

خطی سازی پاسخ آشکار ساز نوری تعیین موقعیت چهار ربعی به کمک شبکه های عصبی MLP و RBF

سعید علیائی^۱

مرتضی رضازاده^۲

چکیده

در این مقاله روشی مبتنی بر شبکه های عصبی برای بهبود پاسخ خروجی آشکار سازهای چهار ربعی مورد استفاده در سیستم های کنترلی که از لکه نوری دایره ای بهره می گیرند، پیشنهاد شده است. در این روش به کمک یک شبکه عصبی RBF، در ابتدا داده های تولید شده از خروجی های جریانی آشکار ساز چهار ربعی مورد استفاده قرار گرفته و سپس با توجه به خروجی خطی مورد نظر، این داده ها به شبکه اعمال شده تا شبکه مورد آموزش قرار گیرد. در ادامه با تغییر تعداد کلاسترها و همچنین تغییر تعداد داده های آموزشی شبکه برای داشتن پاسخ بهینه، برنامه ریزی و نتایج پاسخ خروجی شبکه با خروجی مستقیم آشکار ساز مقایسه خواهد شد. همین موارد به کمک یک شبکه عصبی MLP نیز انجام شده و با تغییر تعداد نرون های لایه میانی آن، پاسخ بهینه به دست می آید و در نهایت پاسخ های دو شبکه با یکدیگر بررسی و مقایسه می شود.

کلید واژه

آشکار ساز نوری چهار ربعی، کنترل و تعیین موقعیت، شبکه عصبی RBF، کلاستر، شبکه عصبی MLP، خطی سازی.

۱- استادیار دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه شهید رجایی s_olyaee@srttu.edu

۲- کارشناس ارشد برق الکترونیک، دانشگاه شهید رجایی

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۰

مقدمه

اندازه گیری جابه جایی یک جسم متحرک خاص با دقت بالا و بدون تماس، در بسیاری از کاربردهای صنعتی و کنترلی حائز اهمیت است. اندازه گیری چنین ارتعاشات و جابه جایی هایی می تواند در محدوده فرکانسی کسری از هرتز تا چند کیلوهرتز و همچنین دامنه حرکتی از چند نانومتر تا چند متر متغیر باشد. به طور کلی روش های مختلفی برای کنترل و اندازه گیری بدون تماس جابه جایی های کوچک یک جسم وجود دارد که از آن جمله می توان به روش های تداخل سنجی، مثلثاتی، آشکارسازی خطای تمرکز در عدسی ها و اندازه گیری زمان انتشار پرتو اشاره کرد [۱]. البته ویژگی تمام روش های ذکر شده، آن است که اندازه گیری را در راستای محور نوری سامانه مورد نظر انجام می دهند؛ در حالی که در بسیاری از کاربردها لازم است تا اندازه گیری ها را در راستایی عمود بر محور نوری و در دو بعد مختلف انجام داد (اندازه-گیری موقعیت جانبی). به طور معمول برای این نوع اندازه گیری ها از آشکارسازهای اثر جانبی (LEP) و چهارربعی (۴Q) استفاده می شود [۲-۶]. نحوه عملکرد اندازه گیری نیز به این صورت است که بازتابگری مناسب بر روی هدف مورد نظر قرار داده می شود تا توسط سیستم نوری موجود، تصویری از آن روی سطح فعال این نوع از آشکارسازها ایجاد شود و حرکت جسم منجر به حرکت تصویر آن و در نتیجه متاثر شدن آشکارساز شود [۷]. در سامانه های کنترلی مبتنی بر آشکارساز نوری چهارربعی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است دو نوع چالش اصلی وجود دارد. نخست آن که دقت اندازه گیری ها، بشدت وابسته به شکل و اندازه لکه نوری تصویر ایجاد شده روی سطح آشکارساز است. البته در کاربردهایی که هدف اصلی پیدا کردن مرکز ثقل نوری لکه تصویری ایجاد شده از هدف است، شکل لکه اهمیتی نداشته و فقط کافی است ابعاد این لکه به اندازه کافی بزرگ باشد تا چهار قسمت مربوط به آشکارساز چهارربعی را به طور هم زمان بیوشاند. برای دست یابی به این ویژگی می توان از روش غیر متمرکز کردن عدسی گیرنده استفاده کرد تا بدین وسیله اندازه لکه بر سطح فعال آشکارساز گسترده تر شود. به عبارت دیگر فاصله عدسی تا آشکارساز، برای رسیدن به قطر لکه مناسب در یک سیستم کنترلی به طور پیوسته تنظیم می شود. موضوع دوم که مورد بحث این مقاله قرار گرفته است، آن است که رابطه ای غیرخطی بین سیگنال های جریانی خارج شده از آشکارساز با جابه جایی لکه تصویری دایره شکل بازتاب شده روی آن، وجود دارد. این موضوع موجب کاهش دقت در اندازه گیری های خیلی کوچک می شود. بنابراین در این مقاله هدف اصلی نزدیک کردن رابطه خروجی آشکارساز به حالت ایده آل خطی با استفاده از شبکه های عصبی است.

