

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

امیر حسین قدم السلطانی

Ghadamsoltani.Ah@gmail.com

دانشجوی سال سوم مهندسی مخابرات - عضو باشگاه پژوهشگران جوان - شماره عضویت 12507

تهران - خیابان ستار خان - کوچه پنجم دریاں نو - پلاک 69 تلفن: 021-66502494

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

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

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

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.

1- اعوجاج دامنه یا اعوجاج فرکانس

2- اعوجاج فاز یا اعوجاج تاخیر

2-2 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 و تحلیل 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 در سیستم های سریع می باشد. بدلیل اینکه سیگنال دریافتی بر روی یک کانال غیر خطی، تابعی 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 پذیر باشند.

1- چکیده:

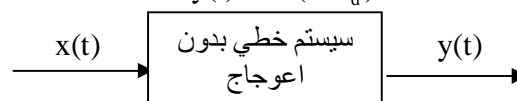
فرموله کردن مسئله کاهش اعوجاج و نویز کانال غیر خطی انتقال بعنوان یک مسئله بازشناسی الگو و کاربرد سیستم فازی با الگوریتم مینیمم مراتب بازگشتی و تکنیکهای پیشنهادهی در استخراج الگوریتم و نهایتاً استفاده از الگوریتم مذکور به منظور طراحی پارامترهای سیستم فازی.

2- مقدمه :

1-2 اعوجاج خطی :

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

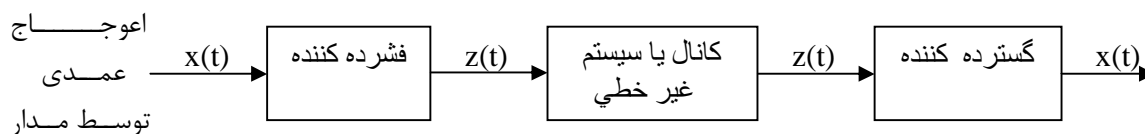
$$y(t) = kx(t - t_d)$$



در رابطه فوق k ضریب ثابت و |k| نشانه تضعیف یا تقویت سیستم و t_d 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 انتهای سیستم برسد. رابطه فوق را شرط 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.

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 نخواهد گرفت. ولی با این روش خودمان بر روی آن اعوجاج اعمال کرده ایم که قابل کنترل و درمحل مناسب قابل حذف است. حذف این



غیر خطی با وسیله دیگری به نام گسترده کننده صورت می گیرد.

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

این روش محدود به ناحیه خطی اعوجاج غیر خطی مستقل از زمان است با درصدی از خطا 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 پذیر باشند.

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 بکار می بریم.

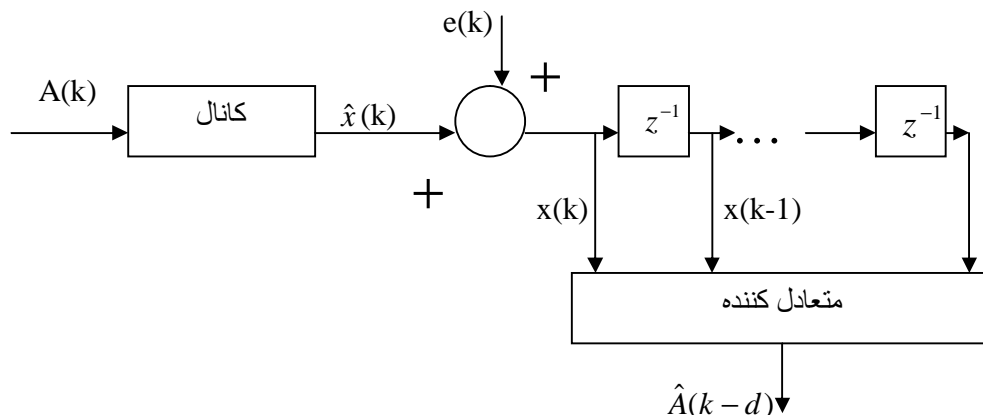
بطور مثال یک دیاگرام سیستم انتقال دیجیتال با اثر اعوجاج غیر خطی یا نویز سفید در زیر نشان داده شده است

2-3 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 منشأ خارجی و داخلی می باشد که نویز داخلی با طراحی مناسب قابل کاهش است، اما حذف نویز خارجی مشکل تر می باشد.

