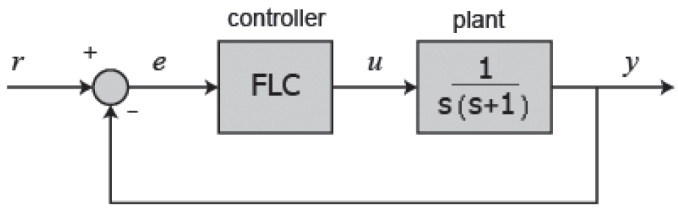
کاربرد الگوریتم ژنتیک در طراحی و تنظیم کنترلر فازی در سیمولینک

الگوریتم ژنتیک یک روش‌جستجوی سرتاسری است که به عنوان یک روش بهینه‌سازی قوی دارای کاربرد وسیع است و ازاصول تئوری تکامل تدریجی در طبیعت تقلید می‌کند. این الگوریتم باتوجه به‌سرعت زیاد و همچنین قابلیت یافتن ماکزیمم ومینیمم مطلق برروی طیف وسیعی ازتوابع، کاربرد زیادی در مسائل مهندسی پیدا کرده است. الگوریتم ژنتیک ازطریق جستجوی تصادفی‌همه‌جانبه فضا به‌صورت موازی به نقطه بهینه مطلق همگرا می شود. این الگوریتم محدودیتی برای تابع بهینه‌شونده مثل مشتق‌پذیری یاپیوستگی ایجاد نمی‌کند وتنها شرط لازم برروی تابع مورد بررسی آن است که مقدار تابع در نقاط مختلف مشخص باشد. لذا می توان از این الگوریتم درمسائل مختلف اعم ازخطی، غیرخطی، پیوسته یا گسسته، مقید یا بدون قید بهره‌گرفت. ازجمله می‌توان برای تنظیم بهینه کنترلر فازی به‌صورت خودکار، از الگوریتم ژنتیک استفاده کرد.

کنترلرفازی در بسیاری از کاربردهای کنترلی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. سادگی طراحی و اجرا و همچنین عملکرد اجرای قابل قبول این کنترلر در بسیاری از سیستم های خطی و غیرخطی باعث توسعه روزافزون آن شده است. با این حال این کنترلر براساس‌تجارب شخص خبره طراحی می شود و تنظیم آن نیز عموما از روش سعی و خطا صورت می‌گیرد. درحالی که استفاده ازالگوریتم ژنتیک برای طراحی و تنظیم خودکار این کنترلر، می تواند منجر به صرفه‌جویی در وقت وهزینه و نیزگرفتن بهترین نتیجه ازکنترلر شود، ضمن آن‌که اهداف مورد نظر از کنترل را می توان به‌راحتی برای الگوریتم تعریف‌کرد. در این شماره مثالی از کاربرد الگوریتم ژنتیک در طراحی و تنظیم کنترل کننده های فازی نشان داده می شود.برای این منظور بلوک دیاگرام یک سیستم که در آن از کنترل فازی استفاده شده است در شکل (۱) نشان داده شده است.

می توان برای سادگی معادله دینامیکی فرآیند تحت کنترل را با نرخ نمونه برداری t=۰/۲sec به صورت گسسته مانند رابطه (۱) نوشت. شکل۲، شبیه سازی سیستم کنترل فازی را در محیط سیمولینک نشان می دهد. جدول(۱) مسیر دستیابی بلوک های مورد استفاده در شکل (۱) را نشان می دهد.