ساختار آشکارساز نوری چهارربعی

آشکارساز نوری چهارربعی از صفحه یکنواختی از سیلیکون تشکیل شده است که دو شکاف با پهنای تقریبی ۱۰ میکرومتر از وسط آن می گذرد (شکل ۱). بنابراین می توان گفت که سطح این آشکارساز به چهار ناحیه مساوی تقسیم شده و به همین دلیل است که آن را چهارربعی نام گذاری کرده اند. هر یک از نواحی چهارگانه با یک الکتروود فلزی در تماس بوده و از این طریق می تواند سیگنال الکتریکی تولید شده را به مدار خارجی تحویل دهد. چون در این آشکارساز، مرکز، همان محل تقاطع شکاف های افقی و عمودی است و این مرکز

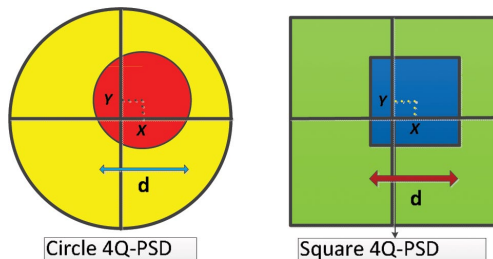
تحت تاثیر زمان و حرارت تغییر نمی کند، پس می توان گفت که آشکارساز در این ناحیه دقت بسیار بالایی را از خود نشان می دهد. پرتو نوری که به صورت متقارن روی مرکز آشکارساز متمرکز شده باشد، جریان های نوری برابری را در هر یک از چهار ربع تولید می کند. حال اگر پرتو از مرکز آشکارساز تغییر مکان دهد، دنبال آن جریان های خروجی هر یک از الکترودها نیز تغییر خواهند کرد. از این رو، اگر یک الگوریتم پردازشی مناسب روی چهار سیگنال خروجی صورت گیرد، می توان میزان انحراف پرتو در دو جهت افقی و عمودی را با دقت خوبی به دست آورد [۸ و ۹]. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مقدار انحراف از طریق مقدار توان نوری که به هر یک از ربع ها می رسد قابل اندازه گیری است. مقدار انحراف در جهت های X و Y به ترتیب از روابط (۱) و (۲) به دست می آید [۱]:

$$X_{4Q} = K \frac{(i_a + i_c) - (i_b + i_d)}{i_a + i_b + i_c + i_d} \quad (1)$$

$$Y_{4Q} = K \frac{(i_a + i_b) - (i_c + i_d)}{i_a + i_b + i_c + i_d} \quad (2)$$

در این روابط، i_a تا i_d جریان های خروجی چهار ربع است و ضریب K که آن را عامل شیب نیز می گویند، مقدار جابه جایی ها را به شکل و ابعاد لکه نوری تابیده شده روی سطح آشکارساز وابسته می کند. مقدار این ضریب برای لکه نوری مربع شکل برابر $d/2$ و برای لکه نوری دایره ای شکل برابر $d\pi/8$ است و d قطر لکه دایره ای یا طول ضلع لکه مربعی است [۷]. بنابراین می توان گفت که تغییر قطر لکه نوری تصویر تنها باعث تغییر در عامل شیب شده و در نتیجه فقط ضریب تناسب بین سیگنال جابه جایی و جابه جایی واقعی دستخوش تغییر خواهد شد و تاثیری بر خطی بودن رابطه نخواهد داشت. البته باید خاطر نشان شود که رابطه خروجی آشکارساز برای لکه مربعی شکل کاملاً و به صورت ذاتی خطی است و نیازی به اصلاح ندارد، در حالی که برای لکه نوری دایره شکل این رابطه به طور ذاتی غیر خطی است و عامل شیب ذکر شده برای آن مربوط به تقریب خطی آن است [۱۰].

با توجه به شکل ۱، در هر یک از ناحیه های چهارگانه آشکارساز همپوشانی متفاوتی بین لکه نوری دایره ای با سطح آشکارساز ایجاد می شود، که مقدار این همپوشانی به موقعیت مکانی لکه نوری نسبت به مرکز آشکارساز بستگی داشته و می توان مساحت هر یک از این بخش ها را به کمک روابط (۳) تا (۶) و از روی موقعیت لکه به دست آورد. لازم به ذکر است که این چهار رابطه [۱۱] را پس از انتگرال گیری مناسب روی هر کدام از این سطوح و بر حسب موقعیت لکه نسبت به مرکز آشکارساز به دست آورده ایم.