3- 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



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

$$fopt(X(k)) = \text{sgn}[p_1(X(k) | \hat{X}(k))$$

$$\in p_{n,d}(1)) - p_{-1}(X(k) | \hat{X}(k) \in p_{n,d}(-1))]$$

به ازای n ، داده شده به کوچکترین (min) نرخ خطای بیت خواهیم داشت :

$$\text{sgn}(y) = 1 \& -1$$

for

$$y \geq 0 \& y < 0$$

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

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

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 :

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

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

در این شکل کانال شامل اثر های فیلترانتقال ، فیلتر تطبیق گیرنده و سایر اجزائی باشد . فرض شده رشته داده انتقالی یک رشته مستقل بوده که مقادیر $\{-1, 1\}$ را با احتمال یکسان اختیار می کند . ورودی متعادل کننده $x(k), x(k-1), \dots, x(k-n+1)$ می باشد که n و d به ترتیب مرتبه و پس فاز بودن متعادل کننده را نشان می دهد با استفاده از فرموله هندسی مسائل متعادل سازی بوسیله چن ، گیسن ، کودان و گراند داریم .

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

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

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

$\hat{x}(k)$ 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 :

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

که در این رابطه

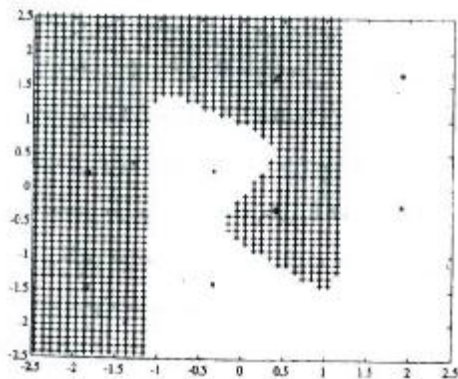
$$\hat{x}(k) \in P_{n,d}(1) \text{ و } \hat{x}(k) \in P_{n,d}(-1).$$

به عنوان بردار خروجی کانال فرض شده است .

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

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

به ترتیب توابع توزیع احتمال شرطی $X(k)$



برای این حالت ناحیه بهینه تصمیم گیری برای $n=2$, $d=0$ مطابق رابطه زیر در شکل 1 بصورت ناحیه سایه دار نشان و این حالت ناحیه بهینه تصمیم گیری برای داده شده است

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

در شکل یک به ترتیب با "0" 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 کاملاً غیر خطی است .

4- 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 .

شکل یک - ناحیه بهینه تصمیم گیری کانال غیر خطی نويز

گوسین سفید با واریانس $\sigma^2 = 0.2$ و متعادل ساز از مرتبه $n=2$ و $d=0$ ، محور افقی نشان دهنده $x(k)$ ، محور عمودی نشان دهنده $x(k-1)$ است.

شوند. پارامترهای متغیر $\bar{y}^{l_1 \dots l_n}$ را در یک بردار

$$\prod_{i=1}^n N_i$$

بعدی جمع آوری می کنیم.

$$q = [\bar{y}^{1 \dots 1}, \bar{y}^{N_1 \dots 1}, \bar{y}^{N_2 \dots 1}, \dots, \bar{y}^{N_1 \dots 1 \dots 1}, \dots, \bar{y}^{N_1 \dots 1 \dots N_n}]^T$$

در این صورت رابطه 2 راه صورت زیر تعریف می کنیم:

$$f(x) = b^T(x)q \quad \text{رابطه 2}$$

که

$$b(x) = (b^{1 \dots 1}(x), \dots, b^{N_1 \dots 1}(x), b^{121 \dots 1}(x), \dots, b^{N_1 21 \dots 1}(x), b^{1N_2 \dots N_n}(x), \dots, b^{N_1 N_2 \dots N_n}(x))^T$$

$$b^{l_1 \dots l_n}(x) = \frac{\prod_{i=1}^n m_{A_i^{l_i}}(x_i)}{\sum_{l_1=1}^{N_1} \dots \sum_{l_n=1}^{N_n} [\prod_{i=1}^n m_{A_i^{l_i}}(x_i)]}$$

4-3 گام سوم: پارامترهای اولیه $q(0)$ را بدین ترتیب انتخاب می کنیم: اگر از دانش افراد خبره قوانین زبانی ای وجود دارد که بخشهای اگر آنگاه قوانین با بخشهای اگر

$$\bar{y}^{l_1 \dots l_n}(0) \text{ آنگاه } 2 \text{ سازگار می باشد، آنگاه}$$

قوانین رابطه 2 سازگار می باشد، آنگاه مجموعه های فازی را در این ها را مراکز بخش های آنگاه مجموعه های فازی را در این قوانین زبانی انتخاب خواهیم کرد. در غیر این صورت، $q(0)$ را در فضای خروجی $V \subset R$ بطور دلخواه انتخاب کنید بعنوان مثال $q(0) = 0$ در نظر بگیرید. در این حالت ما می توانیم بگوییم که سیستم فازی اولیه از روی دانش فرد آگاه ساخته شده است.

4-4 گام چهارم:

برای $p=1,2,\dots$ پارامتر q را با استفاده از الگوریتم کمترین مربع بازگشتی زیر بدست می آوریم.

