

بسم الله الرحمن الرحيم

بخش دوازدهم

**ابزار اندازه گیری و کنترل
ترم دوم سال تحصیلی ۹۶-۹۷**

محمد مزیدی

Mazidi.blog.ir

Mohammad.mazidi@iran.ir

استراتژی های کنترل

- کنترل تطبیقی
- کنترل هوشمند
- کنترل بهینه
- کنترل مقاوم

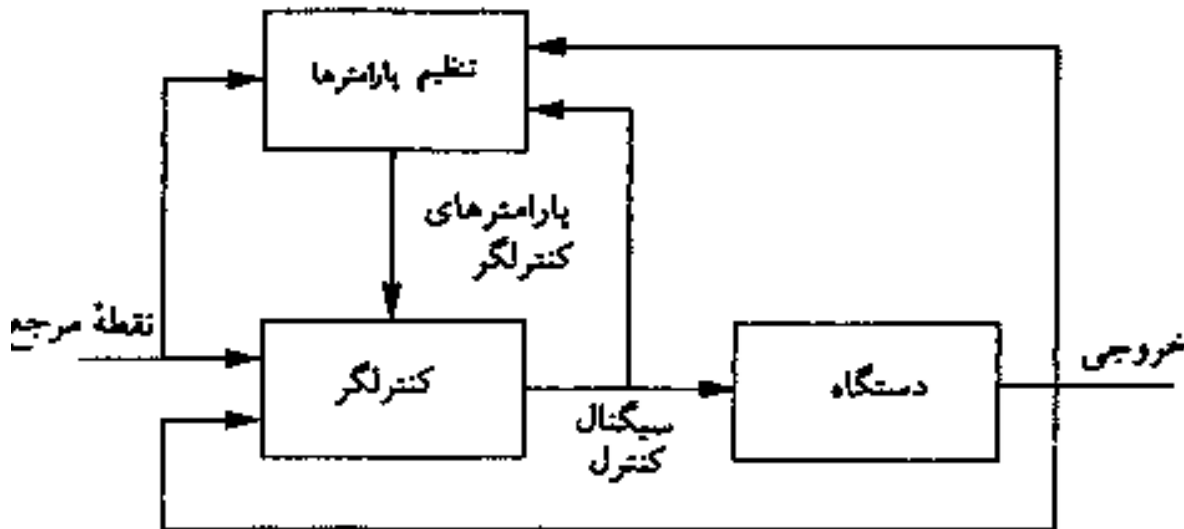
کنترل تطبیقی

- کنترل کننده‌ای که رفتارش را در پاسخ به دینامیک فرآیند و اغتشاش‌ها تغییر می‌دهد.
- به عنوان مثال، یک هواپیما در حال پرواز، جرم آن به علت مصرف سوخت به آرامی کاهش می‌یابد؛ یک قانون کنترل مورد نیاز است که خود را با چنین تغییر شرایط سازگار باشد.

• یک سیستم کنترل تطبیقی از دو حلقه تشکیل می‌شود :

1. یک حلقه، فیدبک معمولی شامل فرآیند و کنترل کننده

2. حلقه تنظیم پارامتر



کنترل هوشمند

- کنترل هوشمند از روش های مختلف محاسباتی هوش مصنوعی مانند شبکه های عصبی، منطق فازی، یادگیری ماشین، محاسبات تکاملی، الگوریتم ژنتیک و ... استفاده می کند.

کنترل بهینه

- کنترل بهینه دنبال یک قانون کنترلی برای سیستم داده شده است به نحوی که معیار بهینگی معینی حاصل شود.
- یک مسئله کنترلی دارای تابع هزینه است که تابعی است از متغیرهای حالت و کنترلی.
- یک کنترل بهینه یک مجموعه معادله دیفرانسیل است که مقادیر متغیرهای کنترلی را به گونه ای تنظیم می کند که تابع هدف را بهینه کنند.
- مسائلی که در کنترل بهینه به دنبال حل آنها هستیم می تواند هر یک موارد زیر باشد:
 1. مسئله حداقل زمان
 2. مسئله کنترل وضعیت نهایی
 3. مسئله تعقیب
 4. مسئله کنترل حداقل تلاش

