

تعیین زوایای پیش نشانه روی یک پرتابه جهت اصابت به هدف هوایی با استفاده از شبکه عصبی

نوع مقاله: پژوهشی

مصطفی صادقی^۱

محمد رضا عاروان^{۲*}

ناصر رهبر^۳

چکیده

زاویه مناسب پرتاب توپ‌های پدافند هوایی در میزان احتمال برخورد پرتابه به هدف هوایی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، در صورت برخورد پرتابه به هدف هوایی، در هزینه‌های دفاعی صرفه‌جویی شده و اجازه آسیب‌رسانی توسط دشمن داده نمی‌شود، به عبارت دیگر توانایی اصابت به هدف به طور عمده به دلیل کاهش هزینه برای سامانه‌های مدرن توپ‌های هوایی ضروری است. هدف از تعیین زوایای پیش نشانه‌روی یک پرتابه عبارت است از جهت‌دهی اولیه یک سیستم شلیک گلوله به منظور اصابت گلوله پرتاب‌شده به هدف مورد نظر که در مسائل کنترل آتش به آن پرداخته می‌شود بدین صورت که اطلاعات مورد نیاز به سیستم کنترل آتش داده می‌شود و سیستم پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات مناسب‌ترین زاویه را انتخاب می‌کند و پرتابه را به سمت هدف شلیک می‌کند. در این پژوهش به دنبال راهکاری برای تعیین زوایای پیش نشانه‌روی سمت و فراز یک پرتابه برای اصابت به هدف هوایی یا به عبارتی کنترل آتش جهت اصابت توپ پدافند هوایی به هدف هستیم تا ضمن کاهش هزینه‌های دفاعی از آسیب‌های بیشتر توسط دشمن جلوگیری شود. در این راستا ابتدا به بررسی مسئله در حالت دوبعدی پرداخته سپس مسئله را در سه بعد در نظر گرفته می‌شود، به منظور محاسبه مناسب‌ترین زاویه در سریع‌ترین زمان از شبکه عصبی MLP در این پژوهش استفاده خواهد شد.

واژه‌های کلیدی:

تعیین زوایای پیش نشانه‌روی، توپ پدافند هوایی، کنترل آتش، شبکه عصبی.

^۱ دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

^۲ استاد تمام، مهندسی برق کنترل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

^۳ دانشیار، مهندسی برق کنترل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: Email: arvan@mut.ac.ir



مقدمه

زاویه مناسب پرتاب توپ‌های پدافند هوایی در میزان احتمال برخورد پرتابه به هدف هوایی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، در صورت برخورد پرتابه به هدف هوایی، در هزینه‌های دفاعی صرفه‌جویی شده و اجازه آسیب‌رسانی توسط دشمن داده نمی‌شود، به عبارت دیگر توانایی اصابت به هدف به‌طور عمده به دلیل کاهش هزینه‌های سامانه‌های مدرن توپ‌های هوایی ضروری است. در این پژوهش به دنبال راهکاری برای تعیین زوایای پیش‌نشانه‌روی سمت و فراز یک پرتابه برای اصابت به هدف هوایی یا به عبارتی کنترل آتش جهت اصابت توپ پدافند هوایی به هدف هستیم تا ضمن کاهش هزینه‌های دفاعی از آسیب‌های بیشتر توسط دشمن جلوگیری شود.

هدف از سیستم کنترل آتش در یک جنگ‌افزار عبارت است از جهت‌دهی اولیه و تعیین زاویه پرتاب یک سیستم شلیک گلوله، اطلاعات قابل‌ارائه به سیستم کنترل آتش به‌طور کلی، علائم راداری هدف، موقعیت خود جنگ‌افزار و داده‌های بالستیک پرتابه است. سیستم کنترل آتش با پردازش بهینه اطلاعات فوق و پیش‌بینی مسیر آینده هدف [۱]، پارامترهای نشانه‌روی توپ را محاسبه می‌کند، پیش‌بینی مسیر آینده هدف با استفاده از شبکه عصبی قابل انجام است.

تمامی مسائل کنترل آتش شاخه‌هایی از یک حالت کلی می‌باشند: شلیک یک گلوله از یک جنگ‌افزار، به‌طوری که گلوله شلیک‌شده به یک هدف از پیش تعیین‌شده اصابت کند، کنترل آتش دانشی است که به کمک آن جهت‌گیری یک جنگ‌افزار از خط دید آن به‌سوی هدف، طوری تغییر داده شود تا اصابت به هدف حاصل شود. میزان تغییر این زاویه یعنی زاویه خط دید در لحظه شلیک و امتداد محور جنگ‌افزار زاویه پیش‌بینی نامیده می‌شود. این زاویه حاصل پیش‌بینی سیستم کنترل آتش برای بهترین حل با استفاده از داده‌های موجود است. کنترل آتش با قبل یا حین شلیک سروکار دارد و کنترل پرتابه حین پرواز را شامل نمی‌شود [۲].

