منطق فازی گره گشای نویز و اعوجاج متغیر با زمان و مکان در سیستم های مخابراتی غیر خطی

امیر حسین قدم السلطانی

Ghadamsoltani_Ah@yahoo.com

دانشجوی سال سوم مهندسی مخابرات - عضو باشگاه پژوهشگران جوان واحد گناباد – شماره عضویت ۱۲۵۰۷

مشهد – بلوار وکیل آباد-بلواردانشجو-دانشجوی ١٤- پلاک ٢٧ تلفن: ۸۶۸۵۵۵۸-۰۵۱۱

۱– چکیده:

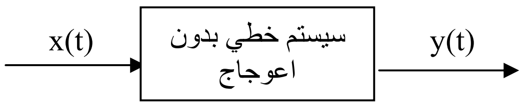
فرموله کردن مسئله کاهش اعوجاج ونویز کانال غیر خطی انتقال بعنوان یک مسئله بازشناسی الگو و کاربرد سیستم فازی با الگوریتم مینیمم مراتب بازگشتی و تکنیکهای پیشنهادی در استخراج الگوریتم و نهایتا استفاده از الگوریتم مذکور به منظور طراحی پارامترهای سیستم فازی .

۲– مقدمه :

۲–۱ اعوجاج خطی :

انتقال از طریق یک سیستم خطی موقعی بدون اعوجاج است که سیگنال خروجی شبیه سیگنال ورودی با شد . تعبیر ریاضی این تعریف آن است که بین خروجی و ورودی سیستم خطی رابطه زمانی زیر برقرار باشد .

$$y(t) = kx(t - t_d)$$



دررابطه فوق k ضریب ثابت و $|k|$ نشانه تضعیف یا تقویت سیستم و td نشانه تاخیر سیستم می باشد .

یعنی انتقال بدون اعوجاج انتقالی است که در آن دامنه سیگنال تغییر کرده (بطور ثابت) و با کمی تاخیر به ا نتهای سیستم برسد . رابطه فوق راشرط انتقال بدون اعوجاج در حوزه زمان سیستم خطی می نامند . با تبدیل فوریه از رابطه فوق شرط انتقال بدون اعوجاج در حوزه فرکانس نیز بیان می شود .

$$Y(f) = KX(f) \quad e^{-j2\pi ftd}$$

که از این رابطه تا بع تبدیل سیستم بدون اعوجاج می شود

$$H(f) = Y(f)/X(f) = Ke^{-j2\pi ftd}$$

که در نتیجه تابع تبدیل سیستم بدون اعوجاج نشان می دهد که یک سیستم خطی بدون اعوجاج است اگر دامنه مقداری ثابت و فاز بطور خطی با فرکانس در محدوده باند مورد نظر تغییر کند . لذا در هر سیستم خطی دو گونه اعوجاج می تواند رخ دهد .

۱– اعوجاج دامنه یا اعوجاج فرکانس

۲– اعوجاج فاز یا اعوجاج تاخیر

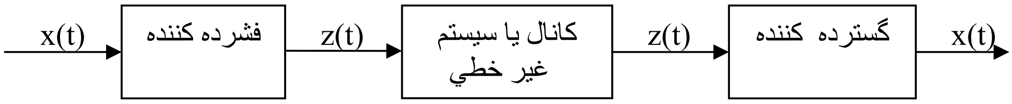
۲–۲ اعوجاج غیر خطی :

همانطور که مطلع هستید سیستم های مخابراتی اغلب سیستم های خطی هستند . ولی مواقعی از جمله وقتی یک عنصر غیر خطی مورد استفاده باشد یا سیستم الکتریکی بد طراحی و یا بد مورد استفاده قرار گیرد ، برای طراحی وتحلیل سیستم نیاز به مدلهای غیر خطی پیش می آید.

اعوجاج غیر خطی بر روی یک کانال مخابراتی امروزه یک عامل محدود کننده نرخ تبادل داده ها درسیستم های سریع می باشد . بدلیل اینکه سیگنال دریافتی بر روی یک کانال غیر خطی ، تابعی از از مقادیر گذشته اطلاعات ارسالی بوده و اعوجاج غیر خطی خود نسبت به زمان متغیر و از یک مکان تا مکان دیگر متفاوت است . بنابراین متعادل کننده برای کانالهای غیر خطی می بایست خود غیر خطی و تطبیق پذیرباشند .