شکل ۱. قرارگیری لکه نوری دایره ای روی سطوح چهارگانه آشکارساز چهارربعی.

$$S_a = \frac{\pi r^2}{4} - \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{x}{r}\right) + \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{y}{r}\right) - \frac{1}{2}x(\sqrt{r^2 - x^2} + y) + \frac{1}{2}y(\sqrt{r^2 - y^2} - x) \quad (۳)$$

$$S_b = \frac{\pi r^2}{4} + \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{x}{r}\right) + \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{y}{r}\right) + \frac{1}{2}x(\sqrt{r^2 - x^2} + y) + \frac{1}{2}y(\sqrt{r^2 - y^2} + x) \quad (۴)$$

$$S_c = \frac{\pi r^2}{4} + \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{x}{r}\right) - \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{y}{r}\right) + \frac{1}{2}x(\sqrt{r^2 - x^2} - y) - \frac{1}{2}y(\sqrt{r^2 - y^2} + x) \quad (۵)$$

$$S_d = \frac{\pi r^2}{4} - \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{x}{r}\right) - \frac{r^2}{2} \sin^{-1}\left(\frac{y}{r}\right) - \frac{1}{2}x(\sqrt{r^2 - x^2} - y) - \frac{1}{2}y(\sqrt{r^2 - y^2} - x) \quad (۶)$$

در این روابط، r شعاع لکه نوری است. پس از طی چند مرحله محاسباتی و خلاصه کردن روابط، برای لکه نوری دایره ای شکل روابط نهایی بین جابه جایی و سیگنال پردازشی در دو بعد مختلف را به صورت روابط (۷) و (۸) خلاصه کرده ایم:

$$u_x = \frac{(S_b + S_c) - (S_a + S_d)}{S_a + S_b + S_c + S_d} = \frac{2}{\pi} \sin^{-1}\left(\frac{x}{r}\right) + \frac{2}{\pi} \left(\frac{x}{r}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{x}{r}\right)^2} \quad (۷)$$

$$u_y = \frac{(S_a + S_b) - (S_c + S_d)}{S_a + S_b + S_c + S_d} = \frac{2}{\pi} \sin^{-1}\left(\frac{y}{r}\right) + \frac{2}{\pi} \left(\frac{y}{r}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{y}{r}\right)^2} \quad (۸)$$

از این روابط می توان نکات زیر را نتیجه گرفت:

(الف) رابطه سیگنال های پردازشی u_x و u_y با موقعیت دوبعدی لکه نوری، یعنی x و y رابطه ای غیر خطی است.

(ب) بیشینه محدوده تغییرات x و y برابر با شعاع لکه نوری است.

(ج) اگر جابه جایی های x و y نسبت به شعاع لکه نوری (r) خیلی کوچک باشند، می توان روابط فوق را با تقریب خوبی خطی فرض کرد.

(د) برای محاسبه عامل شیب در این نوع از آشکارساز چهارربعی کافی است از رابطه اصلی نسبت به x مشتق گرفته و مقدار آن را در نقطه $x=0$ به دست آورد. این مقدار برابر شیب رابطه است که با معکوس کردن آن، می توان به کمیت عامل شیب رسید:

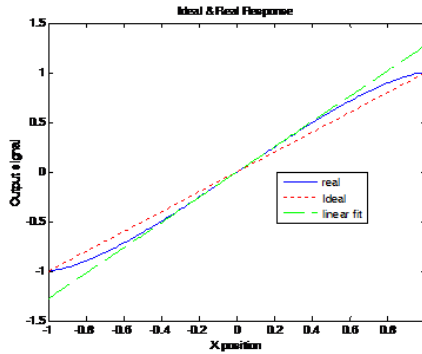
$$\frac{dU_x}{dx} = \frac{4}{\pi r} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{r}\right)^2} \quad (۹)$$

$$\frac{dU_x}{dx}(x=0) = \frac{4}{\pi r} = \frac{8}{\pi d} \quad (d=2r) \quad (۱۰)$$

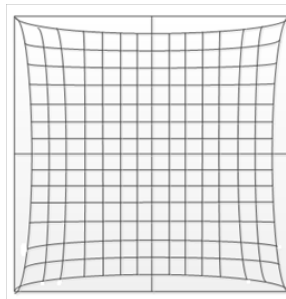
$$K = \frac{\pi d}{8} \quad (۱۱)$$

بنابراین عامل شیب در حالت لکه نوری دایره ای نسبت به حالت مربعی شکل، کاهش می یابد و این خود بیانگر آن است که به ازای جابه جایی های برابر، برای لکه های نوری مربعی و دایره ای تغییرات سیگنال های پردازشی u_x و u_y متفاوتی به دست خواهد آمد. نمودار نشان داده شده در شکل ۲ نیز نحوه تغییر u_x

