

بخش

1

FUZZY CONTROL SYSTEMS

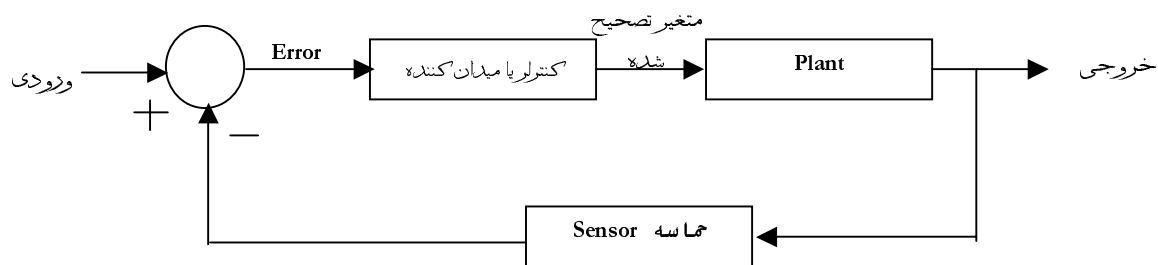
سیستمهای کنترل فازی

Research:

Jamshid Nazemi

مقدمه:

سیستمهای کنترل سنتی مبتنی بر تئوریهای کنترل هستند که در آن مدل‌های ریاضی برای فرآیندهای با حلقه بسته که سیستم نامیده میشوند تعریف شده است. هدف در سیستمهای کنترل و کنترلرهای این سیستمها تضمین حصول نتایج مطلوب از خروجی سیستم Y است. فرآیند حفظ نتایج مورد انتظار در حول نقطه مرجع Y و مستقل از وجود نویز Noise و نوسانات محیطی را در گوله نمودن میانند خروجی یک کنترلر که ورودی یک سیستم است از فعالیت کنترلی U می نامیم شکل عمومی یک سیستم کنترل را در شکل یک آمده است.



شکل ۱- نمایش یک سیستم کنترل

سیستمهای کنترل بر حسب اهداف از هم تفکیک میشوند و لذا سیستمهای کنترل بر حسب اهداف به دو گونه تقسیم میشوند:

- ۱- نوع دگلاتور: نگهداری سیستم در یک مقدار ثابت با وجود نوسانات مانند کنترل دمای اتاق، Autopilot
- ۲- نوع ردیابی: یک متغیر سیستم تابع مورد نظر در زمان را دنبال می کند مانند سیستم اتوماتیک فرود هواپیما

سوالی که در طراحی و بکارگیری سیستمهای کنترل طرح میشود آنست که در مورد ادبیات کاربردی مسئله اساسی کنترل چیست؟

با مرور موضوعی ادبیات مسئله در می یابیم که مسئله اساسی کلیه سیستمهای کنترل عبارتست از: مسئله ای که در آن خروجی یا متغیر پاسخ یک سیستم تحت کنترل بوسیله یک سیگنال خطا تنظیم می شود.

The output, or response, of the physical system under control is adjusted as required by the error signal

که به زبان ریاضی عبارتست از:

$$\frac{d^n y'}{dt^n} = w [t, y(t), y'(t), \dots, \frac{d^{n-1} y'}{dt^{n-1}}, u(t)]$$

و در آن عبارتست از :

$u(t)$: ورودی

w [] : یک تابع نامشخص غیرخطی

$y(t)$: خروجی سیستم

بر اساس رابطه فوق برای یک سیستم دارای یک متغیر ورودی و یک متغیر خروجی داریم:

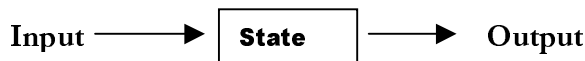
$$x_{k+1} = f(x_k, u_k)$$

$$y_{k+n} = f(x_k, y_{k+1}, \dots, y_{k+n-1}, u_k)$$

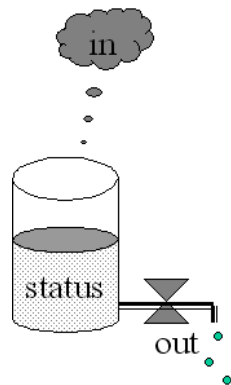
و برای یک سیستم با چند ورودی و یک خروجی داریم:

$$y_{k+n} = f(x_k, y_{k+1}, \dots, y_{k+n-1}, u_k)$$

بایستی به این نکته توجه نمود که شناسایی یک سیستم کنترل با متغیرهای زیر صورت می گیرد.



که متغیر ورودی و خروجی مطابق تعاریف فوق متغیر نرخ (متغیر نسبت به زمان) بوده و متغیر فرآیند وضعیت سیستم را نشان میدهد. شکل فیزیکی سیستم و متغیرهای مربوطه در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲- نمایش یک سیستم فیزیکی کنترل ساده

طراحی یک سیستم کنترل:

مسئله طراحی یک سیستم کنترل را می توان به این صورت فرموله نمود:

$$u(t) = h[t, x(t), r(t)]$$

$u(t)$: ورودی سیستم

$r(t)$: ورودی مرجع

$x(t)$: وضعیت سیستم

h : قانون کنترل بازخورد که برای یکنواخت کردن سیستم استفاده می شود.

برای یک سیستم از نوع رگلاتور که از مدلهای با کاربری بالایی است عمده مدلهای به صورت زیر است

$$\begin{aligned} u(t) &= h[x(t)] && \text{ورودی بر اساس تابع وضعیت:} \\ u(t) &= h[y(t), y, \int y dt] && \text{ورودی بر اساس خروجی:} \end{aligned}$$

سطح کنترل

در متدولوژی سیستمهای کنترل فازی، سطح کنترل یا سطح تصمیم گیری کلیدی است. در حالت عمومی این سطح یک P سطحی در فضای n بعدی است.

این سطح را به عنوان سطح کنترل می خوانند و با توجه به دینامیک موجود در طراحی کنترلرها، تکنیکهایی وجود دارد که شکل صفحات را اصلاح نمود و جایگاه منطق فازی در ایجاد سیستمهای خبره، بکارگیری مجموعه ای از قواعد شرطی است که از تجربه متخصصین برای تخمین و ایجاد این سطوح استفاده نمود. پزادایم در طراحی سیستم کنترل، نتیجه گیری تخمینی است و سیستمهای خبره مبتنی بر قواعد منطق فازی تخمین زنده های خوب برای n متغیر مستقل و یک متغیر وابسته برای هر دقت مورد نظر است.

مراحل طراحی یک سیستم کنترل

- ۱- سیستمهای بزرگ غیرمترکز و به چندین زیر مجموعه تصمیم شود.
- ۲- تغییرات ذاتی در دینامیک سیستم (plant) فرض می شود که بسیار بطنی می باشد.
- ۳- دینامیک غیر خطی سیستم (plant) حول مجموعه ای از نقاط عملیاتی و به صورت محلی خطی می شوند.
- ۴- مجموعه متغیرهای وضعیت، کنترل و خروجی در دسترس هستند.