کنترل مقاوم

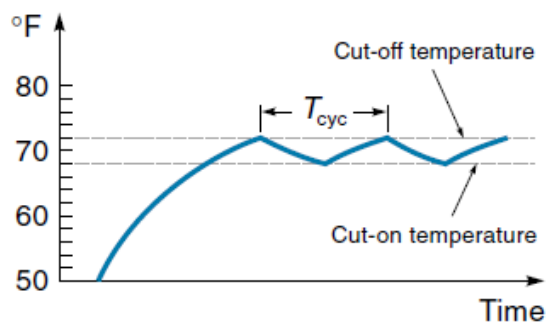
- پایداری معادلات دیفرانسیل که نشاندهنده سیستم می باشند، حساس به خطاهای بین سیستم حقیقی و مدل آن می باشد که این خود موجب ناپایداری می شود.
- برای حل این مشکل از کنترل سیستمی استفاده می شود که از ابتدا خطاهای ممکن را در نظر گیرد و در این صورت حتی اگر خطایی در دامنه پیش بینی شده رخ دهد باز هم سیستم پایدار باقی می ماند. به این روش کنترل مقاوم گویند.

انواع کنترل کننده ها

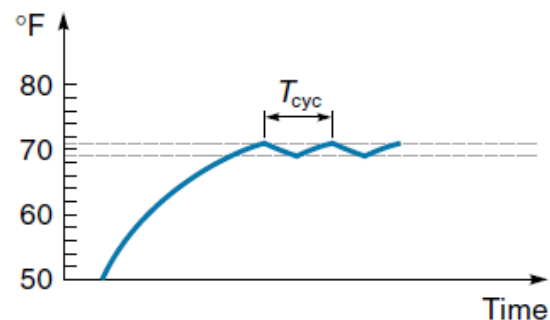
- کنترلر On-off
- کنترلر PID
- کنترلر fuzzy
- ...

کنترلر on-off

- در این کنترلر ها یک مقدار حداقل مجاز (cut-on) و یک مقدار حداکثر مجاز (cut-off) تعیین می شود و زمانیکه متغیر مورد نظر کمتر از حداقل مجاز یا بیشتر از حداکثر مجاز شود شروع به کار می کند.
- این کنترلر ها مناسب سیستم هایی هستند که دینامیک کندی دارند. مانند دما
- فاصله بین حداقل و حداکثر مجاز (T_{cyc}) بازه ای می باشد که کنترلر هیچ واکنشی نشان نمی دهد.



(a) Cut-on = 68°; cut-off = 72°

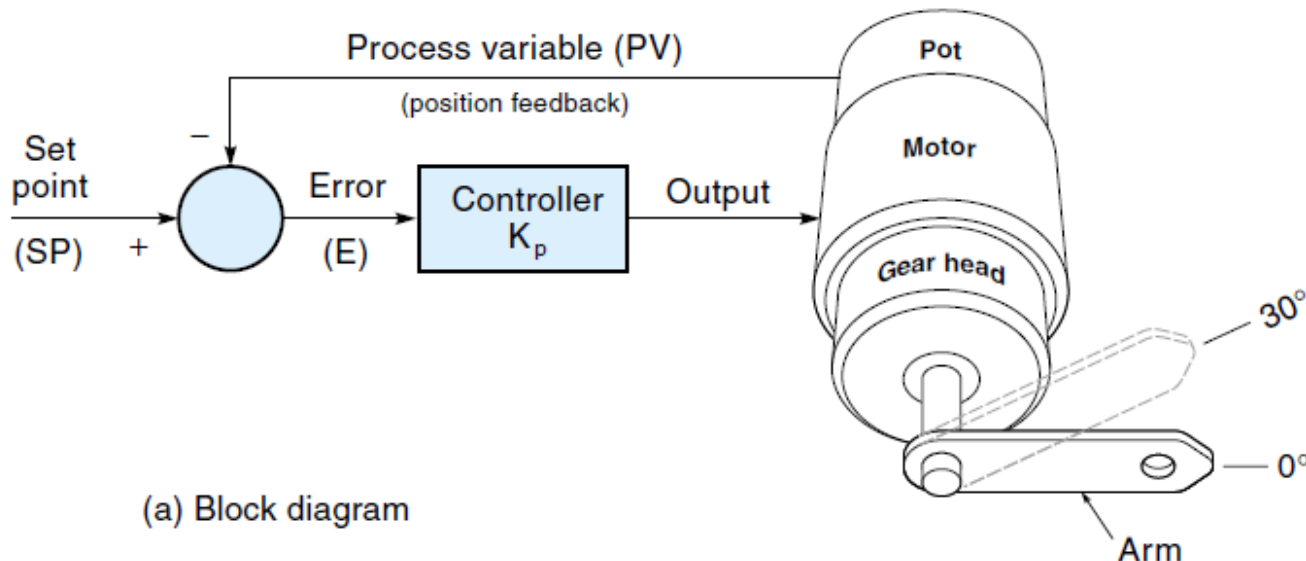


(b) Cut-on = 69°; cut-off = 71°

- کم بودن T_{cyc} : کنترلر مدام در حال قطع و وصل شدن شده و دچار استهلاک می شود.
- زیاد بودن T_{cyc} : برای تغییرات زیادی کنترلر واکنشی نشان نمی دهد و عملاً کنترل ضعیفی انجام می شود.

