (حرارتی سرد است) و (مرئی قرمز است) سپس (آمیخته شده میوه است).

اگر (حرارتی متوسط است) سپس (آمیخته شده میوه نیست).

اگر (حرارتی قرمز نیست) پس (آمیخته شده میوه نیست).

پس از به کارگیری قوانین، فازی زدایی، از طرق تابع عضویت خروجی (شکل ... (c))، تصویر آمیخته را ساخت.



شکل۱۱. تابع عضویت آمیزش منطق فازی. a) تابع عضویت تصویر حرارتی (ورودی). b) تابع عضویت تصویر مرئی (ورودی). c) تابع عضویت تصویر خروجی (تصویر آمیخته)

تشخیص لبه تصویر با استفاده از روش فازی[۳]

پس از ظهور نظریه فازی استفاده از قواعد آن چه در مواردی که الگوریتم های کلاسیک به خوبی جواب می دادند و چه در مواردی که الگوریتم های کلاسیک ناکارآمد بودند، شیوع پیدا کرد. تا جاییکه امروزه بسیاری از محققان در راستای مقایسه این روشها، حتی در بعضی موارد به پیاده سازی همان روشهای کلاسیک باتوجه به قواعد فازی می پردازند.

یکی از قابلیتهای مهم آشکارساز لبه، توانایی آن در جداسازی لبه های قوی از لبه های ضعیف است (پیکسلهایی که مرز بین دو ناحیه خیلی متفاوت را مشخص می کنند لبه قوی و پیکسلهایی که مرز بین دو ناحیه کمی متفاوت را مشخص می کنند). لبه ضعیف نامیده می شوند). چرا که این قابلیت این امکان را به کاربر می دهد که درک بهتری از تصویر بدست آورد و با توجه به نیاز به فیلتر کردن بپردازد. منطق فازی راهکار مناسبی برای نیل به این منظور است.

در بحث آشکارسازی فازی لبه، موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

۱. تعریف توابع عضویت مناسب
۲. تشخیص لبه با توجه به یکسری قواعد فازی
۳. استفاده از مفاهیم فازی و تکنیکهای طبقه بندی

برای آشکارکردن لبه های قوی و ضعیف با استفاده از قواعد فازی، از مجموعه ای از قواعد فازی که در آنها تمام حالات ممکن که یک پیکسل لبه می تواند وجود داشته باشد، (عمودی، افقی و مورب) استفاده شده است.

این قواعد را می توان به شکل۱۲ و روابط متناظر با آنها را به صورت رابطه۳۱ در نظر گرفت.

برای پیاده سازی این قواعد، توابع عضویت مثلثی برای ورودی ها و خروجی، فازی گر تکین، فازی زدای میانگین مرکز و موتور استنتاج حداقل در نظرگرفته شده است.

با توجه به این که مقدار شدت روشنایی پیکسلهای تصویر در بازه [۰،۲۵۵] قرار می گیرد، برای تعریف توابع عضویت ورودی و خروجی، این بازه را با توجه به تعاریف رابطه۳۲ به یازده مجموعه فازی تقسیم می کنیم:

همان طور که از شکل حاصل از پیاده سازی این الگوریتم (شکل۲۱) دیده می شود، در تصویر آشکارسازی شده، پیکسل های لبه قوی واضح تر از پیکسل های لبه ضعیف نمایش داده شده اند. یعنی بااستفاده از روابط فازی به پیکسل های تصویر ضریبی اعمال می شود که وزن آنها را در میزان دارا بودن خاصیت لبه مشخص می کند. به منظور داشتن تصویری واضح تر می توان تصویر معکوس تصویر حاصله (شکل۲۲) را مورد بررسی قرارداد.