در شبکه های تلفنی برای کاستن اعوجاج غیر خطی مستقل از زمان و همچنین تنظیم و متعادل سازی اختلاف سطح سیگنال صحبت مشترکین بطور وسیع از عملیات فشرده و گسترده کنندگی استفاده می شود . این عمل توسط یک وسیله غیر خطی به نام کمپرسور صورت می گیرد .فشرده کننده وسیله است که دامنه های کوچک را بیشتر تقویت کرده و دامنه های بزرگتر را کمتر تقویت می کند . به عبارت دیگر دامنه تغییرات سیگنال ورودی را فشرده و آن را به محدوده کار خطی سیگنال (سیستم) مورد نظر محدود می کند . در این صورت سیگنال عبوری از کانال بدلیل در محدوده کار خطی کانال بودن ، تحت تاثیر قرار نخواهدگرفت . ولی با این

روش خودمان بر روی آن اعوجاج اعمال کرده ایم که قابل کنترل و درمحل مناسب قابل حذف است . حذف این اعوجاج عمدی توسط مدار غیر خطی با وسیله دیگری به نام گسترده کننده صورت می گیرد .



این روش محدود به ناحیه خطی اعوجاج غیر خطی مستقل از زمان اســـــت بــــا درصــــدی از خطـــا

۳-۲ نویز :

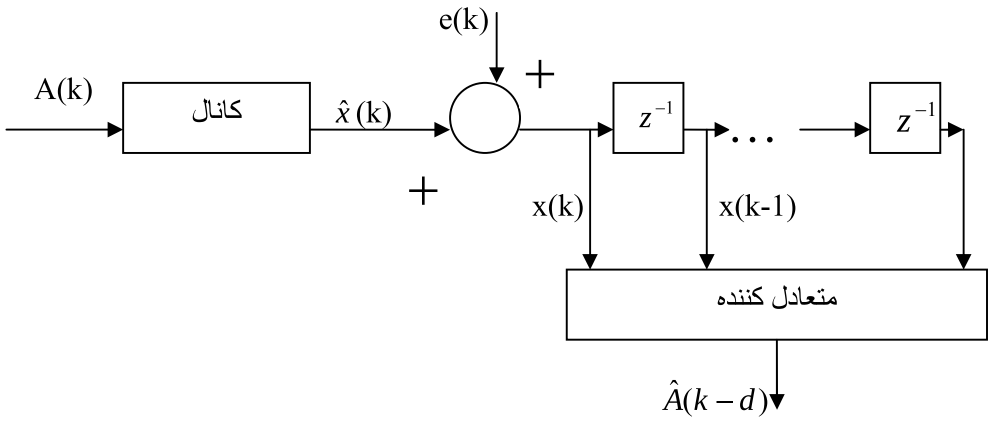
هر نوع انرژی ناخواسته که مانع دریافت آسان و بازیابی سیگنالهای خواسته گردد نویز نام دارد . و بطور کلی نویز در سیستم ها دارای دو منشاء خارجی و داخلی می باشد که نویز داخلی با طراحی مناسب قابل کاهش است ، اما حذف نویز خارجی مشکل تر می باشد .

۳- فرموله کردن مسئله نویز و اعوجاج غیر خطی و بازشناسی الگو

همانطور که می دانید سیگنال دریافتی بر روی یک کانال غیر خطی ، تابعی از مقادیر گذشته اطلاعات ارسالی بوده و اعوجاج غیر خطی که خودمتغیر نسبت به زمان و مکان است مورد بررسی قرار می گیرد. بنابراین تنظیم و برقراری تعادل برای کانالهای غیر خطی می بایست خود غیر خطی و تطبیق پذیرباشند .

لذا در این مقاله هدف ما طراحی سیستم فازی برای کاهش اعوجاج و ایجاد تعادل در خطوط مخابراتی غیر خطی می باشد. که به عنوان یک متعادل کننده برای کانالهای غیر خطی بکارمی بریم .