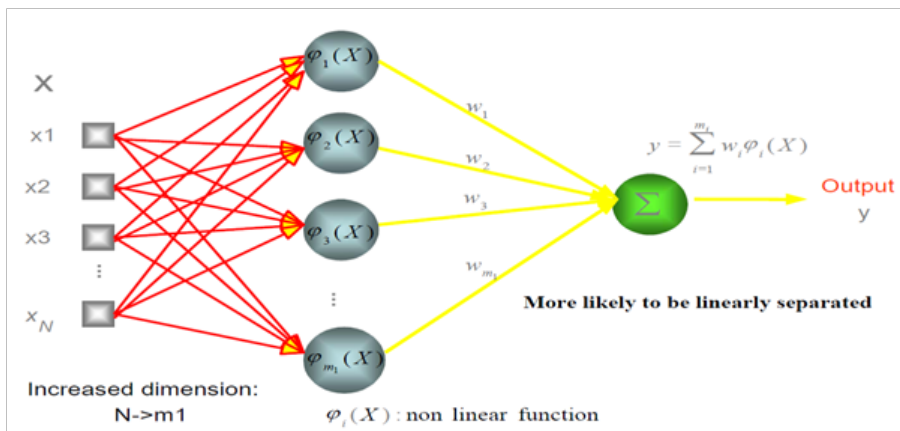
برحسب جابه جایی X را نشان می دهد [۱۵-۱۲]. همان طور که در این نمودار مشخص است، اگر محدوده تغییرات X نسبت به شعاع لکه نوری کوچک باشد، رابطه با تقریب خوبی خطی است. در شکل ۳ نیز تغییرات جابه جایی اندازه گیری شده برای جابه جایی های واقعی دوبعدی منظم نشان داده شده است. تاثیر غیرخطی بودن رابطه خروجی در این شکل نمایان است.



شکل ۲. نمودار سیگنال پردازشی بر حسب جابه جایی لکه نوری دایره ای.



شکل ۳. نمایش اثر غیرخطی در جابه جایی دوبعدی اندازه گیری شده با لکه نوری دایره ای.



شکل ۴. ساختار شبکه عصبی RBF برای خطی سازی پاسخ خروجی آشکارساز نوری چهارربعی.

همان طور که در نمودار و شکل ۳ مشخص است، هرچه لکه نوری از مرکز آشکارساز فاصله می گیرد حالت فشردگی و غیر خطی سیگنال خروجی افزایش می یابد و این باعث پایین آمدن دقت اندازه گیری در این محدوده ها می شود. لازم به ذکر است که با نزدیک شدن لکه نوری به مرز بین ربع های آشکارساز، در عمل به انتهای محدوده مجاز اندازه گیری رسیده و از این نقطه به بعد با روش معمول توضیح داده شده در قسمت قبلی نمی توان جابه جایی لکه نوری را اندازه گیری کرد. در عوض چون از این نقطه به بعد لکه فقط با دو بخش آشکارساز هم پوشانی کرده و سیگنال دو بخش دیگر به حدود صفر می رسند، می توان با آموزش مناسب یک شبکه عصبی و اعمال سیگنال های دو بخش باقیمانده به آن، اندازه گیری جابه جایی مربوطه را همچنان ادامه داد. بنابراین یکی از مزایای استفاده از شبکه عصبی، علاوه بر خطی سازی پاسخ خروجی آشکارساز آن است که محدوده قابل اندازه گیری گسترش می یابد. از آنجا که در این مقاله با استفاده از شبکه های عصبی اثرات غیرخطی و محدوده اندازه گیری جبران می شوند، در ادامه به مختصری از شبکه های استفاده شده می پردازیم.

خطی سازی پاسخ با شبکه عصبی

خطی سازی بر مبنای شبکه عصبی RBF

نخستین شبکه عصبی به کار رفته برای خطی سازی پاسخ خروجی آشکارساز نوری چهارربعی، یک شبکه عصبی RBF است که دارای چهار نرون در ورودی و یک نرون در خروجی است. تعداد نرون های لایه میانی آن نیز که در واقع همان تعداد کلاسترهای شبکه است برابر ۱۰ در نظر گرفته شده است. همچنین از آنجا که این آشکارسازی در دو بعد است، بنابراین دو شبکه عصبی برای هر یک از راستاهای x و y لازم است که دارای ساختاری کاملاً مشابه هستند. چهار سیگنال جریانی خارج شده از آشکارساز چهارربعی، بر اساس روابط (۳) تا (۶) به عنوان ورودی شبکه عصبی به آن داده شده و خروجی شبکه عصبی نیز سیگنال موقعیت را به دست می دهد که متناسب با جابه جایی لکه نوری روی سطح آشکارساز است. در شکل ۴ ساختار این شبکه عصبی نمایش داده شده است. در این نوع از شبکه عصبی ابتدا برای هر یک از نرون های لایه میانی که دقیقاً برابر تعداد کلاسترها است، مرکز مناسبی با توجه به تراکم و فراوانی داده های آموزشی انتخاب شده و سپس تابع گوسین حول آن نقطه محاسبه می شود. خروجی هر یک از این توابع گوسین در نهایت با وزن های مناسبی که از طریق آموزش شبکه به دست می آیند، با یکدیگر جمع شده تا پاسخ خروجی شبکه را ایجاد کنند.