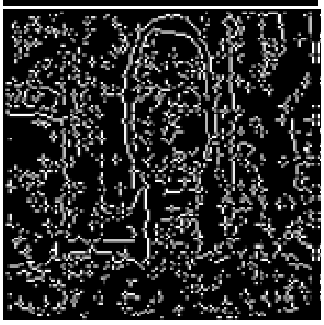
شکل۱۲. تصویر اصلی

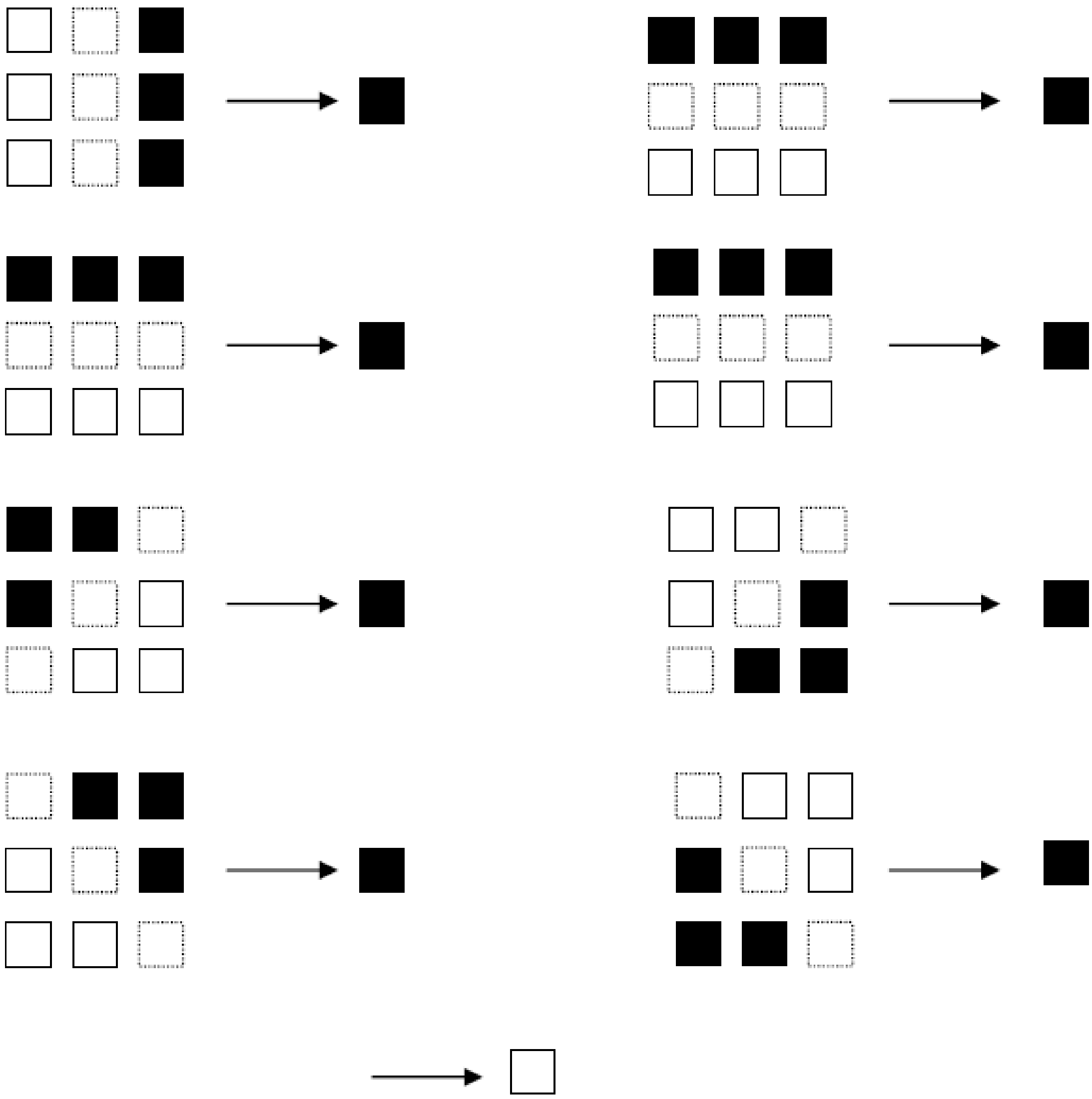

شکل۱۳. تصویر حاصل از نویز نمک و فلفل


شکل۱٤. اعمال الگوریتم هشت همسایگی برروی شکل۱۲


شکل۱۵. اعمال الگوریتم هشت همسایگی برروی شکل۱۳


شکل۱٦. اعمال الگوریتم Canny برروی شکل۱۲


شکل۱۷. اعمال الگوریتم Canny برروی شکل۱۲



شکل۱۸. قواعد فازی بکارگرفته شده جهت آشکارسازی لبه

IF (X1 is A11 and X3 is A1 and X4 is A11 and X6 is A1 and X7 is A11 X9 is A1) THEN Y is B1
IF (X1 is A1 and X3 is A11 and X4 is A1 and X6 is A11 and X7 is A1 X9 is A11) THEN Y is B1
IF (X1 is A1 and X2 is A1 and X3 is A1 and X7 is A11 and X8 is A11 X9 is A11) THEN Y is B1
IF (X1 is A11 and X2 is A11 and X3 is A11 and X7 is A1 and X8 is A1 X9 is A1) THEN Y is B1
IF (X1 is A1 and X2 is A1 and X4 is A1 and X6 is A11 and X8 is A11 X9 is A11) THEN Y is B1
IF (X1 is A11 and X2 is A11 and X4 is A11 and X6 is A1 and X8 is A1 X9 is A1) THEN Y is B1
IF (X2 is A1 and X3 is A1 and X4 is A11 and X6 is A1 and X7 is A11 X8 is A11) THEN Y is B1
IF (X2 is A11 and X3 is A11 and X4 is A1 and X6 is A11 and X7 is A1 X8 is A1) THEN Y is B1