- ۵- یک سیستم بازخورد P ، PD یا PID برای هر سیستم تعریف شده است . کنترلرها از نوع رگلاتوری هستند.
- ۶- علاوه بر عدم قطعیت در موارد فوق، در شرایط محیطی نیز عدم قطعیت وجود دارد . طراحی کنترلر به نحوی است که به اتکاء تجاوزت طراح و دانش وی به شکلهای مقداری ، زبانی ، تحلیلی و سایر اطلاعات محیطی به مقدار بهینه نزدیک باشد
- ۷- یک سیستم مراقبتی انسان و یا اتوماتیک برای تنظیم کنترلرها وجود دارد.

فرضیات در طراحی سیستم کنترل فازی

- شش فرضیه در زمانیکه سیستم کنترل فازی انتخاب شود وجود دارد که عبارتند از :
- ۱- مکانیزم سیستم (plant) قابل مشاهده و کنترل پذیر است . وضعیت ، ورودی و خروجی قابل مشاهده ، اندازه گیری و یا محاسبه است.
 - ۲- مجموعه ای از دانش تولید بر اساس تجارت تولیدی شامل قواعد زبانی ، احساسهای مهندسی ، ابداع ، داده های اندازه گیری شده و ورودی / خروجی یا مدلهای تحلیلی که قابل فازی شدن هستند وجود دارد و قواعد آن قابل استخراج هستند.
 - ۳- راه حلی وجود دارد.
 - ۴- مهندس کنترل در صدد یافتن جواب نسبتاً خوب است و نه جواب بهینه
 - ۵- طراحی کنترلر بر اساس تجارت موجود تا آن لحظه است و با دقت خاصی کار می کند.
 - ۶- مسئله پایدار بودن و بهینه بودن مسأله هستند که در طراحی کنترلر فازی کماکان قابل کار هستند.
- لذا بدست آوردن سطوح فازی $h()$ بر اساس مجموعه ای از قواعد فازی IF-Then که دینامیک کنترلر را ایجاد می کند فعالیت اساسی در سیستم کنترل فازی است.

یک سیستم فازی قاعده مند تولیدی از چهار ساختار تشکیل می شود:

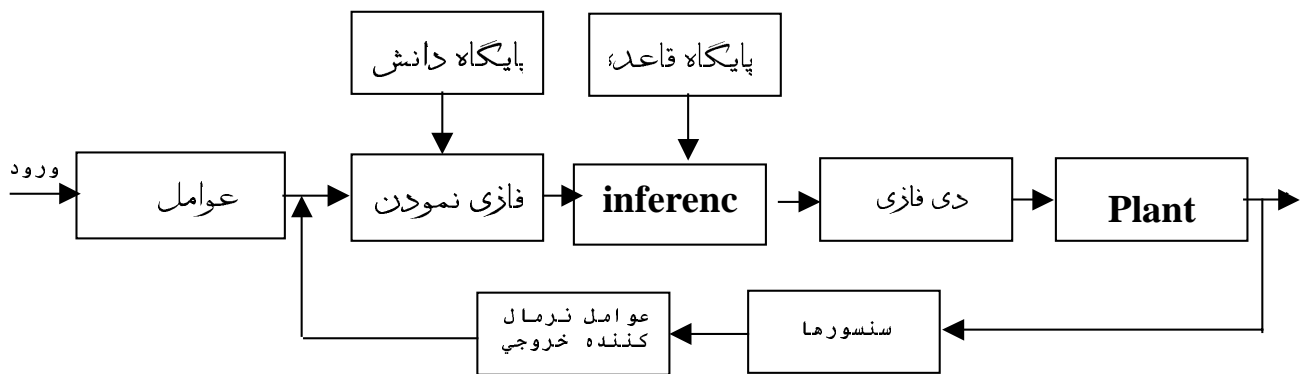
- ۱- مجموعه ای از قواعد که سیاستها را عرضه می کند و استراتژیهای زبانی یک تصمیم گیر ماهر را ارائه می کند.
- ۲- مجموعه ای از داده های ورودی که قبل از تصمیم گیری نهایی ارزیابی شده اند.
- ۳- روشی برای ارزیابی هر پیشنهاد برای تطابق قواعد تشریحی با داده های موجود
- ۴- روشی برای تعیین زمان توقف برای جستجوی اقدامات بهتر بندی

داده های ورودی، قواعد و اقدامات خروجی معمولاً بر اساس مجموعه های فازی با توابع عضویت خود تشریح می شوند. روش ارزیابی قواعد که بکار گرفته می شود نتیجه گیری تخمینی¹ است و ترکیبی از روابط فازی است که در معادلات روابط فازی می آید.

سطح کنترل که اقدامات کنترلی (u) را به متغیرهای خروجی و یا وضعیت مرتبط می کند بر اساس چهار ساختار تشریح شده بدست می آید. جدول جستجو تشکیل شده از می توان در یک تراشه حافظه ذخیره نمود و یک کنترلر ناپویا (ثابت) برای سیستم ایجاد نمود.

کنترلر ساده منطق فازی

مدل ساده کنترلر منطق فازی را می توان به صورت زیر شکل ۳ نمایش داد.



شکل ۳- نمایش یک مدل ساده کنترلر فازی

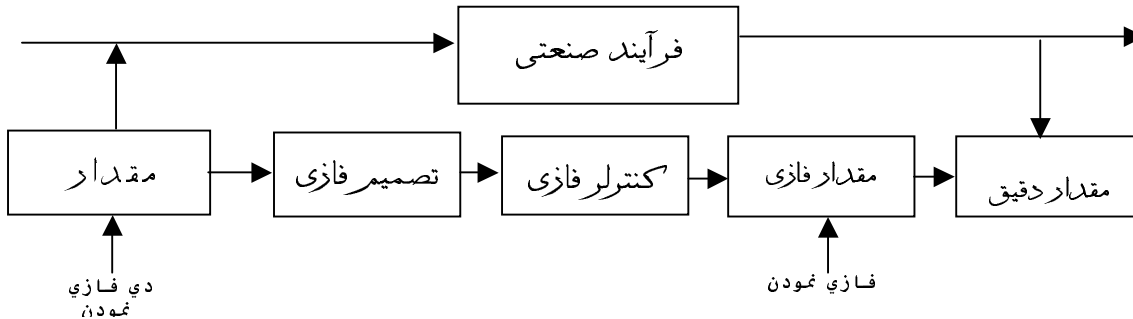
یک سیستم کنترلر منطق فازی دارای مشخصه های زیر است:

- ۱- عوامل نرمال کننده ورودی و خروجی ثابت و یکنواخت
- ۲- پایگاه داده ای ثابت و بدون قواعد تداخلی. تمام قواعد دارای درجه قطعیت مشابه و برابر مقدار یک هستند.
- ۳- تابع عضویت ثابت است.
- ۴- تعداد قواعد محدود که با تعداد متغیرهای ورودی به صورت نمایی افزایش می یابد.
- ۵- پایگاه دانش ثابت، شامل روشی برای نتیجه گیری تخمینی، تجمعی نمودن قواعد و دی فازی نمودن خروجیها
- ۶- کنترلر در سطح ابتدایی بدون ساختار سلسله مراتبی در قواعد

¹ Approximate reasoning

مثال : طراحی سیستم کنترل فازی

یک فرآیند صنعتی ساده را مطابق شکل ۴ ملاحظه نمایید.