شکل۱) استفاده از کنترلر فازی جهت کنترل سستم

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.1813 \\ 0 & 0.8187 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.1813 \\ 0.8187 \end{bmatrix} u(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \end{bmatrix}$$

فرضیات مسئله

ساختار کنترل کننده فازی:

۱- ضرایب Scale Factor به صورت زیر است:

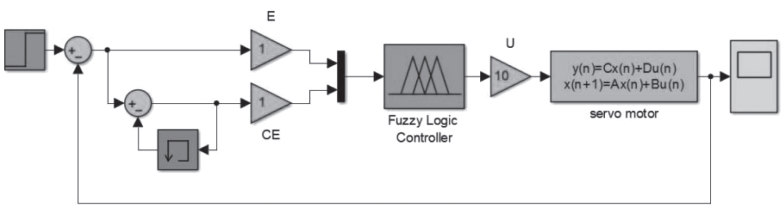
$$SF_u = 10 \qquad SF_e = SF_{\Delta e} = 1$$

۲- دستورi ام کنترل کننده به صورت زیر است:

$$\text{IF e is } A_i \text{ and } \Delta e \text{ is } B_i \text{ Then u is } C_i$$

که Ai,Bi,Ci مقادیر زبانی متغیرهای e,Δe,u برای دستور i ام هستند.فرض کنید محدوده تغییرات متغیرهای بازه [-۲,۲] است.همچنین فرض کنید مقادیر زبانی Ai,Bi,Ci متعلق به مجموعه زیر است:

$$A=B=C=\{LN,SN,ZE,SP,LP\}$$



شکل۲) شبیه سازی سیستم کنترل فازی در محیط سیمولینک

۳- فرض کنید کنترل کننده متقارن است و دستورات طبق جدول ۲هستند.

$$IC'i=۶- ICi$$

که ICi ها کد مقدار زبانی Ci است.این کدها به صورت جدول۳ هستند.

۴- توابع عضویت مقادیر زبانی Ai,Bi,Ci نسبت به مبدا متقارن و پارامتریک هستند. تصویر آنها و پارامترهای مربوطه در شکل(۳) نشان داده شده است.

تابع عضویت مقدار زبانی را به صورت رابطه (۲) و (۳) در نظر بگیرید.

$$\mu_i(x)=\frac{1}{1+\left(\frac{x-d_i}{s_i}\right)^2} \qquad i=0,1 \quad d_0=0$$

$$\mu_2(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{1+\left(\frac{x-d_i}{s_i}\right)^2} & for\ x\le d_2\\ 1 & for\ x\ge d_2\end{cases}$$

ساختار یک دنباله (کروموزم) در الگوریتم ژنتیک

براساس مطالب فوق،می خواهیم si,di مربوط به توابع عضویت e,Δe,u را همزمان با مقادیر ICi محاسبه کنیم.بنابراین یک دنباله از مجموع پارامتر(ژن)های به صورت نشان داده شده در جدول (۴) تشکیل می شود.

بنابراین طول دنباله ۲۶ ژن است.توجه کنید که ICi اعداد صحیح متعلق به مجموعه {۱،۲،۳،۴،۵} هستند و si ها و di ها اعداد حقیقی هستند.

تابع هدف

چون می خواهیم تابع ضرایب کنترل کننده فازی را برای ورودی پله تنظیم کنیم لذا برای پاسخ شکل ۴ تابع هدف را به صورت رابطه (۴) تعریف می شود.

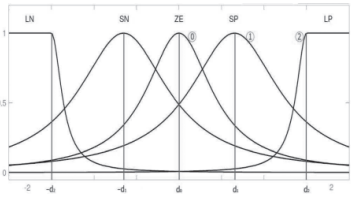
$$f_{obj}(p_i)=-(W_1\frac{Tr}{MT}+W_2\frac{Ts}{MT}+W_3\frac{MP}{ME}+W_4\frac{Ess}{ME}+P)$$

$$W_4=4, W_3=1, W_2=2, W_1=1, MT=10\ sec, ME=0.2$$

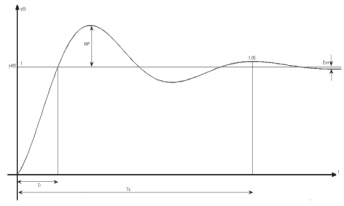
pi دنباله ام جمعیت دنباله ها است.همچنین در رابطه فوق Wi وزن اهمیت ترم مربوطه را نشان می دهد.بدین معنی که چون می خواهیم تابع هدف را بهینه (حداکثر) کنیم،لذا با بالا قرار دادن وزن Wi (مثلا وزن W۴)اهمیت و نقش ترم مربوطه (مثلا خطای حالت دائم) بیشتر مورد تاکید است.فاکتورهای MT و ME جهت هم مقیاس سازی ترم های به کارگرفته در تابع هدف است.در این مثال پارامترها را به صورت رابطه (۵) در نظر بگیرید.