Else Y is B11

(۳۱)

A_1 =Very Dark

A_i =Not Important; (i =2,...,10)

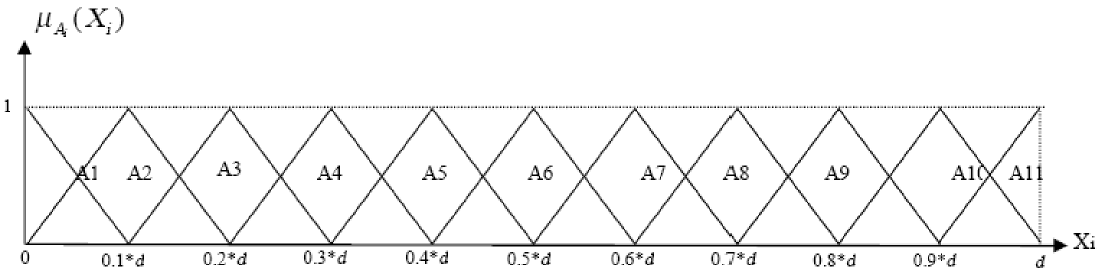
A_{11} =Very White

$B1$ =Strong Edge(Very Dark)

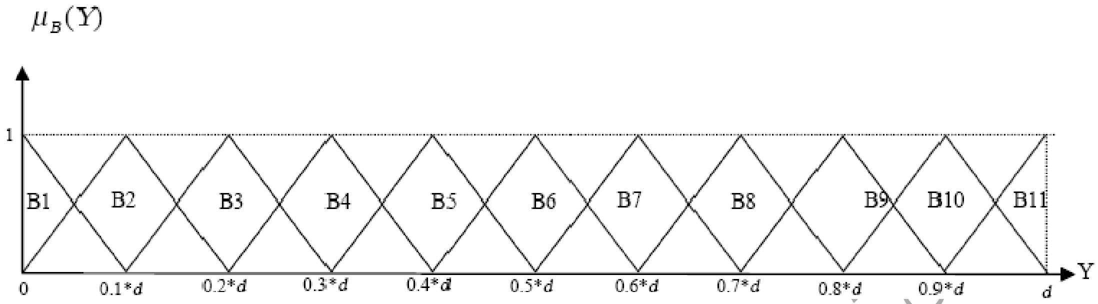
B_i =Weak Edge(Less Dark); (i =2,...,10)

B_{11} = Not Edge(Very White)

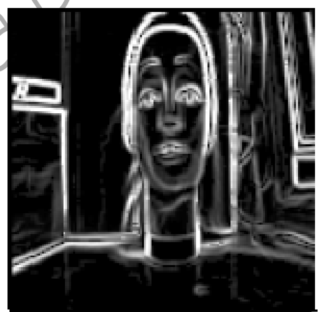
(۳۲)



شکل۱۹. توابع عضویت ورودی (d=255)



شکل۲۰. توابع عضویت خروجی (d=255)



شکل۲۱. پیاده سازی سیستم فازی معرفی شده بر روی شکل۱۲

شکل۲۲. تصویر معکوس شکل ۲۰

بررسی دقیق الگوریتم کلاسیک ارائه شده، نشان می دهد که این الگوریتم مشابه تمام الگوریتمهای آشکارساز لبه، این قابلیت را دارد که متناسب با سطح موردنظر کاربر به استخراج جزئیات کمتر یا بیشتری از لبه های موجود در تصویر بپردازد. اما قابلیت بسیار مهم آن که آ ن را از بقیه آشکارسازها متمایز می سازد، عدم تاثیر پذیری آن از نویز است که بدون صرف زمان بیشتر جهت پردازش دوباره صورت می گیرد. قابل توجه این که این قابلیت مهم را حتی بهترین آشکارساز لبه نیز ندارد. ضمن آن که بکارگیری الگوریتم های تطبیق یافته در راستای انتخاب بهینه سطوح آستانه برای هر تصویر در الگوریتم کلاسیک معرفی شده راهکاری دیگر در ادامه راه محسوب می شود.