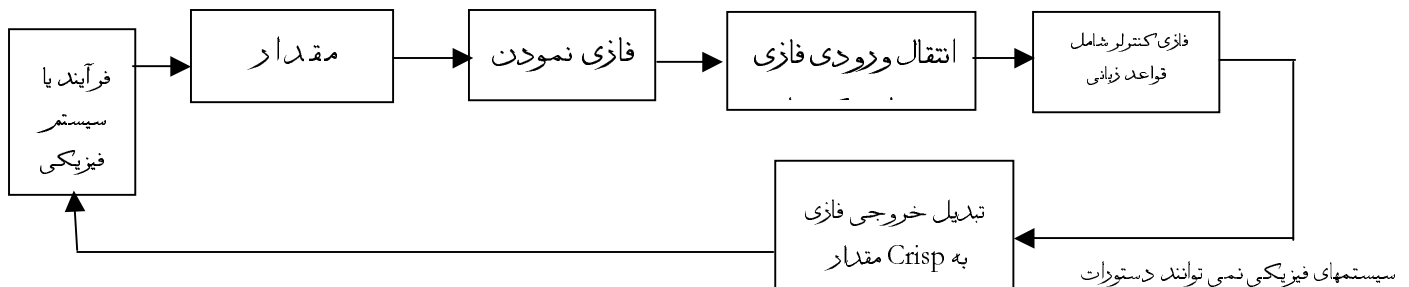


شکل ۴- نمایش یک مدل ساده کنترل فازی صنعتی

فرض کنید خروجی فشار است و تفاوت فشار مطلوب با فشار خروجی (e) و همچنین تفاوت نرخ تغییر فشار ($\frac{dp}{dt}$) مطلوب با نرخ فشار واقعی را (\dot{e}) بخوانیم در آنصورت فرض کنید که دانش موجود را بتوان با قاعده زیر تشریح نمود :

اگر فشار (e) "مثبت بزرگ" PB یا "مثبت متوسط" PM باشد و اگر نرخ خطای فشار (\dot{e}) "منفی کوچک" باشد آنگاه وزودی حرارت به "منفی میانه" NM تغییر می یابد.

منغیرهای زبانی تشریح کننده خطا "PB"، "PM"، و نرخ خطای فشار "NS" و "NM" فازی هستند اما اندازه گیری فشار و نرخ فشار و همچنین مقدار کنترلی که به سیستم اعمال می شود Crisp است .



شکل ۵- نمایش یک سیستم کنترل فازی و عناصر آنها

ادامه مثال فشار:

گام ۱: تخصیص مقدار به متغیرهای فازی ورودی و خروجی

فرض کنید خطای (e) را به هشت متغیر زمانی A_1, A_2, \dots, A_8 بر روی فضای نرخ خطا $[-e_m, e_m]$ تعریف کنیم و نرخ خطا را با هفت متغیر B_1, B_2, \dots, B_7 بر روی فضای نرخ خطا $[-e_m, e_m]$ تعریف کنیم. در این حالت در صورتیکه محدوده را $[-a, +a]$ تعیین کنیم نرمالیزه کردن به صورت زیر انجام می شود.

$$e_1 = \left(\frac{a}{e_m} \right) = e$$

$$e \cdot 1 = \left(\frac{a}{em} \right) = e$$

اگر $A_i (i = 1, 2, \dots, 8)$ را بصورت PB, PM, PS, PO, NO, NS, NM, NB تعریف کنیم.

و اگر $B_j (j = 1, 2, \dots, 7)$ را بصورت PB, PM, PS, O, NS, NM, NB تعریف کنیم جداول عضویت را می توان به صورت زیر تعریف نماییم.

تابع عضویت e()

A_i	X	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0 ⁺	1	2	3	4	5	6
A_1	PB											0.1	0.4	0.8	1
A_2	PM								0	0.2	0.7	1	0.7	0.2	
A_3	PS							0.3	0.8	1	0.5	0.1			
A_4	PO							1	0.6	0.1					
A_5	NO					0.1	0.6	1							
A_6	NS			0.1	0.5	1	0.8	0.3							
A_7	NM	0.2	0.7	1	0.7	0.2									
A_8	NB	1	0.8	0.4	0.1										

تابع عضویت (de/dt)

	Y	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
B_1	PB										0.1	0.4	0.8	1
B_2	PM									0.2	0.7	1	0.7	0.2
B_3	PS								0.9	1	0.7	0.2		
B_4	0						0.5	1	0.5					
B_5	NS			0.2	0.7	1	0.9							
B_6	NM	0.2	0.7	1	0.7	0.2								
B_7	NB	1	0.8	0.4	0.1									

تابع عضویت برای مقدار کنترل Z

A_i	X	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
C_1	PB												0.1	0.4	0.8	1
C_2	PM										0.2	0.7	1	0.7	0.2	
C_3	PS								0.4	1	0.8	0.4	0.1			

گام دوم:

		A_i							
		NB	NM	NS	NO	PO	PS	PM	PB
B_j	PB	PB	PM	NB	NB	NB	NB		
	PM	PB	PM	NM	NM	NS	NM		
	PS	PB	PM	NS	NS	NS	NS	NM	NB
	O	PB	PM	PS	0	0	NS	NM	NB
	NS	PB	PM	PS	PS	PS	PS	NM	NB
	NM			PS	PS	NM	PM	NM	NB
	NB			PB	PB	PB	PB	NM	NB