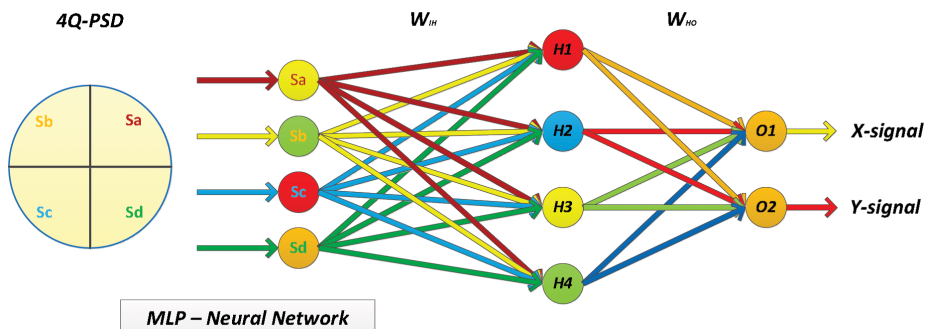
برنامه این شبکه عصبی در محیط Matlab نوشته شده است که شامل سه بخش عمده است. مرحله نخست، مرحله تولید داده های آموزشی و همچنین کلاستربندی کردن آنها بر اساس مراکز تعیین شده در شبکه عصبی RBF است. در این مرحله به ازای موقعیت های تصادفی لکه نوری، داده هایی مناسب به عنوان چهار سیگنال خروجی آشکارساز تولید می شود و این کار با استفاده از روابط مربوط به مساحت همپوشانی هر بخش یعنی روابط شماره (۳) تا (۶) صورت می گیرد. در مرحله

بعد، یادگیری شبکه صورت می گیرد و شبکه می آموزد که خروجی خطی ایده آل را از روی سیگنال های غیرخطی خروجی آشکارساز تولید کند. در نهایت، در آخرین مرحله سیگنال نهایی تولید شده با حالت واقعی آن مقایسه شده و مقدار خطای آن (MSE) نتیجه می شود.

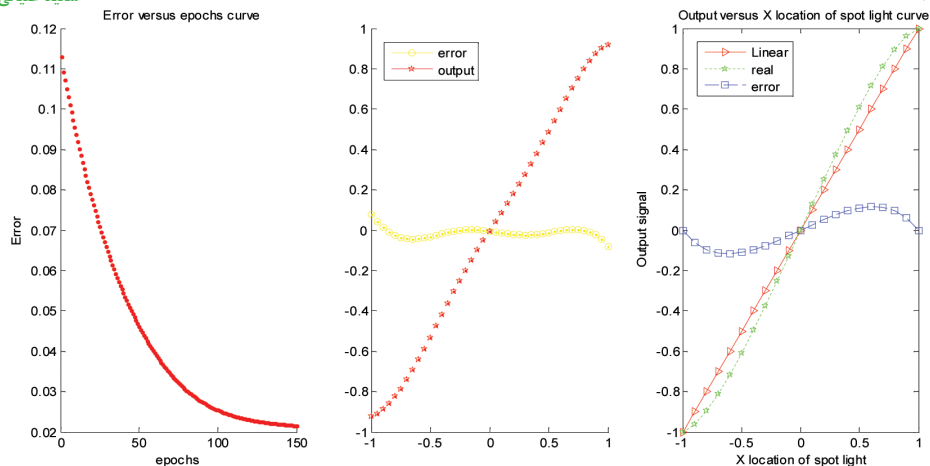
خطی سازی بر مبنای شبکه عصبی MLP

در این نوع شبکه، برخلاف شبکه قبلی تعداد لایه ها می تواند بیشتر شده و بر پیچیدگی آن افزوده شود؛ طوری که گره ها در لایه های متوالی قرار گرفته و ارتباط آن ها یک طرفه است. زمانی که یک الگوی ورودی به شبکه اعمال می شود، اولین لایه مقادیر خروجی اش را محاسبه کرده و در اختیار لایه بعدی قرار می دهد. لایه بعدی این مقادیر را به عنوان ورودی دریافت کرده و مقادیر خروجی اش را به لایه بعدی منتقل می کند. شبکه های پرسپترون چند لایه، جزیی از این شبکه ها هستند. شکل ۵ یک مدل از چنین شبکه هایی را نشان می دهد که به ترتیب دارای سه لایه ورودی، لایه میانی و لایه خروجی است. ساختار شبکه MLP به کار رفته در این مقاله نیز از نظر تعداد لایه ها مشابه همین ساختار بوده که دارای چهار نرون در لایه ورودی و دو نرون نیز در لایه خروجی است. پس از آموزش شبکه، وزن های مناسبی که لازم است بین لایه ها و در جهت پیشرو ضرب شوند به دست می آیند.

خروجی لایه نهایی، نتیجه نهایی واکنش های شبکه عصبی در برابر ورودی ها به شبکه است. به طور حتم خروجی تولید شده توسط شبکه با خروجی ایده آل یکسان نخواهد بود. هدف کلی، انتخاب مناسب تابع محرکه هر نرون، انتخاب مناسب وزن ها و انتخاب درست تعداد لایه های میانی (پنهان) است به طوری که اختلاف بین خروجی های شبکه و مقادیر واقعی در حد مجاز کوچک شوند و مقدار خطای نهایی MSE کاهش یابد.