در مقابل الگوریتمهای کلاسیک، الگوریتم فازی معرفی شده، علی رغم آ نکه زمان پردازش بیشتری را می طلبد، اما به طور واضح تری به نمایش لبه های قوی و ضعیف موجود در تصویر می پردازد که توانایی مهمی را

برای تجزیه و تحلیل تصویر و درک بهتر آن در اختیار کاربر قرار می دهد. در راستای بهینه تر کردن الگوریتم فازی می باید، بررسی بیشتر و دقیق تری بر روی تعریف توابع عضویت ورودی و خروجی، موتور استنتاج فازی، فازی زدا و فازی گر انجام گیرد.

اصولاً یکسری ایرادات به منطق فازی گرفته اند:

منطق فازی درمقابل منطق افلاطونی چه کار می تواند بکند؟ جواب این است که این منطق خود به خود کاری نمی کند ولی پایه و سنگ بنایی برای ریاضیات فازی، هندسهٔ فازی و ... می شود.

برای منطق کلاسیک سازماندهی دقیق وجود دارد، حال آنکه فازی آنرا بر هم می زند؟ جواب این است که این سازماندهی دقیق نیست و براساس یکسری ساده سازیها انجام گرفته است.

ایراد دیگر که به منطق و نظام فازی گرفته می شود این است که اینها با تحلیل پایداری مشکل دارند، یعنی از نظر پایه ای و تحلیلی مشکل دارند؟ جواب این است که درست است که مبحث پایداری توسط فرمولهای ریاضی ثابت می شود، ولی در برخی جاهای پیچیده حتماً باید از یکسری اطلاعات عملی استفاده کنیم و این خود دلیلی بر استفاده از نظام های فازی است.

از لحاظ تنظیم و ارزش گذاری اشکال دارد و امکان کار کرد درست این نظام ها مشکل است! جواب این است که یک نظام فازی لایه های منطقی از پارامترها را دارد و با کم و زیاد کردن این لایه ها می توان آن را سخت تر یا مشکل تر نمود. تئوری فازی تئوری دقیقی است که از داده های نادقیق، جوابهای دقیق بوجود می آورد. یعنی خود تئوری فازی و محاسبات فازی از داده ها و منطق های ریاضی محکم و قوی استفاده می کند. این محاسبات دقیق توسط یکسری تکنیک ها پشتیبانی می شوند.

منابع و مآخذ

۱. آدینه، وحیدرضا، قشلاقی، مریم، حریریان، زهره، ۱۳۸۷، کاربرد الگوریتم های مبتنی بر هوش مصنوعی در مدلسازی و بهینه سازی مسائل مهندسی.

۲. خاتمی، حمیدرضا، رنجبر، محمد، ۱۳۸۷، مبانی مدل سازی فازی جلد اول: جبر فازی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۳. شعبانی، حسین، فرخی، محمد، برادران شکوهی، شهریار، (بی تا)، روشی جدید برای تشخیص لبه به رو شهای کلاسیک و فازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

٤. شعبانی نیا، فریدون، سعیدنیا، سینا، ۱۳۸۸، مقدمه ای بر منطق فازی با استفاده از MATLAB، انتشارات خانیران،تهران.

۵. غضنفری، مهدی، رضایی، محمود، ۱۳۸۵، نظریه مجموعه های فازی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

6. Bulanon, D.M., Burks, T.F., Alchanatis, V., 2009, Image Fusion of Visible and Thermal Images for Fruit Detection, Biosystems Engineering 103: 12-22, Published by Elsevier.

7. Hellmann, M, Fuzzy Logic Introduction.

8. --------, 2001, Fuzzy logic fundamentals, available at: http://www.informit.com/

9. Mahonen, P., Frantti, T., 2000, Fuzzy classifier for star-galaxy separation. The Astrophysical Journal, 541:261È263, 2000 September 20.