سیستم فازی نوع دوم

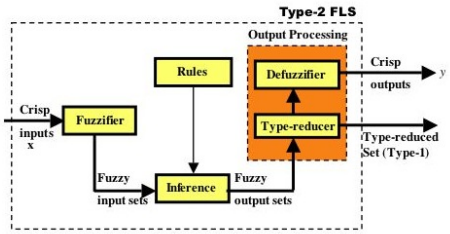
تابع عضویت فازی نوع دوم یک سیستم فازی در بازه [۰, ۱] می باشد؛ در حالی که تابع عضویت فازی معمولی مقداری عددی در بازه [۰, ۱] است. به عبارت دیگر این مجموعه ها نسبت به نوع ۱ در توابع عضویتشان از یک بازه به جای یک عدد برای تعریف درجه عضویت استفاده می کنند که درجه آزادی بیشتری را برای کنترل نامعینی ها فراهم می کنند. ساختار قانون های هر دو نوع مشابه هم هستند به جز مقدم و نتیجه قانون که به نوع سیستم برمیگردد. فازی نوع دوم وقتی مفید است که نتوانیم تابع عضویت یک سیستم فازی را به آسانی تعیین کنیم. به همین دلیل برای پوشش عدم قطعیت در تابع عضویت، از یک فازی دیگر استفاده می کنیم.

در سال های اخیر سیستم های کنترل فازی نوع ۲ به خاطر قابلیت هایشان در کنترل نامعینی ها، بسیاری از نظر ها را به سمت خود جلب کرده است. نظریه مجموعه های فازی نوع ۲ برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط پروفسور لطفی زاده در مقاله ای مطرح گردید (Zadeh, 1975). یک سیستم فازی نوع ۲ مانند سیستم فازی نوع ۱ با یک سری قوانین اگر - آنگاه توصیف می شود با این تفاوت که مجموعه های فازی نوع ۲ در توابع عضویتشان از یک بازه (که می تواند خود یک مجموعه فازی باشد) به جای یک عدد برای تعریف درجه عضویت استفاده می کنند که این بازه جای پای عدم قطعیت (FOU[1]) نام گرفته است و این FOU ها بین دو تابع عضویت فازی نوع ۱ محصور شده اند که مرز پایین این بازه LMF[2] و مرز بالا UMF[3] نامیده می شود. یک تابع عضویت A در نوع دوم با تابعی مثل $\mu_{\bar{A}}$ مشخص می شود، به طوریکه:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \{f_x \,/\, f_x : [0,1] \rightarrow [0,1]\}$$

یا

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1]^{[0,1]}$$



در سیستم فازی نوع ۱، بلوک خروجی فقط شامل بخش نافازی ساز می باشد ولی در سیستم فازی نوع ۲ این بلوک شامل یک بخش کاهش دهنده نوع[4] است که سیستم فازی نوع ۲ را به نوع ۱ تبدیل کرده و سپس یک نافازی ساز که مقادیر فازی نوع ۱ را به مقادیر عددی تبدیل می کند. به طور کلی بعد از اینکه در بخش اول مقادیر عددی ورودی به وسیله فازی ساز[5] به مجموعه های فازی نوع ۲ تبدیل شد، در بخش پایگاه قواعد[6] با استفاده از قوانین اگر – آنگاه، قوانین فازی توصیف می شود. با فرض اینکه M قانون فازی داشته باشیم، i اُمین قانون به فرم زیر می باشد:

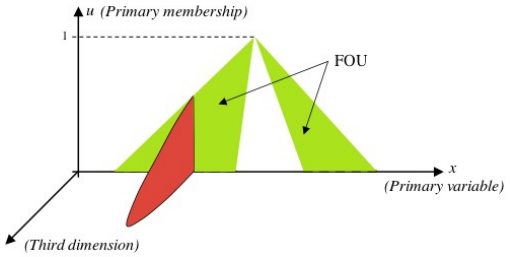
$$R^i = IF\ x_1\ IS\ \tilde{F}_1^i\ AND\ \dots AND\ x_p\ IS\ \tilde{F}_p^i, THEN\ y\ is\ \tilde{G}^i; i = 1, \dots, M$$

که در آن، x: متغیر ورودی، y: متغیر خروجی، $\tilde{F}^i$: تابع عضویت فازی نوع ۲ ورودی، $\tilde{G}^i$: تابع عضویت فازی نوع ۲ خروجی است.