کنترلر PID

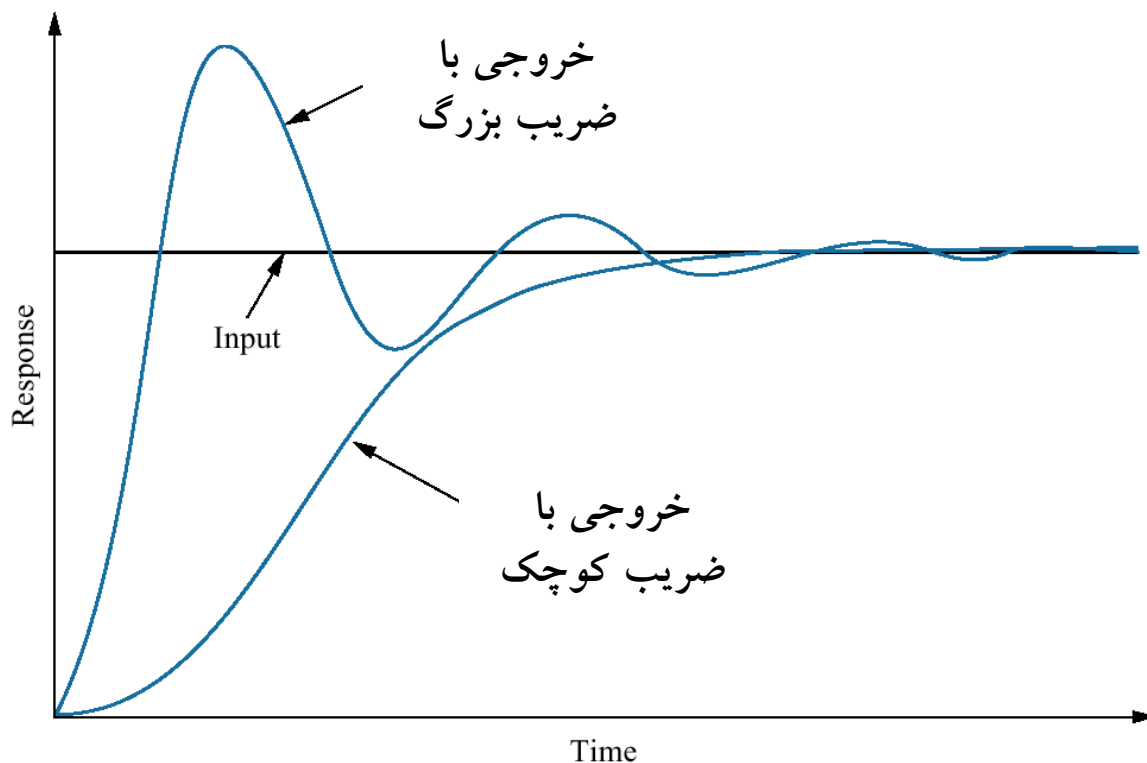
- مثال) موتوری داریم که یک بازو را می چرخاند. قصد داریم نسبت به موقعیت صفر، ۳۰ درجه بازو را بچرخانیم. کنترلر به ازای ۳۰ درجه اختلاف زاویه یک مقدار ولتاژ را محاسبه می کند و به موتور می فرستد تا بچرخد.
- هر کنترلر در بازه های زمانی مشخصی از خروجی بازخورد می گیرد.
- در این مثال وقتی بازخورد می گیرد می بیند که هنوز چند درجه باقی مانده در نتیجه دوباره به مقدار درجات باقی مانده ولتاژ به موتور می فرستد.