مجموعه روابط

رابطه 3-1

$$q(p) = q(p-1) + k(p)[y_0^p - b^T(x_0^p)q(p-1)]$$

رابطه 3-2

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

4-1 گام نخست فرض

$$U = [a_1, b_1] \times \dots \times [a_n, b_n] \subset R^n$$

و برای هر $N_i, (i=1,2,\dots,n), [a_i, b_i]$ مجموعه فازی $A_i^{l_i}$ تعریف کنید که در بازه $[a_i, b_i]$ کامل هستند

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

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

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

$$c_i^{N_i} = d_i^{N_i} = b_i \text{ و } j=1,2,\dots,N_i-1 \text{ برای}$$

4-2 گام دوم: اگر سیستم فازی بر اساس $\prod_{i=1}^n N_i$ قانون

اگر - آنگاه زیر ایجاد شود داریم:

$$\text{اگر } A_1^{l_1}, x_1 \text{ است و } A_n^{j_n}, x_n, \dots \text{ است آنگاه } B^{l_1 l_2 \dots l_n}, y \text{ است،}$$

که $B^{l_1 l_2 \dots l_n}, i=1,2,\dots,n; l_i=1,2,\dots,N_i$ یک مجموعه فازی با مرکز $\bar{y}^{l_1 \dots l_n}$ است که می تواند تغییر 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

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

که $\bar{y}^{l_1 \dots l_n}$ ها پارامترهای متغیری هستند که می بایست طراحی شوند و $A_i^{l_i}$ نیز در گام 1 طراحی می

رابطه 3-3

$$q(p) = [B_{p-1}^T b(x_0^p) [B_{p-1}^{B_{p-1}}]^{-1} \times [B_{p-1}^T b(x_0^p) Y_0^{p-1}]]^{-1} =$$

$$[B_{p-1}^T B_{p-1} + b(x_0^p) b^T(x_0^p)]^{-1} \times [B_{p-1}^T Y_0^{p-1} + b(x_0^p) y_0^p]$$

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

$$[p^{-1} + b b^T] = p - p_b [b^T p_b + 1]^{-1} b^T p \quad \text{رابطه شماره 6}$$

و با تعریف: $p(p-1) = (B_{p-1}^T B_{p-1})^{-1}$ و استفاده از رابطه 6، می توان رابطه 6 را بدین صورت نوشت:

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

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

رابطه شماره 7

$$[B_{p-1}^T Y_0^{p-1} + b(x_0^p) y_0^p]$$

از $p(p-1) B_{p-1}^T Y_0^{p-1} = (B_{p-1}^T B_{p-1})^{-1} B_{p-1}^T Y_0^{p-1} = q(p-1)$ (رابطه 4) میتوان رابطه 7 را بدین شکل ساده تر کرد:

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

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

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

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 1-3 و 2-3 را بدست می آوریم و در نهایت به رابطه 3-3 می رسیم. لذا طبق تعریف داریم:

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

رابطه شماره 8

با استفاده از رابطه 6 و اینکه $p^{-1}(p-1)$

رابطه 3-3 را از روی رابط 8 بدست می آوریم

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

$$P(p) = P(p-1) - P(p-1) b(x_0^p)$$

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

که $q(0) = SI$ مطابق مرحله 3 انتخاب شده و

که S یک عدد ثابت بزرگ می باشد. سیستم فازی طراحی شده بصورت رابطه شماره یک با پارامترهای

$$\bar{y}^1 \dots \bar{y}^n$$

با عناصر متناظر $q(p)$ معادل می باشد.

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

5- بدست آوردن الگوریتم می نیمم مربع های بازگشتی

در این مرحله می پردازیم به استخراج الگوریتم، فرض کنیم

$B_{p-1} = (b(x_0^1), \dots, b(x_0^{p-1}))^T$, $Y_0^{p-1} = (y_0^1, \dots, y_0^{p-1})^T$ آنگاه از روی رابطه دو می توانیم j_{p-1} را بدینگونه بنویسیم:

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

از آنجا که j_{p-1} یک تابع درجه دوم از q می باشد.