بطور مثال یک دیاگرام سیستم انتقال دیجیتال با اثر اعوجاج غیــر خطــی یــا نــویز ســفید در زیــر نــشان داده شــده اســت



در این شکل کانال شامل اثر های فیلترانتقال ، فیلتر تطبیق گیرنده و سایر اجزاءمی باشد . فرض شده رشته داده انتقالی یک رشته مستقل بوده که مقادیر {۱و۱-} را با احتمال یکسان اختیارمی کند . ورودی متعادل کننده x(k),x(k-1),…,x(k-n+1) می باشد که n و d به ترتیب مرتبه و پس فازبودن متعادل کننده را نشان می دهد

با استفاده از فرموله هندسی مسائل متعادل سازی بوسیله چن ، گیسن ، کودان و گراند داریم .

$$p_{n,d}(1) = \{\hat{X}(k) \in R^n \,|\, A(k-d) = 1\}$$

$$p_{n,d}(-1) = \{\hat{X}(k) \in R^n \,|\, A(k-d) = -1\}$$

$$\hat{X}(k) = [\hat{x}(k),\ \hat{x}(k-1),\ldots,\ \hat{x}(k-n+1)]^T$$

$\hat{x}(k)$ خروجی فاقد نویز کانال دیاگرام و $p_{n,d}(1)$ $p_{n,d}(-1)$ به ترتیب نشان دهنده دومجموعه بردارهای $\hat{x}(k)$ فاقد نویز ممکن که می تواند از روی رشته های ورودی کانال شامل $A(k-d)=1$ و $A(k-d)=-1$ تولید شود

لذا متعادل سازی را می توان بوسیله زیر تعریف کرد :

: $\hat{A}(k-d) = g_k(X(k))$ با $g_k : R^n \to \{-1,1\}$

که در این رابطه

$\hat{x}(k) \in P_{n,d}(1)$ و $\hat{x}(k) \in P_{n,d}(-1)$.

به عنوان بردارخروجی کانال فرض شده است .

فرض کنید و $p_1[x(k) \; |\hat{x}(k) \in P_{n,d}(1)]$

$p_{-1}[x(k) \; |\hat{x}(k) \in P_{n,d}(-1)]$

به ترتیب توابع توزیع احتمال شرطیX(k)

با داشتن. $\hat{x}(k) \in P_{n,d}(-1)$ و $\hat{x}(k) \in P_{n,d}(1)$ باشد .

لذا متعادل کننده با رابطه زیر تعریف می شود

$$fopt\ (X(k)) = \mathrm{sgn}[\ p_1(X(k) \; |\hat{X}(k) \in p_{n,d}(1)) - p_{-1}(X(k) \; |\hat{X}(k) \in p_{n,d}(-1))]$$

به ازای n , dداده شده به کوچکترین(min) نرخ خطای بیت خواهیم داشت :

$$\mathrm{sgn}(y) = 1 \,\&\, -1$$
$$for$$
$$y \geq 0 \,\&\, y < 0$$

اگرنویز e(k)دارای توزیع گوسین و مقدار میانگین صفر با ماتریس کوواریانس زیر باشد:

$$Q = E[(e(k), e(k-1), \ldots, e(k-n+1))$$
$$(e(k), e(k-1), \ldots, e(k-n+1))^T]$$

آنگاه از رابطه $x(k) = \hat{x}(k) + e(k)$ داریم :

$$p_1[X(k) \; |\hat{X}(k) \in p_{n,d}(1)] - p_{-1}[X(k) \; |\hat{X}(k) \in p_{n,d}(-1)] =$$
$$\sum \exp[-1/2(X(k)-\hat{X}_+)^T Q^{-1}(X(k)-\hat{X}_+)] -$$
$$\sum \exp[-1/2(X(k)-\hat{X}_-)^T Q^{-1}(X(k)-\hat{X}_-)]$$

که حاصل جمع اول بر روی تمامی نقاط $\hat{X}_+ \in p_{n,d}(1)$ و حاصل جمع دوم بر روی تمام نقاط $\hat{X}_+ \in p_{n,d}(-1)$ می باشد .