P: Positive
 B: Big
 S: Small
 N: Negative
 M: Medium

تفسیر جدول فوق: اگر e برابر A_1 و e برابر B_1 باشد آنگاه Z برابر است با C_{11}

گام سوم: تبدیل متغیر فازی و مقادیر دقیق

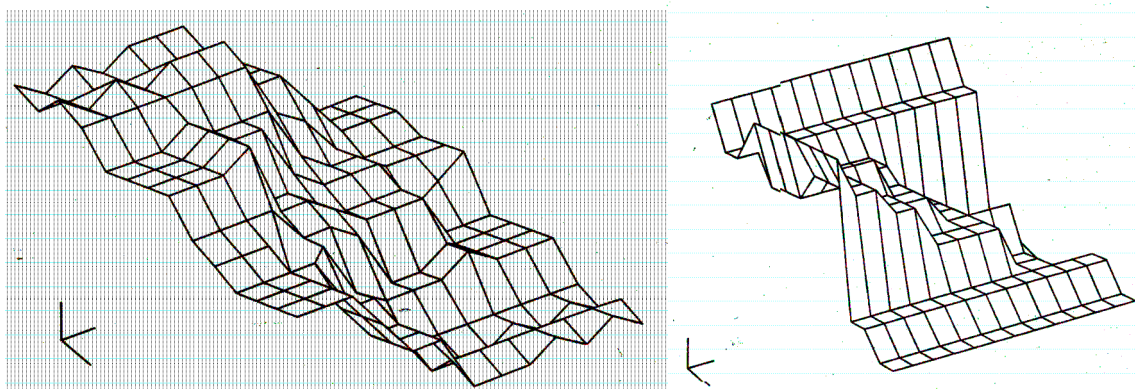
- سیستمها و ابزارهای فیزیکی مقادیر مشخص و دقیق خطا (e) را دارند و مقدار نرخ خطا (e) نیز به صورت دقیق اندازه گیری می شود. دوشی برای فازی نمودن بایستی تعریف شود که تابع عضویت را ایجاد نماید (مثلاً "قاعده حد اکثر عضویت) و مقدار A و B بدست آید.
- انتقال مقادیر فازی به کنترلر فازی و بر اساس قواعد فازی نتیجه فازی بدست می آید.
- قبل از انتقال زمان به سیستم لازم است مقادیر فازی به مقادیر Crisp و دقیق تبدیل شود که مثلاً با حد اکثر تابع عضویت و یا میانگین وزنی انجام می شود.

گام چهارم:

بر اساس دوشهای تعریف شده در گام سوم برای تمام e و e یک جدول تبدیل کنترلی بدست می آید. اگر این مقادیر دسر شوند یک سطح کنترلی بدست می آید.

v \ x	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-6	7	6	7	6	7	7	4	4	4	2	0	0	0
-5	6	6	6	6	6	6	4	4	4	2	0	0	0
-4	7	6	7	6	7	7	4	4	4	2	0	0	0
-3	6	6	6	6	6	6	3	2	2	0	-1	-1	-1
4	4												
5	0												
6	0												

مقایسه دو سطح پاسخ برای یک سیستم کنترلی فازی و سیستم کنترلی دقیق در شکلهای زیر نمایش داده شده است. همانطور که ملاحظه میشود در حالت الف شبیه سازی سطوح جواب در حالت فازی هموارتر است و پاسخ را در حالت دقیق با دقت کمتری شبیه سازی نموده است.



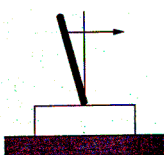
ب

الف

شکل ۶- نمایش سطوح پاسخ

مسئله فازی کنترلی برای پاندول

تابع سیستم را می توان به صورت زیر تعریف کرد .

$$-ml^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + (m \lg) \sin \theta = T = u(t)$$


فرض کنید $x_1 = \theta$ و $x_2 = d\theta/dt$ متغیر وضعیت سیستم هستند در آن صورت :

$$dx_1/dt = x_2, \quad dx_2/dt = \left(\frac{g}{l}\right) \sin(x_1) - \left(\frac{1}{ml^2}\right)u(t)$$

در رابطه فوق به جای $d\theta/dt$ مقدار x_2 قرار داده شده است.

همچنین میدانیم برای مقادیر کوچک θ مقدار $\sin\theta = \theta$ است (مقدار θ بر حسب رادیان است) لذا روابط را میتوان خطی نمود یعنی :

$$dx_1/dt = x_2$$

$$dx_2/dt = \left(\frac{g}{l}\right)(x_1) - \left(\frac{1}{ml^2}\right)u(t)$$

با در نظر گرفتن مقادیر اولیه $g = l$ و $m = \left(\frac{1}{g^2}\right)\left(\frac{180}{\pi}\right)$ ضرایب معادله فوق حذف می شود و مقادیر x به

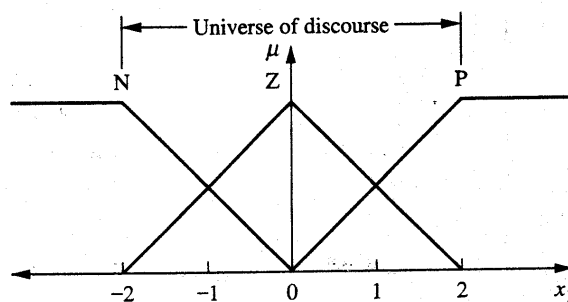
درجه تبدیل می شوند.

و به این ترتیب روابط فوق را میتوان به صورت زیر نوشت :

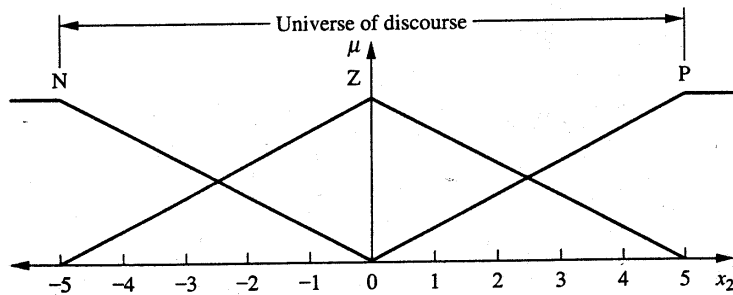
$$\begin{array}{l} x_1(k+1) - x_1(k) = x_2(k) \longrightarrow \\ x_2(k+1) - x_2(k) = x_1(k) - u(k) \longrightarrow \end{array} \quad \boxed{\begin{array}{l} x_1(k+1) = x_1(k) + x_2(k) \\ x_2(k+1) = x_2(k) + x_1(k) - u(k) \end{array}}$$

فرض کنید در سیستم حدود به این صورت تعریف می شود $-2^0 \leq x \leq 2^0$ $-5 \text{ deg/sec} \leq x_2 \leq 5 \text{ deg/sec}$

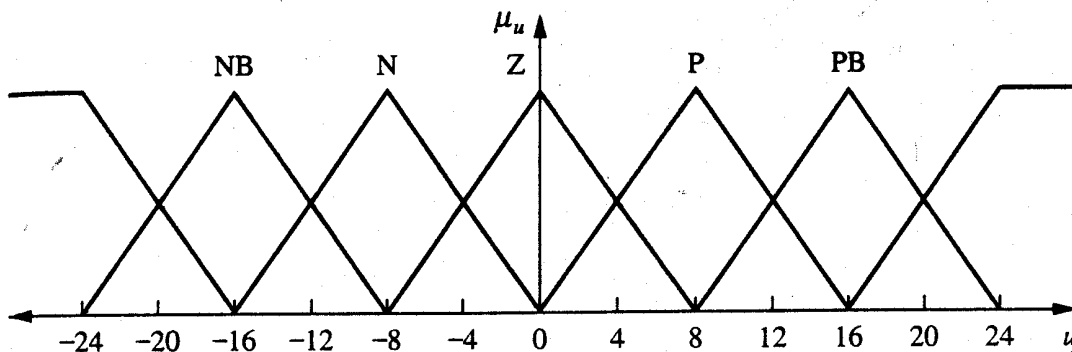
گام اول : تابع عضویت را برای x_1 تعریف می کنیم.



و تابع عضویت برای x_2 را نیز تعریف می کنیم.