مقدار بهینه q که j_{p-1} را مینیمم می کند با $q(p-1)$ نشان داده شده و برابر است با.

$$q(p-1) = (B_{p-1}^T B_{p-1})^{-1} B_{p-1}^T Y_0^{p-1} \quad \text{رابطه شماره 4}$$

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

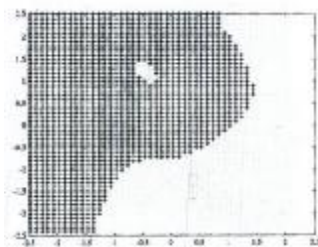
$$J_p = [B_{p-1}^T q - Y_0^{p-1}]^T \times [B_{p-1}^T q - Y_0^{p-1}]$$

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

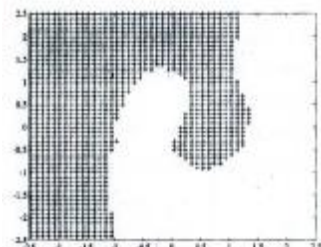
رابطه شماره 5

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

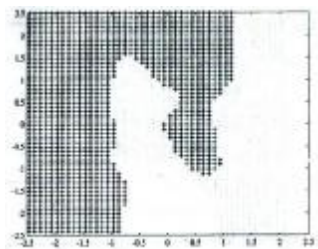
مجموعه روابط 3 برابر 30 و 50 و 100 است.) از روی شکل‌های 2 تا 4 مشاهده می شود که ناحیه تصمیم گیری هنگامی که تعداد مراحل آموزش افزایش می یابند، به ناحیه بهینه تصمیم گیری میل می کند و به آن همگرا می شود.



شکل 2- 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 4- 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.

ما از سیستم فازی رابطه یک بعنوان متعادل ساز در دیگرام 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 و هدف 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

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

(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 اینصورت $\hat{A}(k-d) = -1$ خواهد بود.

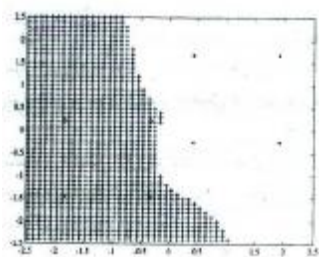
بطور مثال کانال غیر خطی را در نظر گرفته و فرض کنید، $n=2$, $d=0$ بنابراین ناحیه بهینه تصمیم گیری مطابق شکل 1 می باشد. هدف ما طراحی یک سیستم فازی است به نحوی که رفتار ورودی - خروجی تقریبی آن مطابق شکل 1 باشد، که خروجی سیستم فازی منطبق فاز کاربرد کوانتیزه شده باشد. ما از روش طراحی ارائه شده در بخش اول استفاده می کنیم در مرحله اول $N_1 = N_2 = 9$ را انتخاب کرده

$$و \quad m_{A_i^{l_i}}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - \bar{x}_i)^2}{0.3}\right) \quad \text{که } i=1, 2$$

$$\bar{x}_i^l = -2 + 0.5(l-1) \quad \text{برای } l=1, 2, \dots, 9$$

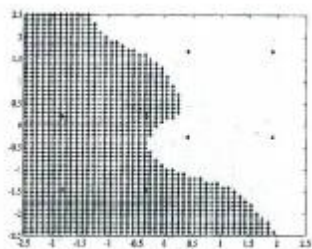
در مرحله 3 ما پارامترهای اولیه $q(p)$ را به شکل تصادفی در بازه $[-0.3, +0.3]$ انتخاب می کنیم. در مرحله 4،

$s = 0.1$ را در نظر می گیریم. شکل های 2 تا 4 نواحی تصمیم گیری بدست آمده از روی سیستم فازی طراحی

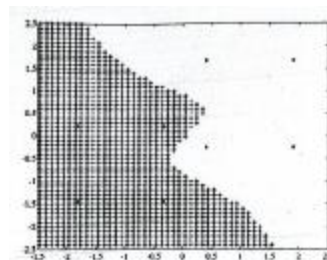


ناحیه بهینه تصمیم گیری در این حالت در شکل 5 نشان داده شده و در شکل های 6 و 7 به ترتیب نواحی تصمیم گیری مرحله متوقف شود، نشان داده شده است. $k=20$, $k=50$ بدست آمده از سیستم فازی هنگامی که تئوری و آموزش پس از مجددا در این حالت نیز مشاهده می شود که ناحیه تصمیم گیری با افزایش مراحل آموزش به ناحیه بهینه تصمیم گیری همگرا می شود.

شکل 6- ناحیه تصمیم گیری سیستم فازی متعادل کننده 2، هنگامی که آموزش پس از $k=20$ مرحله متوقف می شود. محور افقی نشان دهنده $x(k)$ و محور عمودی نشان دهنده $x(k-1)$ می باشد.



شکل 7- ناحیه تصمیم گیری سیستم فازی متعادل کننده 2، 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 پنج - ناحیه بهینه تصمیم گیری کانال غیر خطی نویز گوسین سفید با واریانس $S^2 e = 0.2$ و متعادل ساز از مرتبه $n=2$ و $\text{lag } d=1$ ، محور افقی نشان دهنده $x(k)$ ، محور عمودی نشان دهنده $x(k-1)$ است.

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 dynamical systems," *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- Carlson - سیستم های مخابراتی آنالوگ و دیجیتال
- 6- Kenedy - مخابرات الکترونیکی