کنترلر PID

❖ کنترل تناسبی (P)

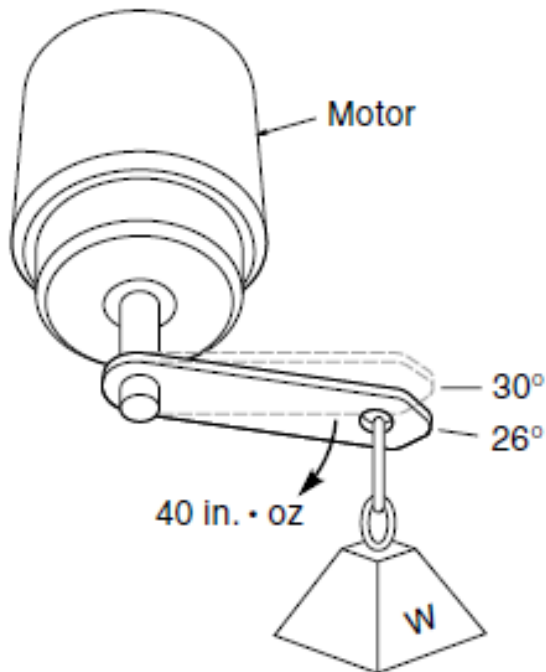
- در مثال صفحه قبل مقدار ولتاژ مورد نیاز برای موتور از ضرب یک ضریب K_p در مقدار واحد ولتاژ بدست می آید.



کنترلر PID

❖ کنترل تناسبی (P)

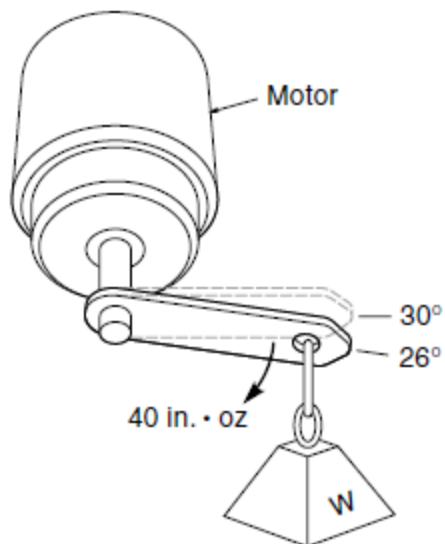
- مشکل کنترلر های P از این جهت می باشد که در حالتی که خروجی به مقدار نزدیک نقطه مطلوب می رسد، نمی تواند خروجی مناسبی را به سیستم دستور دهد.
- در مثال قبل وقتی بازو به اختلاف زاویه کمی از حالت مطلوب می رسد، ضریب K_p کاهش می یابد و ولتاژ مورد نیاز از ضرب این ضریب در مقدار واحد بدست نمی آید. در نتیجه بازو در چند درجه ای نقطه مطلوب باقی می ماند.
- راه حل این مشکل در کنترلر انتگرالی می باشد.



کنترلر PID

❖ کنترل انتگرالی (I)

- ضریب کنترلر انتگرالی با گذشت زمان افزایش می یابد و تنها وابسته به مقدار خطا نمی باشد.
- در نتیجه در مثال بازوی موتور این ضریب با گذشت زمان افزایش می یابد و می تواند به کمک کنترلر تناسبی بیاید.