حال به عنوان مثال کانال غیر خطی زیر را در نظر بگیرید :

$\hat{X}(k) = A(k) + 0.5A(k-1) - 0.9[A(k) + 0.5A(k-1)]^3$ و

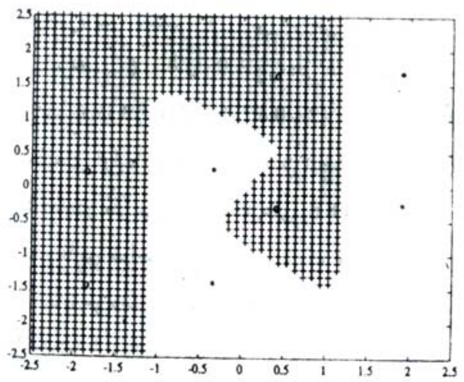
نویز گوسین سفید e(k) با $E[e^2(k)] = 0.2$

برای این حالت ناحیه بهینه تصمیم گیری برای2=n, d=0 مطابق رابطه زیر در شکل ۱ بصورت ناحیه سایه دار نشان و این حالت ناحیه بهینه تصمیم گیری برای داده شده است

$$[X(k) \in R^2 \; |P_1[X(k) \; |\hat{X}(k) \in P_{2,0}(1)] - P_{-1}[X(k) \; |\hat{X}(k) \in P_{2,0}(-1)] \geq 0]$$

در شکل یک به ترتیب با "۰" و "*" در شکل یک نشان داده شده اند که $P_{2,0}(-1)$ و $P_{2,0}(1)$ عناصر مجموعه های

همانطور که در شکل مشاهده می کنید در این حالت مرز تصمیم گیری بهینه کاملا غیر خطی است .



شکل یک – ناحیه بهینه تصمیم گیری کانال غیر خطی نویز گوسین سفید با واریانس $\sigma^2 e = 0.2$ و متعادل ساز از مرتبه و2=n و lag d=0، محور افقی نشان دهنده x(k) ، محور عمودی نشان دهنده x(k-1) است.

٤- طراحی سیستم فازی منطبق بر فرمول هندسی مسئله

هدف ما طراحی یک سیستم فازی f(x) است. به نحوی که خطای J(p) مینیمم شود

$$j_p = \sum_{j=1}^{p} [f(x_0^j) - y_0^j]^2$$

بعلاوه ما می خواهیم سیستم فازی را به شکل بازگشتی طراحی کنیم ، بدین معنی که اگر f_p سیستم فازی طراحی شده به منظور می نیمم کردن j_p باشد آنگاه f_p باید تابعی از f_{p-1} باشد. به این منظور

پیشنهاد می شود که از الگوریتم کمترین مربع های بازگشتی برای طراحی سیستم فازی استفاده شود .

۱-٤ گام نخست :فرض کنید $U=[\alpha_1,\beta_1]\times.....\times[\alpha_n,\beta_n]\subset R^n$ و برای هر $N_i,(i=1,2,...,n),[\alpha_i,\beta_i]$ مجموعه فازی $(L_i=1,2,...,N_i)A_i^{li}$ تعریف کنید که در بازه $[\alpha_i,\beta_i]$ کامل هستند

ما می توانیم A_i^{li} ها را مجموعه های فازی شبه ذوزنقه ای به شکل زیر انتخاب کنیم .

$$\mu_{A_i^{l_i}}(x_i)=\mu_{A_i^{l_i}}(x_i,a_i^{l_i},b_i^{l_i},c_i^{l_i},d_i^{l_i})$$

که $\alpha_i=b_i^{l_i}=a_i^{l_i}$ و $c_i^{j}\le a_i^{j+1}<d_i^{j}\le b_i^{j+1}$

و برای $j=1,2,...,N_i-1$ و $c_i^{N_i}=d_i^{N_i}=\beta_i$

۲-٤ گام دوم :اگر سیستم فازی بر اساس $\prod_{i=1}^{n}N_i$ قانون اگر – آنگاه زیرایجاد شود داریم :

اگر x_1 , $A_1^{l_1}$ است و ..... , x_n , $A_n^{j_n}$ است آنگاه y , $B^{l_1l_2...l_n}$ است ،

که $B^{l_1l_2...l_n}$, $i=1,2,...,n.;l_i=1,2,...,N_i$ یک مجموعه فازی با مرکز $\bar{y}^{l_1...l_n}$ است که می تواندتغییر کند .