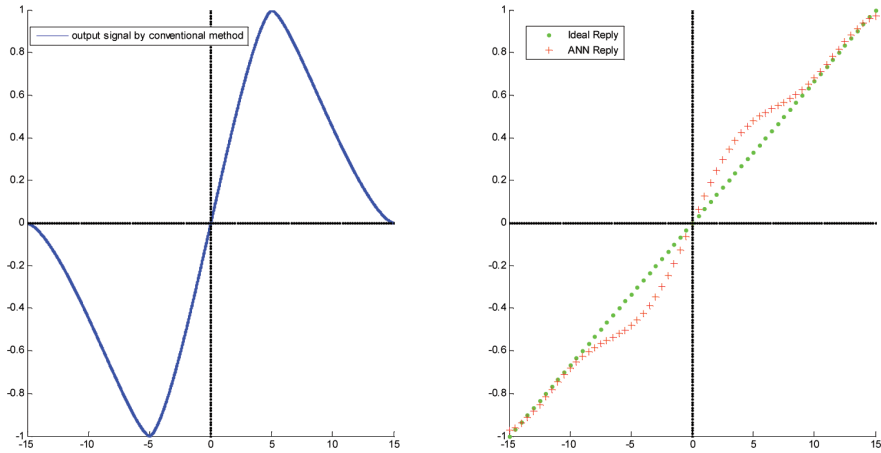
شکل ۵. ساختار شبکه عصبی MLP سه لایه، در ارتباط با آشکارساز نوری چهارربعی.



شکل ۶. پاسخ و خطای شبکه عصبی RBF در مقایسه با خطای کلی آشکارساز نوری چهارربعی.

گسترش محدوده پاسخ آشکارساز با شبکه عصبی

در روش معمول، محدوده اندازه گیری مجاز یک آشکارساز چهارربعی برابر با قطر لکه نوری است. به عبارت دیگر اندازه گیری ها تا جایی اعتبار خواهند داشت که لکه نوری به مرز بین ربع های آشکارساز برسد. با ادامه حرکت لکه نوری هم پوشانی آن با دو ربع آشکارساز به کلی از بین رفته و تمام لکه نوری در دو ربع دیگر قرار می گیرد. در روش معمول پاسخ خروجی آشکارساز پس از عبور لکه نوری از بین ربع ها به جای زیاد شدن، کاهش می یابد و در نتیجه تناسب سیگنال خروجی با جابه جایی لکه نوری از بین می رود. این مطلب در نمودار شکل ۷ با جزئیات بیشتر قابل مشاهده است. طبق این نمودار پاسخ خروجی آشکارساز در محدوده (۵و۵-) اعتبار داشته و در خارج از این محدوده اعتبار خود را از دست می دهد. با استفاده از یک شبکه عصبی می توان به اندازه گیری های خارج از این محدوده نیز اعتبار بخشید و با این کار محدوده مجاز اندازه گیری را سه برابر افزایش داد. برای این کار از یک شبکه عصبی RBF استفاده شده است و برای آموزش دادن آن مجموع سیگنال های دو زوج از ربع های آشکارساز به عنوان ورودی و پاسخ خطی به عنوان خروجی مطلوب به شبکه اعمال شده است. پس از آموزش مناسب شبکه، پاسخ خروجی آن در مرحله آزمون مطابق با نمودار شکل ۷ به دست آمده است و مشاهده می شود که درست در محدوده ای سه برابر مقدار معمول، سیگنال آشکارساز با جابه جایی لکه تصویری متناسب است. این موضوع را می توان بدین صورت توجیه کرد که با خارج شدن لکه نوری از محدوده مجاز، مجموع سیگنال یکی از زوج ربع هایی که به عنوان ورودی آموزشی شبکه در نظر گرفته شده است، صفر شده و بنابراین شبکه می آموزد که در این محدوده سیگنال متفاوتی نسبت به محدوده مجاز ایجاد کند.



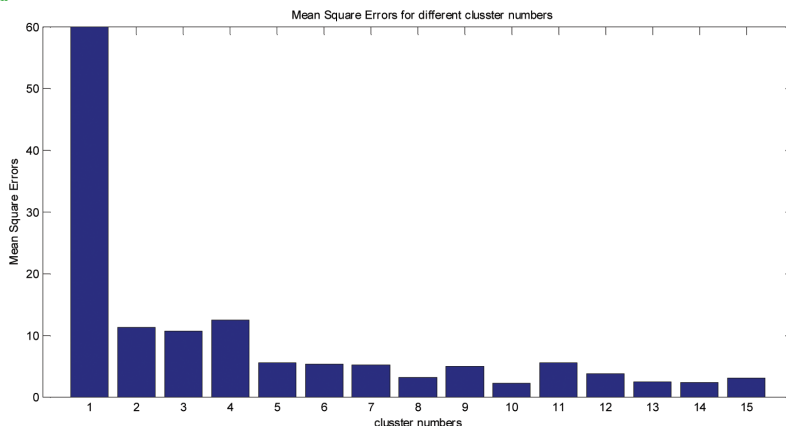
شکل ۷. افزایش محدوده پاسخ آشکارساز نوری چهارربعی به کمک شبکه عصبی RBF در مقایسه با پاسخ متداول آشکارساز.