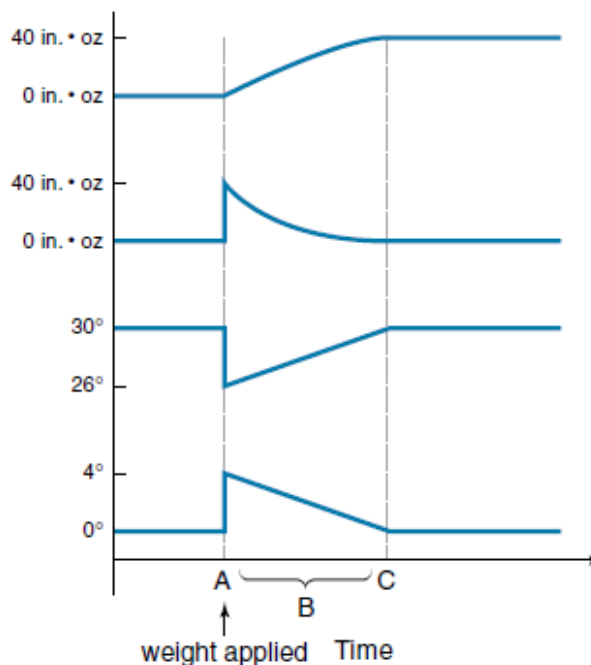


مقدار گشتاور وابسته
به کنترلر انتگرالی

مقدار گشتاور وابسته
به کنترلر تناسبی

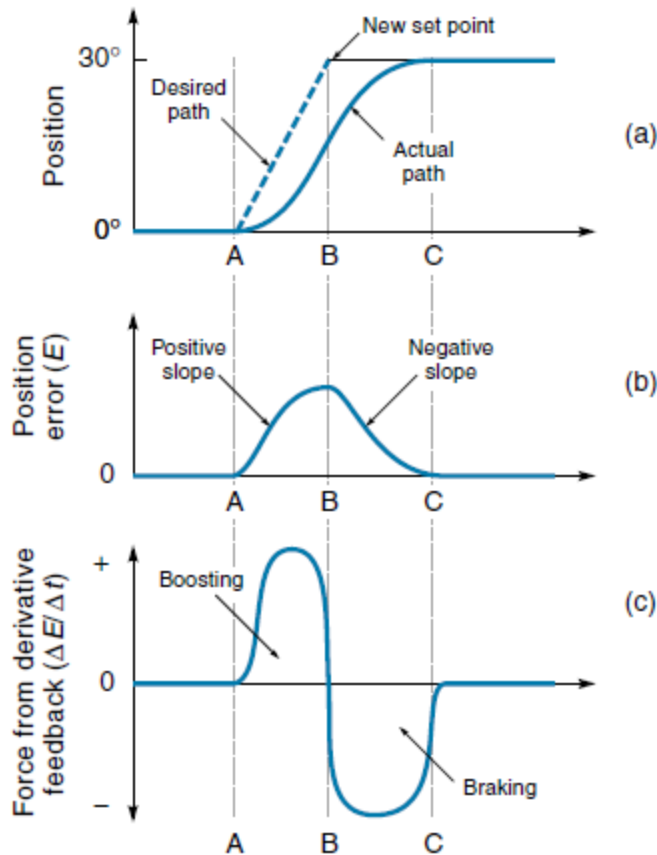
موقعیت بازو

خطا



کنترلر PID

❖ کنترل مشتقی (D)



- این کنترلر با خطا کاری ندارد بلکه نرخ تغییر خطا را کنترل می کند.

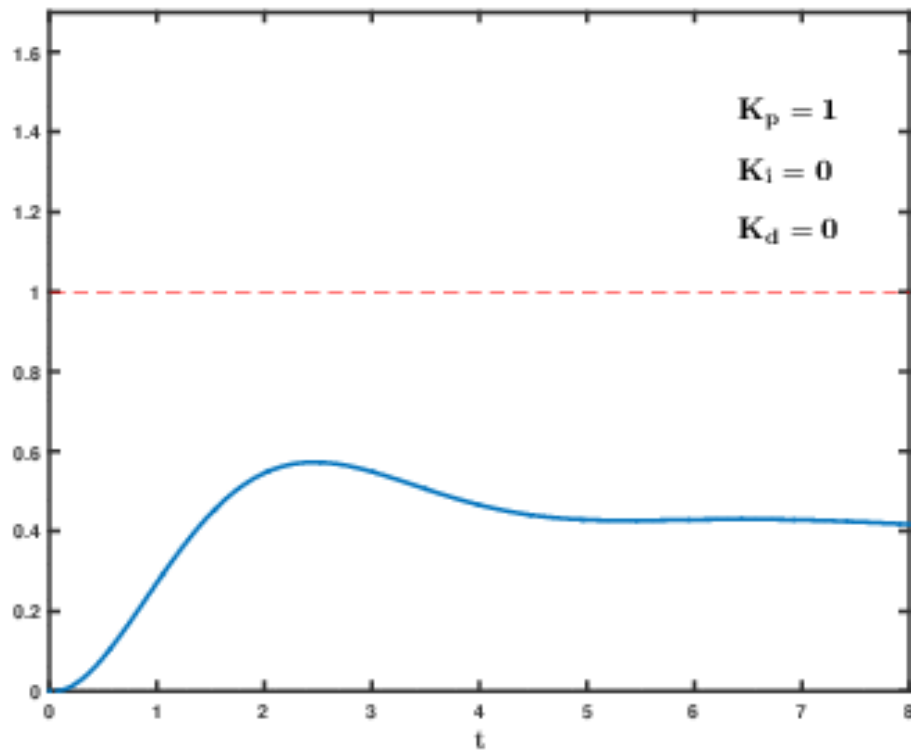
- کنترل نرخ تغییر خطا در دو مرحله انجام می شود:

1. شتاب گرفتن: زمانی که مقدار خطا زیاد باشد منجر به ایجاد یک مقدار بزرگ برای خروجی کنترلر می شود تا سریعتر خطا کاهش یابد.

2. ترمز گرفتن: هنگامی که خطا دارد کاهش می یابد برای جلوگیری از اورشوت مقدار ضریب کنترل مشتقی کاهش می یابد.