بطور خاص ، ما سیستم فازی را با موتور استنتاج ضرب ، فازی ساز منفرد و غیر فازی ساز میانگین مراکز در نظر می گیریم ، بدین معنی که سیستم فازی طراحی شده بدین شکل خواهد بود : **رابطه شماره یک**

$$f(x)=\frac{\sum_{l_1=1}^{N_1}\cdots\sum_{l_n=1}^{N_n}\bar{y}^{l_1\cdots l_n}\left[\prod_{i=1}^{n}\mu_{A_i^{l_i}}(x_i)\right]}{\sum_{l_1=1}^{N_1}\cdots\sum_{l_1=1}^{N_1}\left[\prod_{i=1}^{n}\mu_{A_i^{l_i}}(x_i)\right]}$$

که $\bar{y}^{l_1...l_n}$ ها پارامتر های متغیری هستند که می بایست طراحی شوند و $A_i^{l_i}$ نیز در گام ۱ طراحی می شوند . پارامترهای متغیر $\bar{y}^{l_1...l_n}$. را در یک بردار $\prod_{i=1}^{n}N_i$ بعدی جمع آوری می کنیم.

$$\theta=[\bar{y}^{1..1},\bar{y}^{N_1\cdots 1},\bar{y}^{N_2\cdots 1},...,\bar{y}^{N_1 1..1},...,\bar{y}^{N_1\cdots 1},...,\bar{y}^{N_1N_2\cdots N_n}]^T$$

در این صورت رابطه ۲ رابه صورت زیر تعریف می کنیم :

$$f(x)=b^T(x)\theta$$ **رابطه۲**

که

$$b(x)=(b^{1...1}(x),...,b^{N_11...1}(x),b^{121....1}(x),...,b^{N_121...1}(x),b^{1N_2...N_n}(x),...,b^{N_1N_2...N_N}(x))^T$$

$$b^{l_1\cdots l_n}(x)=\frac{\prod_{i=1}^{n}\mu_{A_i^{l_i}}(x_i)}{\sum_{l_1=1}^{N_1}\cdots\sum_{l_1=1}^{N_1}\left[\prod_{i=1}^{n}\mu_{A_i^{l_i}}(x_i)\right]}$$

۳-٤ گام سوم: پارامتر های اولیه $\theta(0)$ را بدین ترتیب انتخاب می کنیم : اگر از دانش افراد خبره قوانین زبانی ای وجود دارد که بخشهای اگر آنگاه قوانین با بخشهای اگر قوانین رابطه ۲ سازگار می باشد ، آنگاه $\bar{y}^{l_1...l_n}(0)$ ها را مراکز بخش های آنگاه مجموعه های فازی را در این قوانین زبانی انتخاب خواهیم کرد.در غیر اینصورت , $\theta(0)$ را در فضای خروجی $V\subset R$ بطور دلخواه انتخاب کنید بعنوان مثال $\theta(0)=0$ در نظر بگیرید . در این حالت ما می توانیم بگوییم که سیستم فازی اولیه از روی دانش فرد آگاه ساخته شده است .

٤ -٤ گام چهارم :

برای p=1,2,…, پارامتر θ را با استفاده از الگوریتم کمترین مربع بازگشتی زیر بدست می آوریم .

مجموعه روابط ۳

رابطه ۱-۳ $\theta(p)=\theta(p-1)+k(p)[y_0^p-b^T[x_0^p]\theta(p-1)]$

رابطه ۲- ۳

$$k(p)=P(p-1)b(x_0^p)[b^T(x_0^p)P(p-1)b(x_0^T)+1]^{-1}$$

رابطه ۳-۳

$$P(p) = P(p-1) - P(p-1)b(x_0^p)$$
$$[b^T(x_0^p)P(p-1)b(x_0^T)+1]^{-1}b^T(x_0^p)P(p-1)$$

که $\theta(0)$ مطابق مرحله ۳ انتخاب شده و $P(0)=\sigma I$ که σ یک عدد ثابت بزرگ می باشد . سیستم فازی طراحی شده بصورت رابطه شماره یک با پارامترهای $\bar{y}^{l_1 \ldots l_n}$ با عناصر متناظر $\theta(p)$ معادل می باشد .