گام دوم: فضای کنترل را تعریف می کنیم.



گام سوم: نه قاعده را به صورت جدول 3x3 زیر تعریف می کنیم.

X_1/X_2	P	Z	N
P	PB	P	Z
Z	P	Z	N
N	Z	N	NB

به عنوان مثال اگر $X_1=P$ و $X_2=Z$ در آن صورت $U=P$

گام چهارم: بر اساس قواعد تعریف شده، شبیه سازی مسئله بدین صورت خواهد بود که دزهر سیکل از شبیه سازی بر اساس جدول قواعد تابع عضویت برای $u(k)$ حاصل می شود. دی فازی نمودن از روش میانگین (Centroid) و حل معادلات دیفرانسیل برای بدست آوردن مقادیر x_1 و x_2 عمل می شود.

$$\text{حال فرض کنید } x_2(0) = -4 \text{ dps, } x_1(0) = 1^0$$

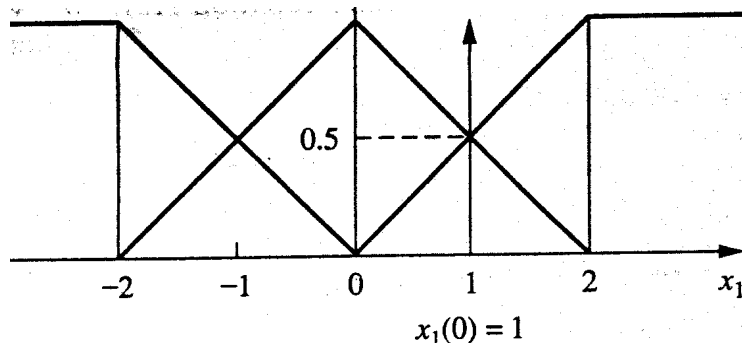
$$\text{if } (x_1=p), (x_2=z) \text{ then } u=p \quad \min(0.5,0.2) = 0.2(P)$$

$$\text{if } x_1=p, x_2=N \quad u=Z \quad \min(0.5,0.8) = 0.5(Z)$$

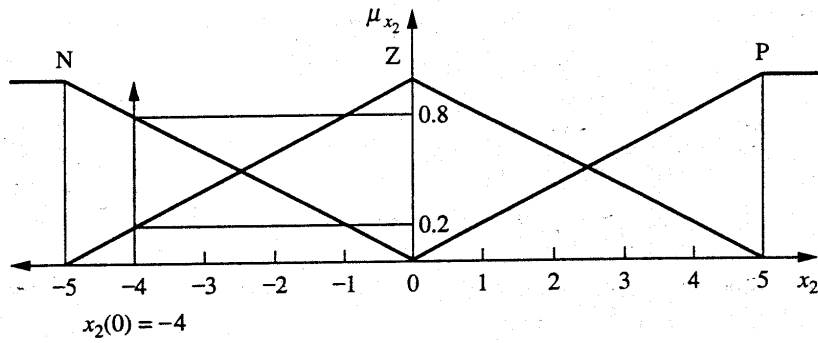
$$\text{if } x_1=Z, x_2=Z \quad u=Z \quad \min(0.5,0.2) = 0.2(Z)$$

$$\text{if } x_1=Z, x_2=N \quad u=N \quad \min(0.5,0.8) = 0.5(N)$$

تصویر مقادیر فوق بر روی تابع فازی X_1 و X_2 در شکلهای زیر ملاحظه می نمایید و بر همین اساس است که مشخص میشود X_1 و X_2 دو مقدار را در نقطه شرایط اولیه دارند

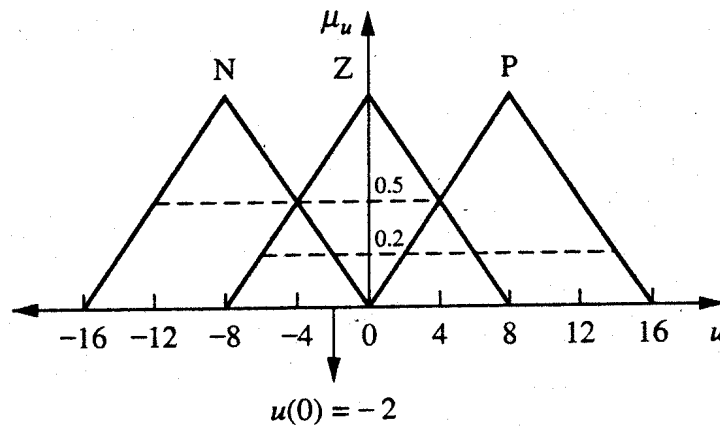


همانطور که ملاحظه میشود مقدار $x_1(0) = 1$ بر روی منحنی P و Z قرار دارد

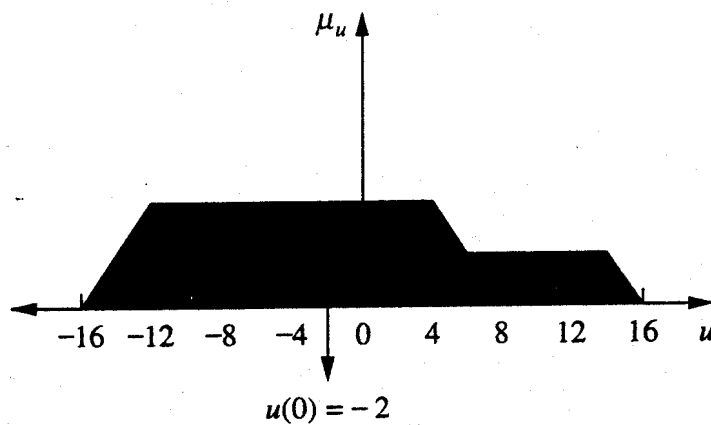


همانطور که ملاحظه میشود مقدار $x_2(0) = -4$ بر روی منحنی N و Z قرار دارد

نتایج فازی شده ناشی از محاسبات مبتنی بر قواعد فوق در سیستم به صورت زیر قابل تصویر کردن است.