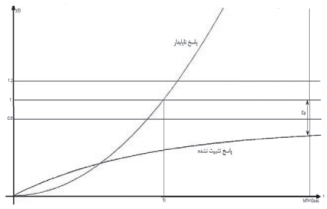
در رابطه تابع هدف، P میزان جریمه (Penalty) در نظر گرفته شده است.بدین معنی که پاسخ هایی که یا ناپایدار هستند و یا در فاصله زمانی MT تثبیت نگردند،طبق شکل (۵)،میزان جریمه بصورت جدول (۵) در نظر گرفته می شود.

الگوریتم ژنتیک را با پارامترهای زیر اجرا کرده و پارامترهای بهترین کنترل کننده طراحی شده مشخص کنید.همچنین تابع هزینه بهترین دنباله را رسم کنید تا مطمئن شوید که الگوریتم به سمت بهترین جواب همگرا می شود.جمعیت دنباله ها P=۴۰، نرخ ترکیب Pc=۰/۶ و نرخ جهش Pm=۰/۰۱ با مقادیر ذکر شده مورد آنالیز قرار گرفته اند.



شکل۳) توابع عضویت مقادیر زبانی Ai,Bi,Ci


شکل٤) تصویر تابع هدف


شکل۵) تصویر پاسخ ناپایدار و تثبیت نشده

نام بلوک	آدرس بلوک	تعداد
Memory	Simulink >>Discrete>>Memory	۱
Gain	Simulink >> commonly used blocks >> Gain	۳
Fuzzy Logic Controller	Simulink >> Sinks >>Fuzzy Logic Controller	۱
Sum	Simulink >> Math Operations >> Sum	۲
Scope	Simulink >> Sinks >> Scope	۱
Step	Simulink >>Sources>>Step	۱
DiscreteSpace-State	Simulink >>Discrete>>DiscreteSpace-State	۱

جدول۱) مسیر دستیابی بلوک های مورد استفاده در سیستم کنترل فازی

	Δe				
e	LN	SN	ZE	SP	LP
LN	IC1	IC6	IC11	IC'10	IC'5
SN	IC2	IC7	IC12	IC'9	IC'4
ZE	IC3	IC8	3	IC'8	IC'3
SP	IC4	IC9	IC'12	IC'7	IC'2
LP	IC5	IC10	IC'11	IC'6	IC'1

جدول ۲) دستورات تعیین شده برای e و Δe

مقدار زبانی	LN	SN	ZE	SP	LP
کد IC_i	1	2	3	4	5

جدول۳) کدهای در نظر گرفته شده برای ICi ها

پارامترهای قوانین					پارامترهای توابع e					پارامترهای توابع Δe			پارامترهای توابع u				
IC_1	IC_2	...	IC_{11}	IC_{12}	s_0^e	d_1^e	s_1^e	d_2^e	s_2^e	$s_0^{\Delta e}$	...	$s_2^{\Delta e}$	d_1^u	s_0^u	s_1^u	s_2^u	$d_2^u=2$
1	2	...	11	12	13				17	18		22	23			26	

جدول٤) دنباله ای از مجموع پارامترها

	Ess	Ts	Tr	MP	P
حالت تثبیت نشده	Ep	MT	MT	0	2
حالت ناپایدار	1	MT	Tr	1	6

جدول۵) میزان جریمه در نظر گرفته شده بر حسب شکل۵

منابع

[1]- www.motodrive.ir

۲- محمدامین‌سرافرازی- فریدون‌شعبانی‌نیا، تنظیم خودکار کنترلر فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، هفتمین کنفرانس سیستم های فازی، دانشگاه فردوسی مشهد،۱۳۸۶.