نتایج

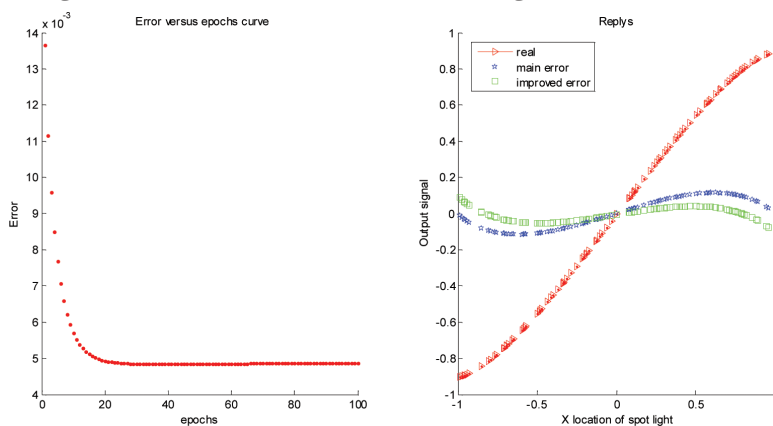
بررسی پاسخ های شبکه RBF شکل ۶ نشان می دهد که خطای خروجی شبکه نسبت به حالت معمول کاهش یافته است و به عبارت دیگر پاسخ نهایی خطی تری به دست آمده است. البته همان طور که از این شکل مشخص است محدوده ای که پاسخ خطی تر شده، به طور کامل و در تمام محدوده اندازه گیری توسعه نیافته است و هنوز در لبه های این محدوده خطا زیاد است. دلیل این موضوع نیز مربوط به خاصیت ذاتی شبکه های RBF است که فقط قادر به انجام درون یابی است و در برون یابی عملکردی ضعیف است. علاوه بر این، کمیت میانگین مربعات خطای خروجی نهایی به ازای تعداد طبقه بندهای متفاوت در لایه میانی شبکه RBF مورد ارزیابی قرار گرفته و همان طور که در شکل ۸ نیز قابل مشاهده است، این خطا برای ۱۰ طبقه بند در لایه میانی به کمترین مقدار خود می رسد. این خطا برای این تعداد طبقه بند برابر ۲/۲٪ است در حالی که این خطا به ازای خروجی ذاتی آشکارساز برابر ۸/۸٪ است.

بررسی پاسخ شبکه MLP مطابق با نمودار شکل ۹ نیز نشان می دهد که خطای خروجی شبکه نسبت به حالت معمول کاهش یافته است و به عبارت دیگر پاسخ نهایی خطی تری به دست آمده است، با این تفاوت که در این حالت محدوده ای که به ازای آن خطا کاهش یافته کوچک تر بوده؛ در حالی که میزان خطی بودن آن بیشتر است. اما هنوز در لبه ها خطا به نسبت زیاد است. در این شبکه نیز میانگین مربعات خطا به ازای تعداد متفاوتی از نرون ها در لایه میانی مورد ارزیابی قرار گرفته و همان طور که در شکل ۱۰ قابل مشاهده است، این خطا به ازای ۴ نرون در لایه میانی به کمترین مقدار خود یعنی ۳/۵٪ می رسد که در مقایسه با پاسخ شبکه عصبی RBF مقدار بزرگتری است.

در هر یک از دو شکل ۶ و ۹، نمودار سمت چپ خطای شبکه به ازای هر مرحله از آموزش شبکه را نشان می دهد. در یک مقایسه کلی می توان نتیجه گرفت که انتخاب شبکه عصبی RBF برای این کار مناسب تر بوده و باعث نزدیک تر شدن پاسخ نهایی به حالت ایده آل می شود.



شکل ۸. خطای شبکه عصبی RBF به ازای تعداد طبقه بندهای متفاوت در لایه میانی.

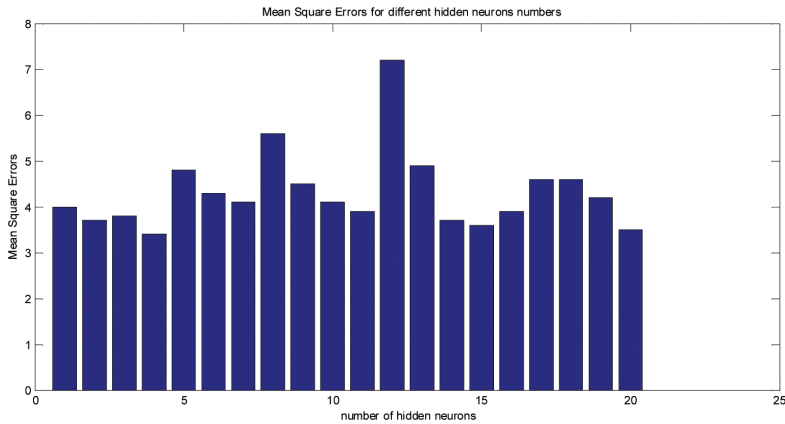


شکل ۹. پاسخ و خطای شبکه عصبی MLP در مقایسه با خطای کلی آشکارساز نوری چهارربعی.