[1] Footprint of Uncertainties
[2] Lower Membership Function
[3] Upper Membership Function
[4] Type-reducer
[5] Fuzzifier
[6] Rules

یک مجموعه فازی نوع ۲، ما را برای آمیختن عدم قطعیت و اطمینان تابع تعلق با نظریه مجموعه فازی توانمند میکند و راهی برای پرداختن به نبود پوشش عدم قطعیت تابع تعلق در فازی نوع ۱ است. اگر هیچ عدم قطعیتی وجود ندارد، پس یک مجموعه فازی نوع دو به یک مجموعه فازی نوع ۱ کاهش می یابد. به منظور تشخیص نمادین میان یک مجموعه فازی نوع یک از یک مجموعه فازی نوع ۲، یک نماد بالای نماد مجموعه قرار میدهند. بنابر این نماد A یک مجموعه فازی نوع یک رانشان میدهد در حالی که نماد $\tilde{A}$ نمایش متفاوتی از یک مجموعه فازی نوع دوم است.

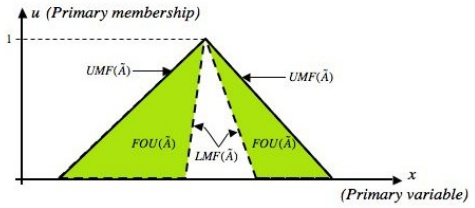
البته مجموعه های فازی نوع های بالاتر را نیز داریم. پروفسور زاده نیز تمام مجموعه های فازی نوع n را نیز تشریح کرده است (Zadeh, 1975). تابع تعلق یک مجموعه عمومی فازی نوع ۲، $\tilde{A}$، سه بعدی است.



شکل ۱ – تابع تعلق سه بعدی یک مجموعه عمومی فازی نوع ۲، قسمت منقطع یک تکه از بعد سوم نشان داده شده است. این قسمت مثل بقیه جاها روی جای پای عدم قطعیت قرار دارد. تنها مرز این قسمت برای توصیف تابع تعلق مورد استفاده قرار میگیرد و برای نمایش بهتر در شکل پر شده است.

بعد سوم این تابع، مقدار تابع تعلق در هر نقطه روی بازه دو بعدی آن است که به جای پای عدم قطعیت معروف است. برای یک مجموعه بازه ای فازی نوع ۲، این مقدار بعد سوم در همه جا یکسان است (مثلاً ۱). این بدین معنا است که هیچ اطلاعات جدیدی در بعد سوم یک مجموعه بازه ای فازی نوع دوم وجود ندارد. بنابر این برای اینچنین مجموعه ای بعد سوم چشم پوشی می شود و تنها مقدار جای پای عدم قطعیت برای توصیف آن مورد استفاده قرار می گیرد. این به همین دلیل است که یک مجموعه بازه ای فازی نوع ۲ برخی اوقات به یک مدل مجموعه فازی عدم قطعیت درجه اول نامیده میشود. در حالیکه یک مجموعه عمومی فازی نوع ۲ (با بعد سوم قابل استفاده اش) معمولاً به عنوان یک مدل مجموعه فازی عدم قطعیت درجه دو ارجاع داده میشود.

مقدار FOU ناواضحی یک تابع عضویت نوع ۱ را نشان میدهد و به طور کامل با دو تابع محدود کننده، تابع تعلق پایین (LMF) و یک تابع تعلق بالا (UMF) که هر دو توابع تعلق نوع ۱ هستند توصیف می شود (شکل ۲). در نتیجه، این امکان برای استفاده از ریاضیات مجموعه فازی نوع ۱ برای مشخصه سازی و کار با مجموعه های بازه ای فازی نوع ۲ وجود دارد.



شکل2 – FOU برای یک مجموعه فازی بازه ای نوع ۲، شکل های دیگری نیز میتواند فرض شود.

مجموعه های بازه ای فازی نوع ۲ بیشتر مورد توجه هستند تا مجموعه های معمولی فازی نوع ۲، چون ریاضیات آنها ساده تر است. این مجموعه ها در سیستم های منطق فازی قانون مند بسیار کاربرد دارند. زیرا عدم قطعیت هایی را میتواند مدل کند که اینکار از نوع ۱ بر نمی آید. قانون ها هم که یا از طرف فرد متخصص یا از ناحیه مقادیر عددی ایجاد می شوند. به طور مثال:

IF temperature IS moderate AND pressure IS high, THEN rotate the valve a bit to the right

توابع عضویت برای توصیف مجموعه های فازی به کار میروند و در یک سیستم فازی نوع ۱ همه از نوع مجموعه های فازی نوع ۱ هستند، در حالیکه در یک سیستم فازی نوع ۲ حداقل یکی از توابع عضویت یک مجموعه فازی بازه ای نوع ۲ است.