الگوریتم کمترین مربعهای بازگشتی ، مجموعه روابط سه بوسیله مینیمم کردن J_p با $f(x_0^j)$. به شکل رابطه یک بدست می آید

۵- بدست آوردن الگوریتم می نیمم مربع های بازگشتی

در این مرحله می پردازیم به استخراج الگوریتم ، فرض کنید

$$B_{p-1}=(b(x_0^1),...,b(x_0^{p-1}))^T, Y_0^{p-1}=(y_0^1,...,y_0^{p-1})^T$$

آنگاه از روی رابطه دو می توانیم j_{p-1} را بدینگونه بنویسیم:

$$j_{p-1}=\sum_{j=1}^{p-1}[f(x_0^j)-y_0^j]^2=[B_{p-1}\theta-Y_0^{p-1}]^T[B_{p-1}\theta-Y_0^{p-1}]$$

از آنجا که j_{p-1} یک تابع درجه دوم از θ می باشد. مقدار بهینه θ که j_{p-1} را مینیمم می کند با $\theta(p-1)$ نشان داده شده و برابر است با.

رابطه شماره ٤: $$\theta(p-1)=(B_{p-1}^TB_{p-1})^{-1}B_{p-1}^TY_0^{p-1}$$

هنگامی که زوج ورودی – خروجی $(x_0^p;y_0^p)$ موجود باشد ، تابع خطای J_p را بدینگونه می توان نوشت :

$$J_p=\left[\begin{bmatrix}B_{p-1}\\b^T(x_0^p)\end{bmatrix}\theta-\begin{bmatrix}Y_0^{p-1}\\y_0^p\end{bmatrix}\right]^T\times\left[\begin{bmatrix}B_{p-1}\\b^T(x_0^p)\end{bmatrix}\theta-\begin{bmatrix}Y_0^{p-1}\\y_0^p\end{bmatrix}\right]$$

مشابه رابطه چهار ، مقدار بهینه θ که j_p را مینیمم می کند ، با $\theta(P)$ نشان داده شده و برابر است با :

رابطه شماره ۵

$$\theta(P)=\left[[B_{p-1}^T\, b(x_0^p)]\begin{bmatrix}B_{p-1}\\b^T(x_0^p)\end{bmatrix}\right]^{-1}\times[B_{p-1}^T\, b(x_0^p)]\begin{bmatrix}Y_0^{p-1}\\y_0^p\end{bmatrix}=$$
$$[B_{p-1}^TB_{p-1}+b(x_0^p)b^T(x_0^p)]^{-1}\times[B_{p-1}^TY_0^{p-1}+b(x_0^p)y_0^p]$$

جهت ساده نمودن رابطه پنج ، پیشنهاد می شود از تساوی ماتریس زیر استفاده کنیم :

رابطه شماره ٦ $[p^{-1}+bb^T]=p-p_b[b^Tp_b+1]^{-1}b^Tp$

و با تعریف: $p(p-1)=(B_{p-1}^TB_{p-1})^{-1}$ و استفاده از رابطه ۶ ، می توان رابطه ۶ را بدین صورت نوشت:

$$\theta(P)=\{P(p-1)-P(p-1)^b[x_0^p]\times[b^T(x_0^p)P(p-1)$$
$$b\ (x_0^p)+1]^{-1}b^T(x_0^p)P(p-1)\}$$

رابطه شماره ۷

$$[B_{p-1}^TY_0^{p-1}+b(x_0^p)y_0^p]$$

از $P(p-1)B_{p-1}^TY_0^{p-1}=(B_{p-1}^TB_{p-1})^{-1}B_{p-1}^TY_0^{p-1}=\theta(p-1)$

(رابطه۴)میتوان رابطه۷ را بدین شکل ساده تر کرد:

$$\theta(P)=\theta(p-1)-P(p-1)\ b(x_0^p)\times[b^T(x_0^p)P(p-1)b\ (x_0^p)+1]^{-1}b^T(x_0^p)\theta(p-1)+$$
$$P(p-1)b\ (x_0^p)[1-[b^T(x_0^p)P(p-1)b\ (x_0^p)+1]^{-1}b^T(x_0^p)p(p-1)b\ (x_0^p)]y_0^p=$$
$$\theta(p-1)P(p-1)\ b(x_0^p)\times[b^T(x_0^p)P(p-1)b\ (x_0^p)+1]^{-1}\times[y_0^p-b^T(x_0^p)\theta(p-1)]$$

با تعریف

$$k(p)=P(p-1)\ b(x_0^p)\times[b^T(x_0^p)P(p-1)b\ (x_0^p)+1]^{-1}$$

روابط ۱-۳ و ۲-۳ را بدست می آوریم و در نهایت به رابطه ۳-۳ می رسیم .لذا طبق تعریف داریم :

$$\theta(p)=\left[[B_{p-1}^T\, b(x_0^p)]\begin{bmatrix}B_{p-1}\\b^T(x_0^p)\end{bmatrix}\right]^{-1}=[B_{p-1}^TB_{p-1}+b(x_0^p)b^T(x_0^p)]^{-1}$$