نتیجه دی فازی نمودن مقادیر فوق و به روش centroid (میانگین) برابر است با :

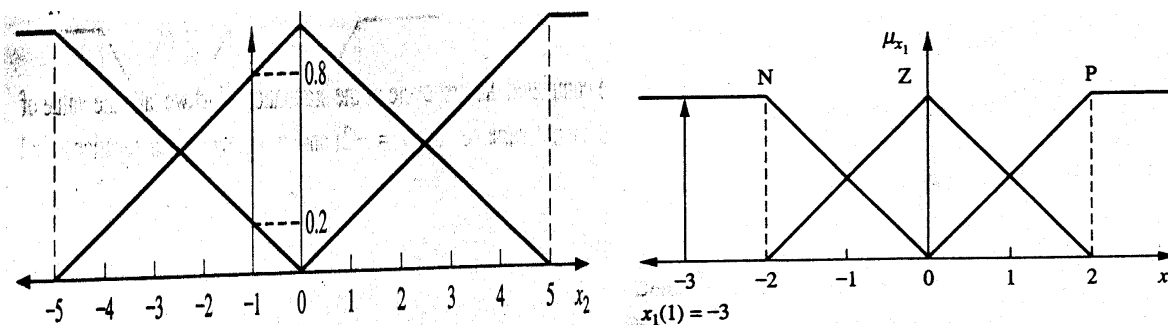


سیکل دوم:

بر اساس مقادیر بدست آمده و مقدار $u=z$ و قراردادن در روابط سیستم، نقطه بعدی بدست می آید.

$$x_1(1) = x_1(0) + x_2(0) = 1 - 4 = -3$$

$$x_2(1) = x_1(0) + x_2(0) - u(0) = 1 - 4 - (-z) = -1$$



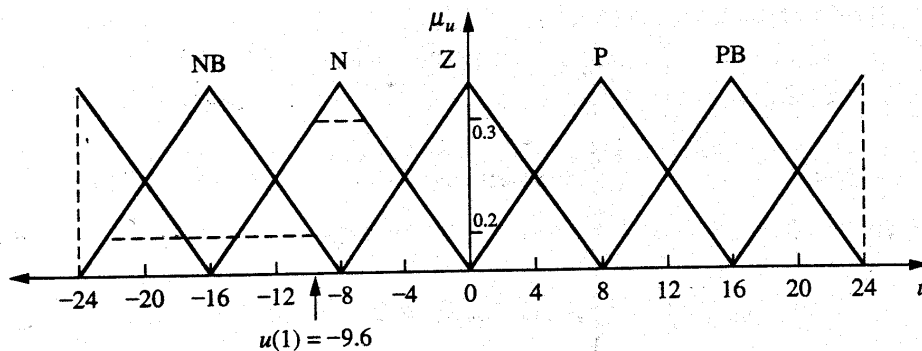
if $(x_1 = n), (x_2 = n)$ then $u = NB$

$$\min(1, 0.2) = 0.2(NB)$$

if $(x_1 = n), (x_2 = z)$ then $u = N$

$$\min(1, 0.8) = 0.8(N)$$

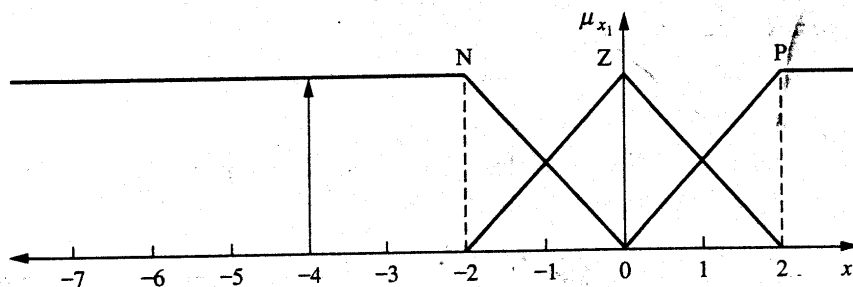
جمع بندی مقادیر فوق نتیجه زیر را حاصل می کند.

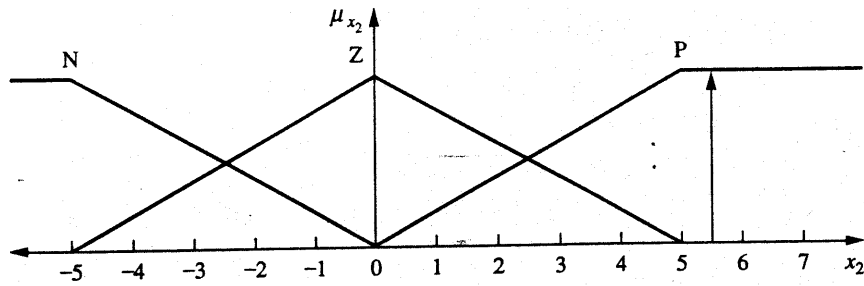


بر اساس مقدار $u = -9.6$ شرایط برای سیکل سوم بدست می آید.

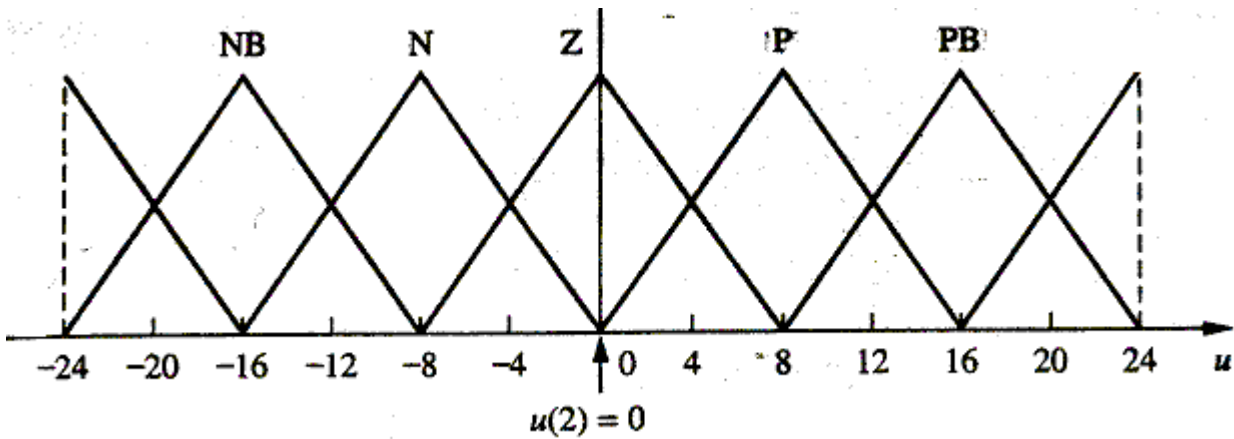
$$x_1(2) = x_1(1) + x_2(1) = -3 - 1 = -4$$

$$x_2(2) = x_1(1) + x_2(1) - u(1) = -3 - 1 - (-9.6) = 5.6$$





if $(x_1 = n), (x_2 = p)$ then $u = z$ $\min(1,1) = 1(z)$



به همین ترتیب برای گام بعدی داریم:

$$x_1(3) = x_1(2) + x_2(2) = -4 + 5.6 = 1.6$$

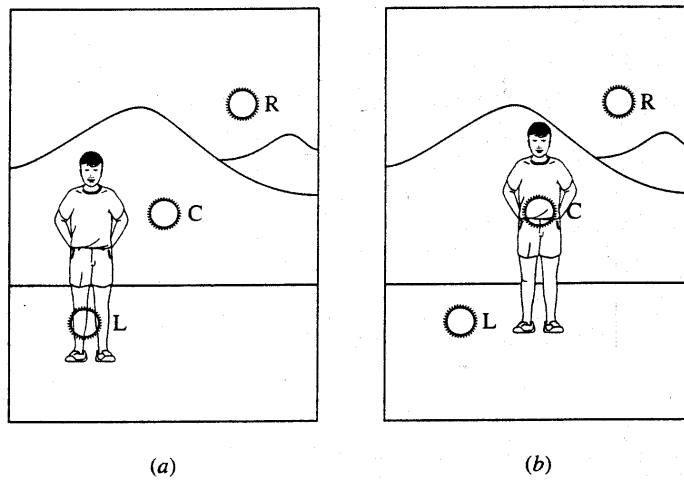
$$x_2(3) = x_1(2) + x_2(2) - u(2) = -4 + 5.6 - 0 = 1.6$$

و این فرایند به همین ترتیب ادامه پیدا میکند.