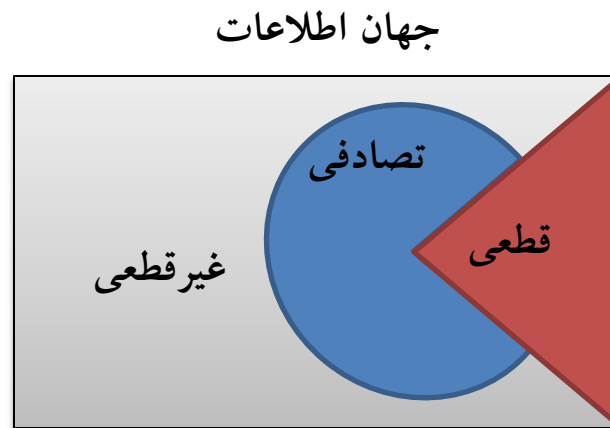
کنترلر PID

- در عمل هر سه نوع کنترلر با هم ترکیب می شوند و کنترلر PID را تشکیل می دهند.
- تنظیم ضرایب این کنترلر روش های مختلفی دارد که منجر به حالت بهینه برای هر مسئله می شود.



کنترل فازی

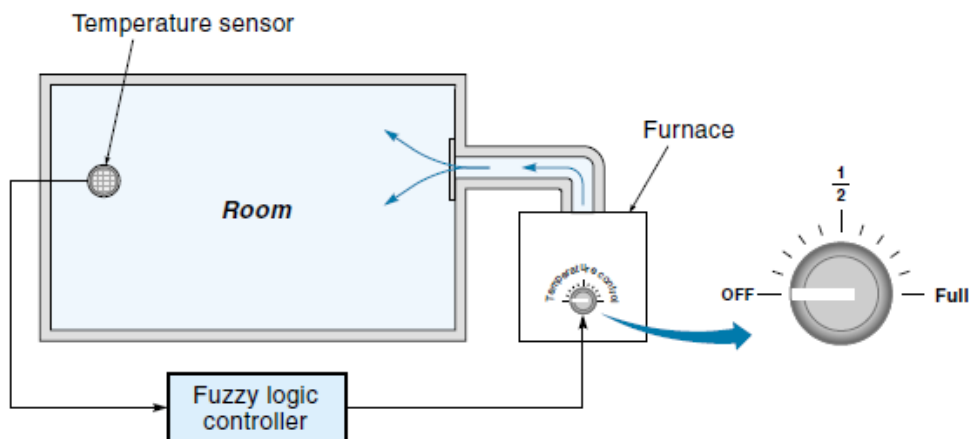
- جهان پیرامون ما پیچیده تر از آن هستند که بصورت دقیق مدل شوند.



- سیستم فازی ابزاری برای کار اطلاعات غیردقیق می باشد.
- سیستم فازی کمک می کند تا دانش و تجربه بشری قابل استفاده باشد.
- سیستم فازی یک ابزار قوی ریاضی نیز می باشد.

کنترلر فازی

- مثال) دمای اتاق را با کنترلر فازی کنترل کنید.



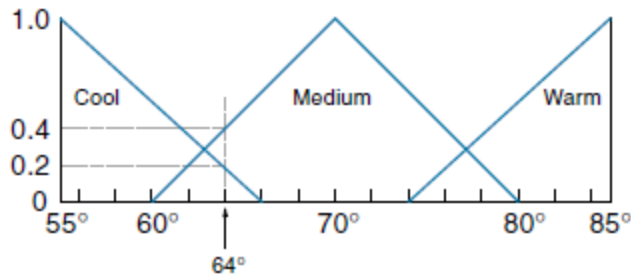
- راه حل) ابتدا براساس دانش یک متخصص قوانینی وضع می شود:

- ✓ قانون ۱: اگر دما کم است، درجه گاز را بیشتر کن
- ✓ قانون ۲: اگر دما معتدل است، درجه گاز مناسب است.
- ✓ قانون ۳: اگر دما زیاد است، درجه گاز را کم کن.

کنترلر فازی

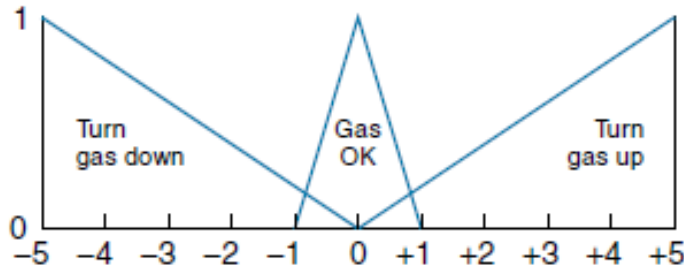
- ✓ قانون ۱: اگر دما کم است، درجه گاز را بیشتر کن
- ✓ قانون ۲: اگر دما معتدل است، درجه گاز مناسب است.
- ✓ قانون ۳: اگر دما زیاد است، درجه گاز را کم کن.