رابطه شماره ۸

با استفاده از رابطه ۶ و اینکه $B_{p-1}^TB_{p-1}=P^{-1}(p-1)$ رابطه ۳-۳ را از روی رابطع ۸ بدست می آوریم

٦- نقش سیستم فازی در فرمول هندسی کاهش نویز و اعوجاج غیر خطی

ما از سیستم فازی رابطه یک بعنوان متعادل ساز در دیاگرام سیستم انتقال داده استفاده می کنیم . این عمل شامل دو فاز زیر است :

الف – فاز تئوری : در این فاز ، سیگنال ارسالی A(k) معلوم بوده وهدف اصلی طراحی متعادل ساز (یا همان سیستم فازی رابطه یک)است . ما از روش ارائه شده در بخش اول برای تعیین ساختار و پارامترهای متعادل ساز استفاده می کنیم زوج های ورودی – خروجی برای این مسئله عبارتند

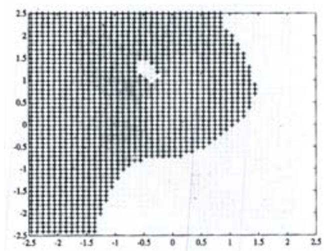
از: $y_0^k=A(k-d), x_0^k=(x(k),...,x(k-n+1))^T$

(اندیس p در بخش اول در اینجا به اندیس زمانی k تبدیل شده است .)

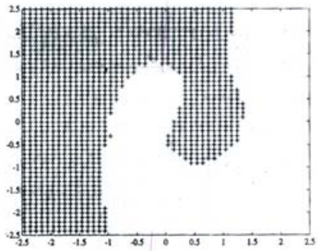
ب – فاز کاربردی: در این بخش سیگنال ارسالی A(k) معلوم نبوده و متعادل ساز طراحی شده (سیستم فازی یک) برای تخمین A(k-d) استفاده می شود. به عبارت دیگر اگر خروجی سیستم فازی بزرگتر یا مساوی صفر باشد، آنگاه $\hat{A}(k-d)=1$ و در غیر این صورت $\hat{A}(k-d)=-1$ خواهد بود .

بطور مثال کانال غیر خطی را در نظر گرفته و فرض کنید، d=0 , n=2 بنابراین ناحیه بهینه تصمیم گیری مطابق شکل ۱ می باشد . هدف ما طراحی یک سیستم فازی است به نحوی که رفتار ورودی –خروجی تقریبی آن مطابق شکل ۱ باشد ، که خروجی سیستم فازی منطبق فاز کاربرد کوانتیزه شده باشد. ما از روش طراحی ارائه شده در بخش اول استفاده می کنیم در مرحله اول $N_1 = N_2 = 9$ را انتخاب کرده و $\mu_{A_i^{l_i}}(x_i) = \exp(-(\frac{x_i - \overline{x}_i}{0.3})^2)$ که i=1,2 و $\overline{x}_i^l = -2 + 0.5(l-1)$ برای $l = 1,2,\ldots,9$

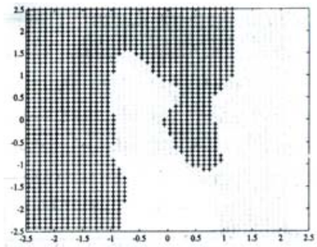
در مرحله ۳ ما پارامترهای اولیه $\theta(p)$ را به شکل تصادفی در بازه [-0.3,+0.3]، انتخاب می کنیم . در مرحله ۴ ، $\sigma = 0.1$ را در نظر می گیریم. شکل های ۲ تا ۴ نواحی تصمیم گیری بدست آمده از روی سیستم فازی طراحی شده را هنگامی که تئوری پس از k=30,50,100 مرحله متوقف می گردد، نشان می دهد (به عبارت دیگر ، هنگامی که p در مجموعه روابط ۳ برابر ۳۰و۵۰و۱۰۰ است .)از روی شکلهای ۲ تا ۴ مشاهده می شود که ناحیه تصمیم گیری هنگامی که تعداد مراحل آموزش افزایش می یابند ، به ناحیه بهینه تصمیم گیری میل می کند و به آن همگرا می شود .