مثالهای کاربردی برای سیستم کنترل فازی

۱- دزدین تنظیم خودکار

برای پیدا کردن تنظیم خودکار فاصله بایستی اندازه گیری شود و موضوع مورد توجه (تمرکز) توسط مکانیزم focus شود.



شکل ۷- نمایش سیستم کنترل فازی در دزدین عکاسی

روش : سه نقطه در منظره اندازه گیری می شود. رابطه ای برای این سه نقطه تعریف شده است.

قاعده تصمیم گیری بدینصورت برای سیستم تعریف می شود.

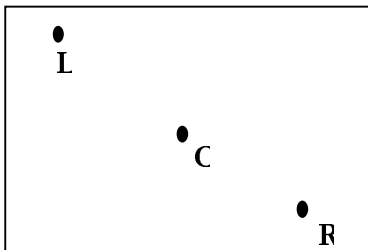
۱. اگر C نزدیک است در آنصورت PC بزرگ است.

۲. اگر L نزدیک است در آنصورت PL بزرگ است.

۳. اگر R نزدیک است در آنصورت PR بزرگ است.

۴. اگر L دور و C متوسط و R نزدیک است PC خیلی بزرگ است.

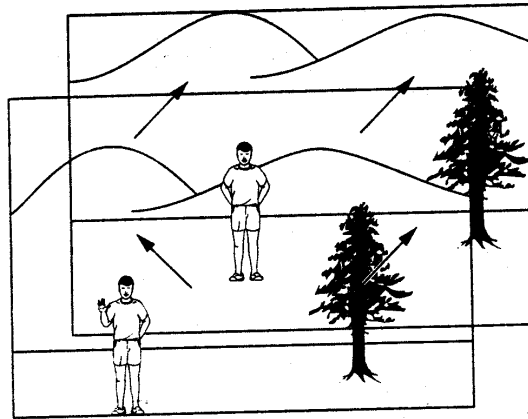
۵. اگر R دور و C متوسط و L نزدیک است PC خیلی بزرگ است.



۲. حرکت در دوربین فیلمبرداری

وقتی که از یک موضوع فیلم گرفته می شود اگر حرکتی وجود داشته باشد آیا حرکت مربوط به موضوع است و یا حرکت لرزش فیلمبردار؟

برای تعیین این مطلب در این دوربین ها یک سیستم LSI (laser Sensor Image) بردار حرکت را شناسایی نموده و با یک سیستم فازی نتیجه گیری می شود که آیا حرکت ناشی از لرزش است یا خیر؟ برای این کار چندین بردار حرکت در فضای تصویر در نظر گرفته می شود و دو فریم متوالی با هم مقایسه می شود. هر تصویر را به چهاربخش و ۳۰ قسمت تقسیم می کنیم و فاصله بین دو تصویر R_i را برای هر منطقه i در نظر می گیریم و در هر منطقه بردار کمترین انتقال را به V_i تعریف می کنیم.



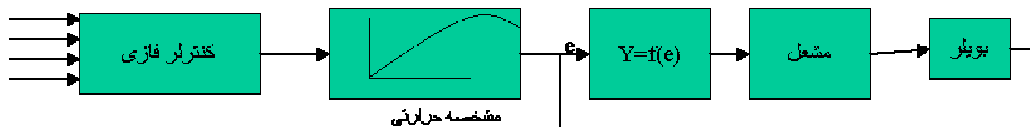
شکل ۸- نمایش سیستم کنترل فازی در دوربین فیلمبرداری

قاعده مربوطه می گوید :

اگر چهار بردار بخشها موازی هم باشند و نرخ تغییر آن در زمان کوچک باشد در آنصورت لرزش دست بوجود آمده و سمت لرزش، جهت بردار حرکت است.

۳. سیستم کنترل دمای خانه

گرمایش بدون خانه و سیستم حرارتی مربوط به آن به نحوی بایستی عمل نماید که با دمای بیرون (محیط) فعال شود.



شکل ۹- نمایش شماتیک یک سیستم کنترل فازی

مثالهایی از کنترل فازی در این مجموعه عبارتست از:

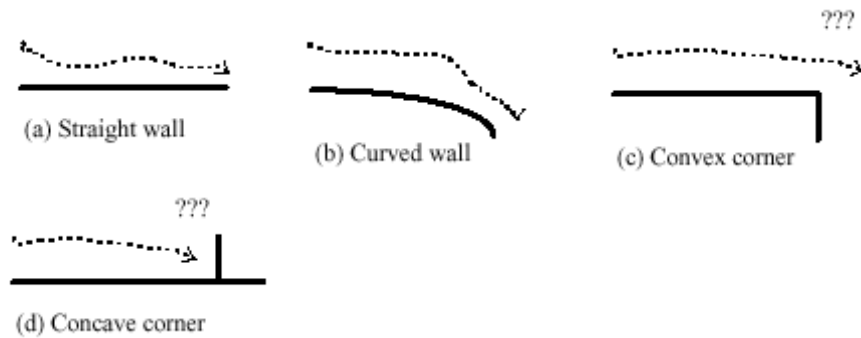
اگر دما $(t-1)$ گرم است و دمای t ولرم است در آنصورت سرعت نازل کمی باز است

اگر تفاوت دمای $t, t-1$ کمی کاهش یافته است در آن صورت سرعت نازل کمی بسته است

- کاربرد فازی کنترل در دیوارها

طراحی انجام کارهای ساده توسط دیوارها، فعالیتی بسیار پیچیده است و دیوارها بایستی درخواستهای زیادی را از نظر نوع کار و قاعده های تعریف شده رعایت نماید. و اقدام بعدی دیوار تابعی از آخرین وضعیت وی است لذا لازم است در هر نقطه اقدامات کنترلی دیوار صورت گیرد تا مشخص شود که مثلا "چه حرکتی بوجود آید. یکی از راههای کاهش پیچیدگی حرکت یک دیوار شکستن توابع پیچیده کنترلی به بخشهای کوچکتر است که به راحتی قابل برنامه ریزی و دفع عیب باشد. در دیوارها، کوچکترین واحد عمل را رفتار نامند که به معنای تصویر کردن یک وضعیت داخلی به یک اقدام کنترلی در دیوار است (مانند تعریف تابع تبدیل ورودی به خروجی)

مثلا "تصور کنید که یک دیوار لازم است در کنار دیواری حرکت نماید. اگر دیوار مطابق چهار حالت زیر باشد چه رفتار (یا تابع تبدیلی) بایستی تعریف شود ؟