نتیجه گیری

در این مقاله برای بهبود پاسخ خروجی آشکارسازهای چهارربعی به کار رفته در سامانه کنترلی و یا اندازه گیری، که از لکه نوری دایره ای استفاده می کنند و به طور ذاتی دارای پاسخی غیرخطی هستند، از شبکه های عصبی RBF و MLP استفاده شد. در این روش، چهار سیگنال جریانی مربوط به هر بخش از آشکارساز، به عنوان ورودی به شبکه عصبی مربوطه اعمال شده تا در نهایت شبکه دو سیگنال موقعیتی X و Y را در خروجی ایجاد کند. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص می شود که خاصیت خطی بودن خروجی در این حالت نسبت به روش معمول پردازش سیگنال های خروجی آشکارساز بهبود قابل ملاحظه ای داشته است. همچنین به کمک مقایسه نتایج می توان گفت که خطای مربوط به خطی سازی پاسخ آشکارساز، برای شبکه RBF مقدار کاهش بیشتری داشته و انتخاب این شبکه برای این کار مناسب تر است. همچنین به کمک یک شبکه عصبی RBF و آموزش مناسب آن، امکان گسترش محدوده اندازه گیری مجاز آشکارساز چهارربعی فراهم شده است که اندازه

این محدوده سه برابر حالت معمول شده و می توان آن را در هر دو راستای X و Y به طور مستقل مورد استفاده قرار داد.



شکل ۱۰. خطای شبکه عصبی MLP به ازای تعداد نرون های متفاوت در لایه پنهان میانی.

مراجع

- [1] A. Makynen and J. Kostamovaara, "A high-resolution lateral displacement sensing method using active illumination of a cooperative target and a focused four-quadrant PSD", IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol. 44, No. 1, PP. 461995 ,52-.
- [2] B. Fahimi, A. Emadi, and R. B. Sepe, "Four-quadrant position sensorless control in SRM drives over the entire speed range", IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 20, pp. 1542005 ,163-.
- [3] K. Bertilsson, E. Dubaric, G. Thungström, H.-E. Nilsson, and C.S. Petersson, "Simulation of a low atmospheric-noise modified four-quadrant position sensitive detector", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Vol. 466, pp. 1832001 ,187-.
- [4] C. Mattsson, K. Bertilsson, G. Thungström, and H.-E. Nilsson, "Manufacturing and characterization of a modified four-quadrant position sensitive detector for out-door applications", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Vol. 531, pp. 1342004 ,139-.
- [5] S. Iqbal, M.M.S. Gualini, and A. Asundi, "Measurement accuracy of lateral-effect position-sensitive devices in presence of stray illumination noise",

- Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 143, pp. 2862008 ,292-.
- [6] S. Olyae and A. Bidrang, “Analysis of the optimized low-nonlinearity lateral effect sensing detector”, Journal of Physics, Vol. 276, pp. 012140, 2011.
- [7] A. Makynen and J. Kostamovaara, “Displacement sensing resolution of position-sensitive detectors in atmospheric turbulence using reflected beam”, IEEE Transaction on Instrumentation And Measurement, Vol.46, No.5, PP.11331997 ,1136-.
- [8] Z. P. Barbaric, A. S. Marincic and L. M. Manojlovic, “Measurment error estimation of light spot position on a quadrant photodiode”, 16th Telecommunications Forum TELFOR, PP.452455-, November 252008 ,27-.
- [9] A. Makynen and J. Kostamovaara, “accuracy of lateral displacement sensing in atmospheric turbulence using a retroreflector and a position sensitive detector”, Optical Engineering, Vol. 36, No. 11, PP. 31191997 ,3126-.
- [10] L. Pedrosa, D. William de Lima Monterio, “Designing the response of an optical quad-cell as position-sensitive detector”, IEEE Sensors Journal, Vol. 10, No. 2, PP. 2862010 ,293-.
- [11] E. Akkal, “Control actuation systems and seeker units of an air-to-surface guided munition”, M.Sc. Thesis, The Middle East Technical University, 2003.
- [12] C.Mattsson, K. Bertilsson, G. Thungstrom, H.E. Nilsson, June 2004. “Manufacturing and characterization of a modified four quadrant position sensitive detector for out-door applications”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A. Vol. 531, pp. 134139-.
- [13] Y. Morikawa and K. Kawamura, “A small distortion two-dimensional position-sensitive detector (PSD) with on-chip MOSFET switches”, International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, pp. 723-1991 ,726.
- [14] S. Olyae and M. H. Karimi, “Simulation of Blind Source Separation in Four-Quadrant Position Sensing Detector using Neural Network”, 3rd Iranian Conference on Photonics Engineering, International Center for Science, High Technology & Environmental Sciences, (In Persian), pp. 23310-8 ,236-February 2011.
- [15] S. Mohammad Nejad and A. Salmanpour, “Design and simulation of laser tracking device using 4-Q detector”, 12th Iranian Optics and Photonics Conference, Shiraz University, Feb. 2005.