شکل ۲-ناحیه تصمیم گیری سیستم فازی متعادل کننده ، هنگامی که آموزش پس از k=30 مرحله متوقف می شود . محور افقی نشان دهنده x(k) و محور عمودی نشان دهنده x(k-1) می باشد .



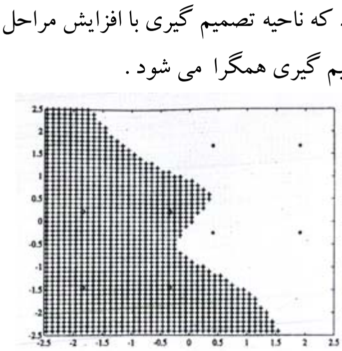
شکل 3–ناحیه تصمیم گیری سیستم فازی متعادل کننده ، هنگامی که آموزش پس از k=50 مرحله متوقف می شود . محور افقی نشان دهنده x(k) و محور عمودی نشان دهنده x(k-1) می باشد .



شکل ٤–ناحیه تصمیم گیری سیستم فازی متعادل کننده ، هنگامی که آموزش پس از k=100 مرحله متوقف می شود . محور افقی نشان دهنده x(k) و محور عمودی نشان دهنده x(k-1) می باشد .

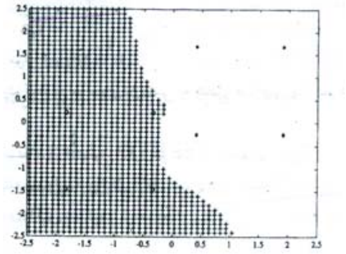
بطور مثال ، ما وضعیتی مشابه مثال اول را فرض کنیم ، با این تفاوت که به جای d=0 مقدار d=1 را انتخاب کنیم .

ناحیه بهینه تصمیم گیری در این حالت در شکل ۵ نشان داده شده و در شکل های ۶ و ۷ به ترتیب نواحی تصمیم گیری مرحله متوقف شود ، نشان داده شده است .k=20, k=50 بدست آمده از سیستم فازی هنگامی که تئوری و آموزش پس ازمجددا در این حالت نیز مشاهده می شود که ناحیه تصمیم گیری با افزایش مراحل آموزش به ناحیه بهینه تصمیم گیری همگرا می شود .

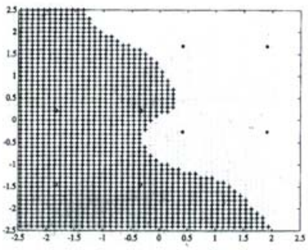


شکل پنج – ناحیه بهینه تصمیم گیری کانال غیر خطی نویز گوسین سفید با واریانس $\sigma^2 e = 0.2$ و متعادل ساز از مرتبه n=2 و lag

d=1، محور افقی نشان دهنده x(k) ، محور عمودی نشان دهنـده x(k-1) است.



شکل 6–ناحیه تصمیم گیری سیستم فازی متعادل کننده۲ ، هنگـامی که آموزش پس از k=20مرحله متوقف می شود . محور افقـی نـشان دهنده x(k) و محور عمودی نشان دهنده x(k-1) می باشد .



شکل 7–ناحیه تصمیم گیری سیستم فازی متعادل کننده۲ ، هنگامی که آموزش پس از k=50مرحله متوقف می شود . محور افقی نشان دهنـده x(k) و محـــور عمـــودی نـــشان دهنـــده x(k-1) مـــی باشـــد

7 - مراجع :

1- *Biglieri,E., A.Gersho,R. D.Gitlin, & T.L. Lim[1984],"Adaptive cancellation of nonlinear intersymbol interference for voiceband data transmission,"IEEE J. on selected Areas in communication,SAC-2, 5,pp.765-777*

2- *Vandegrift, M.W, F.L Lewis, S.Jagannathan,&K.Liu[1995],"Adaptive fuzzy control of discrete-time dynamicalsystems,"personal communication.*

3- *[1994],"Fuzzy logic,neural networks& soft computing," communication of the ACM.*

4- *[2005] "Approximation accuracy analysis of fuzzy systems as function approximators"personal communication*

5- سیستم های مخابراتی آنالوگ و دیجیتال - جناب دکتر عارف