شکل ۱۰- تصویر حالت‌های مختلف حرکت یک دیوار در کنار دیوار

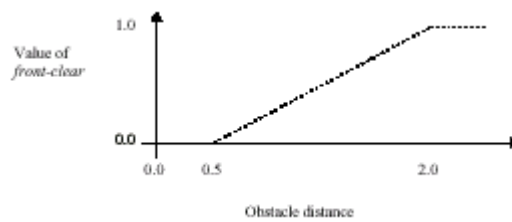
اگر قاعده را اندازه گیری فاصله از دیوار تعریف نماییم و دیوار فاصله ای را بایستی رعایت نماید برای حالت‌های a و b چندان مشکلی وجود ندارد در مورد c وقتی به کنج می رسد چگونه تصمیم گرفته می شود. در مورد d که فاصله از دیوار به مقدار مشخصی رسیده است چه باید کرد؟

کنترل فازی با این هدف کاربرد در دیوارها یافته است که بتواند اینگونه توابع را با راحتی بیشتری در طراحی ایجاد نماید و کنترلر فازی همان کار کنترلرهای معمول را انجام می دهد با این تفاوت که مقادیر کنترلی با تکنیکهای منطق فازی محاسبه می شوند.

مثال متغیرهای فازی در روباتها

- متغیرهایی که وضعیت زیات برای یک رفتار را مشخص می کنند و تابع عضویت مقدار آن وضعیت را برای متغیر تعریف شده نشان می دهد. اگر مفهوم "زویه دو خالی" را تعریف نماییم. مقدار آن چنین خواهد بود:
- اگر سنسور چیزی را در فاصله نزدیک زویه خود حس نماید این تابع عضویت صفر است.
 - اگر سنسور چیزی را در جلوی خود احساس نکند تابع عضویت یک است.
 - اگر سنسور چیزی را در حالتی بین دو مقدار فوق احساس کند مقداری به آن اختصاص داده می شود.

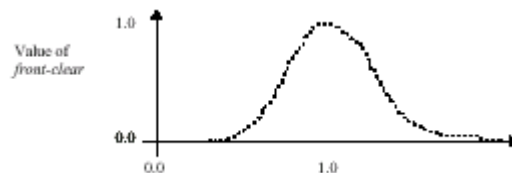
تطبيق موارد فوق در حالت نرمال این تابع به این صورت تعریف می شود:



شکل ۱۱- تابع عضویت زویه دو خالی

این تابع می تواند به صورتهای دیگر نیز تعریف شود. اگر متغیر را "شی در فاصله یک متری" تعریف نماییم. در آن صورت:

- اگر شی در فاصله یک متری باشد تابع عضویت یک است.
- اگر شی در فاصله کمتر از یک متری باشد تابع عضویت کم می شود.
- اگر شی در فاصله بیشتر از یک متری باشد تابع عضویت کم می شود.



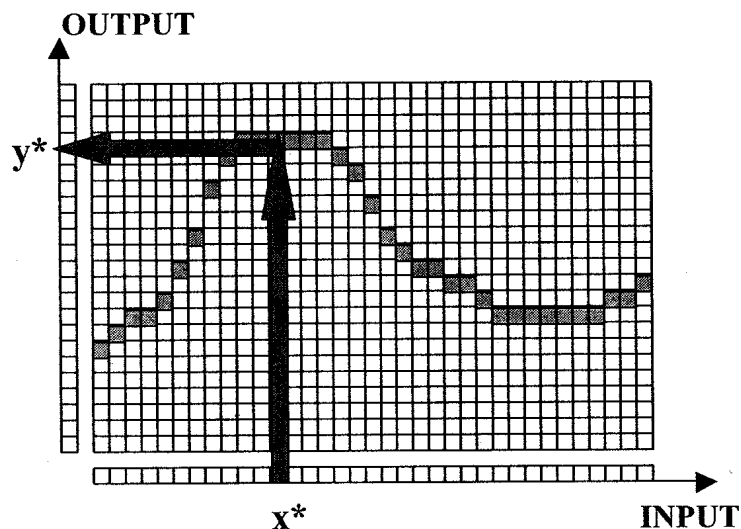
شکل ۱۲- تابع عضویت شی در فاصله یک متری

خلاصه:

شناخت تفاوت کنترل کلاسیک و کنترل فازی بیانگر چگونگی و میزان استفاده از تئوری فازی در کنترل است. تئوری کنترل کلاسیک مبتنی بر یک تابع دقیق است که هر فاصله با دقت بالا در ورودی را به یک فاصله دقیق خروجی تصویر می کند یا

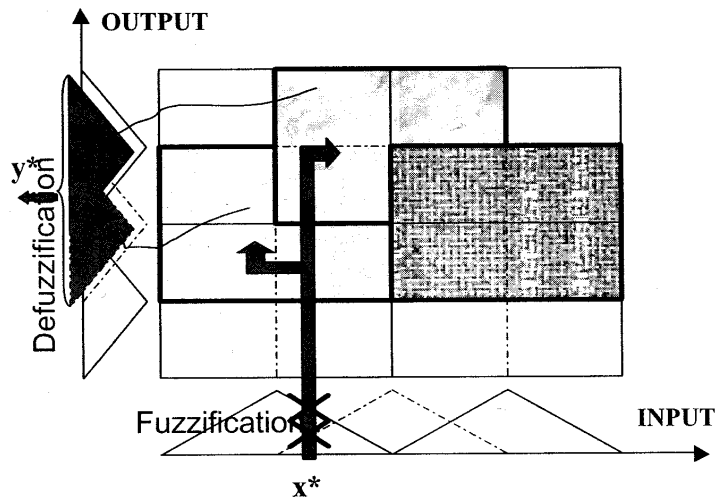
$$\text{output} = F(\text{Input})$$

و پیدا کردن تابع ریاضی دقیق این ارتباط (F) اگر غیرممکن نباشد در بسیاری از کاربردها بسیار سخت است.



شکل ۱۳- سیستم کنترل معمول و رابطه متغیر پاسخ با متغیر ورودی

کنترل فازی مبتنی بر یک تابع تبدیل ورودی به خروجی است که فاصله با دقت خیلی کم در ورودی را به یک فاصله با دقت خیلی خیلی کم در خروجی تصویر می‌کند و چون فاصله‌های تعریف شده که ورودی و خروجی را پوشش می‌دهد مقدار کمی است لذا با روابط "اگر - آنگاه" می‌توان رابطه را تعریف نمود. دوی هم منطبق شدن این دامنه‌های ورودی و خروجی امکان یافتن پاسخهای با دقت بالاتر را بین ورودیها و خروجیهای Crisp فراهم می‌کند.



شکل ۱۴- نمایش یک سیستم کنترل فازی و رابطه متغیرها

همانطور که در شکل فوق مشاهده میشود به ازای یک مقدار ورودی x بر روی دو مقدار فازی قرار داریم که در خروجی دو مقدار فازی را نتیجه می‌دهد. برآیند این دو مقدار خروجی فازی مقدار Crisp سیستم است.

A literature review