- دما دارای سه حالت کم، معتدل و زیاد می باشد. برای هر کدام یک تابع تعریف می کنیم



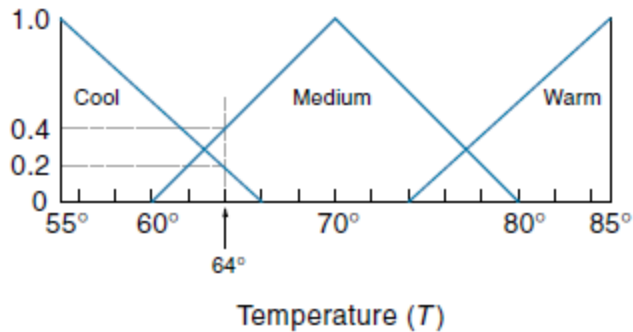
Temperature (T)

- درجه گاز نیز دارای سه حالت بیشتر، مناسب و کم می باشد.

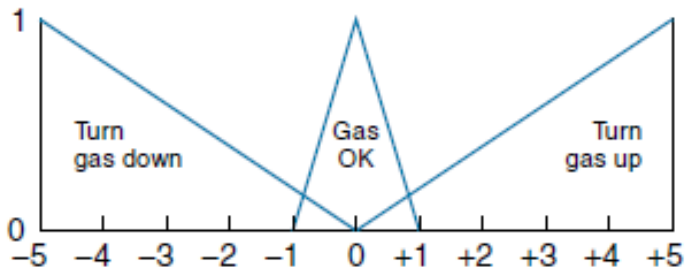


Number of notches on gas knob to turn up or down

کنترلر فازی

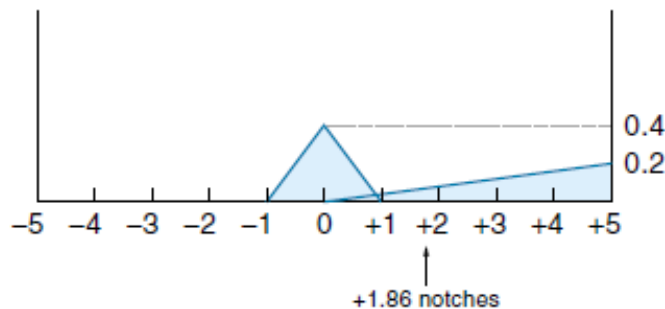


- با فرض اینکه دما ۶۴ درجه باشد، ۰.۲ سرد و ۰.۴ معتدل است



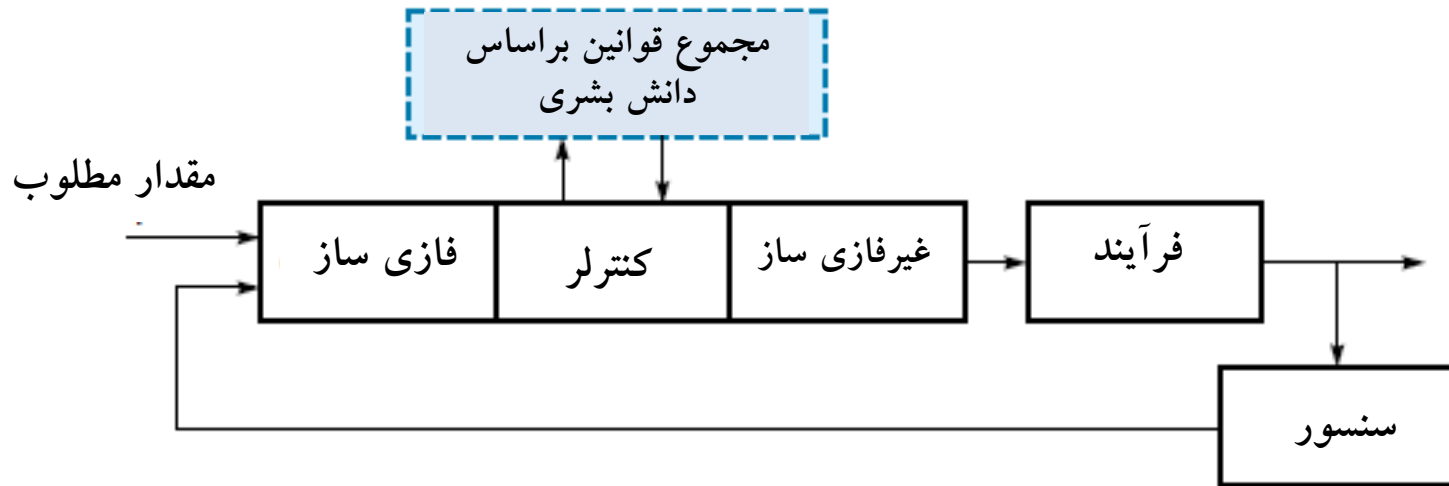
- با توجه به قوانین، ۰.۲ برای افزایش درجه گاز و ۰.۴ برای درجه گاز مناسب لحاظ می شود.

Number of notches on gas knob to turn up or down



- مقدار درجه مرکز مساحت منحنی توابع خروجی فازی براساس و، گاز را نشان می دهد که می شود ۱.۶۶

کنترلر فازی

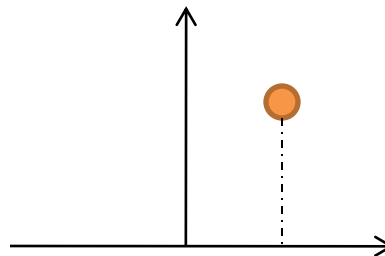


- **فازی ساز:** کمیت های اندازه گیری شده را تبدیل به متغیر زبانی می کند. منظور از متغیر زبانی همان عبارتی است که انسان برای آن مقدار به کار می برد. مثل سرد برای دمای ۱۵ درجه
- **غیرفازی ساز:** کمیت های زبانی را به مقدار عددی تبدیل می کند.

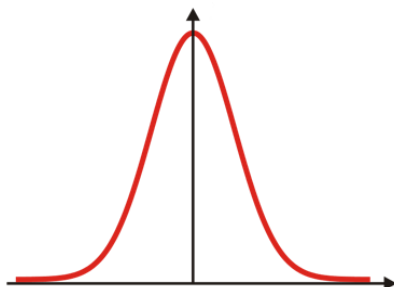
کنترل فازی

❖ انواع فازی سازها

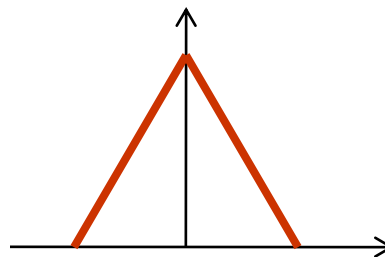
- مقدار واحد



- گوسین



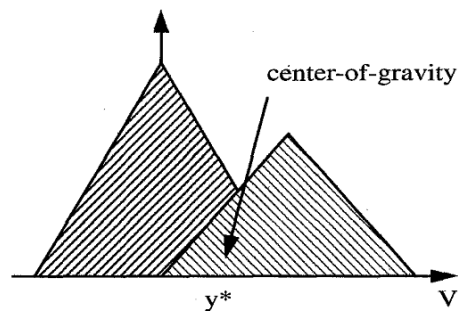
- مثلثی



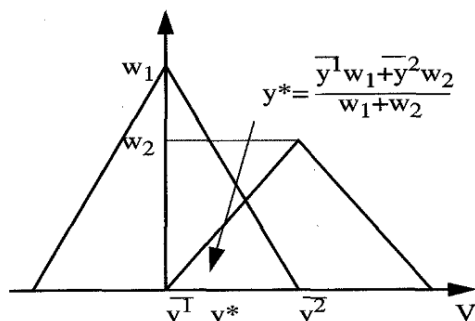
کنترل فازی

• انواع غیر فازی سازها

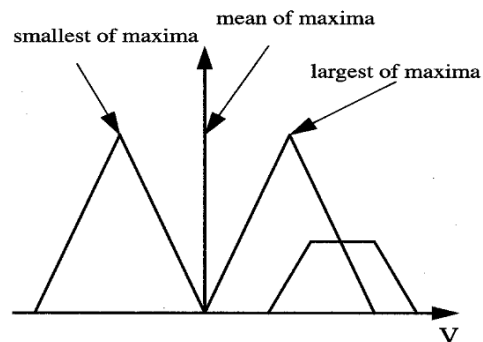
• مرکز گرانش



• میانگین مرکز



• ماکزیمم



نظریه پرداز منطق فازی



- پروفیسور لطف علی رحیم اوغلو عسکرزاده (معروف به زاده)
- تولد: ۱۹۲۱
- وفات: ۲۰۱۷
- او بیش از همه به خاطر طرح کردن ریاضیات فازی
مشمول بر مفاهیم مرتبط فازی همچون مجموعه های فازی،
منطق فازی، الگوریتم های فازی، کنترل فازی و احتمالات فازی
شناخته شده است.