در مسئله کنترل آتش، هدف کنترل زاویه شلیک جنگ‌افزار در حین شلیک گلوله است و پس از شلیک هیچ‌گونه تصحیحی روی مسیر گلوله برای اصابت آن به هدف صورت نمی‌گیرد. در واقع پس از شلیک نیاز به ارتباط بین گلوله و پایگاه نیست. بنابراین برخلاف بسیاری از مسائل کنترل، عملیات کنترل آتش به‌صورت حلقه باز صورت می‌گیرد و هیچ‌گونه فیدبکی از موقعیت گلوله بعد از شلیک آن در نظر گرفته نمی‌شود.

کنترل آتش طی مراحل طی که در ادامه آمده است انجام می‌شود:

(الف) جمع‌آوری داده مناسب

(ب) محاسبه مؤلفه‌های سمت و فراز اولیه موردنیاز برای گلوله به‌منظور اصابت به هدف

(ج) اعمال این مؤلفه‌ها به ساز و کار کنترل آتش تا جنگ‌افزار به‌طور صحیح نشانه‌روی شود.

عملیات و تصمیم‌گیری در مورد پرتاب بر عهده واحدی به نام MFCD⁴ است. در واقع MFCD اطلاعات موردنیاز مانند اطلاعات هدف و پارامترهای جوی را از رادار دریافت کرده و بر آن اساس موشک را شلیک می‌کند [۳].

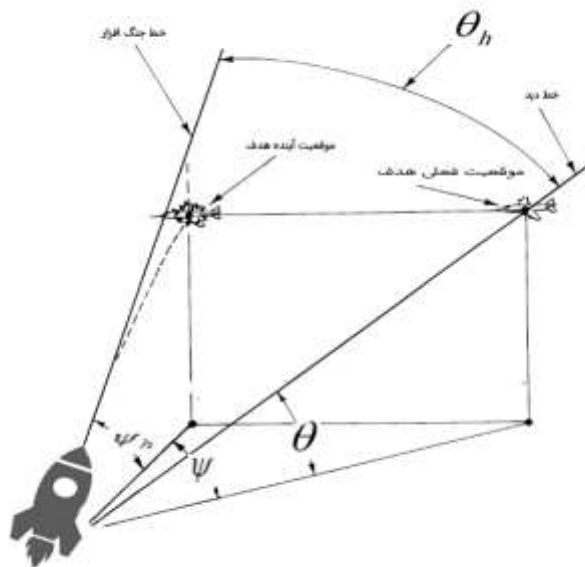
از MFCD از واحدهای مختلفی تشکیل شده است، بخشی از آن رایانه اصلی نام دارد که بنا بر اطلاعات دریافتی از موقعیت و حرکت هدف، چهار پارامتر گردش، پیچش، چرخش و زمان پرواز که در موشک تنظیم می‌شود را محاسبه می‌کند. در مسائل دفاعی عبارات کنترل آتش جنگ‌افزار و کنترل جنگ‌افزار به‌طور قابل‌معاوضه با عبارت کنترل آتش به کار می‌روند.

مبانی نظری

هندسه مسئله کنترل آتش

شکل پایه هندسه کنترل آتش مستقیم را نشان می‌دهد، زاویه پیش نشانه روی طبق دو عامل زیر به دست می‌آید:

- حرکت هدف نسبت به پرتابه
- بالستیک بیرونی هدف بعد از شلیک پرتابه



شکل (۱) هندسه مسئله کنترل آتش

⁴ Missile Fire Control Director

هدف نظریه کنترل آتش یافتن زاویه پیش نشانه‌رویی (زاویه بین خط پرتابه و خط دید) است. زاویه پیش نشانه‌رویی برای دو بخش زاویه سمت و فراز تعریف می‌شود.

اهداف و دستاوردها

در این پایان‌نامه زوایای پیش نشانه‌رویی در حالت‌های دو بعدی و سه بعدی محاسبه می‌شوند، از آنجا که زاویه پیش نشانه‌رویی به صورت صریح به دست نمی‌آید برای تعیین زاویه پیش نشانه‌رویی از روش حل عددی استفاده می‌کنیم. برای محاسبه زاویه پیش نشانه‌رویی از روش حل عددی برای محاسبات تعداد بالاتر زمان زیادی صرف می‌شود به همین جهت برای تسریع در روند محاسبات با استفاده از شبکه عصبی که طراحی می‌شود مدت زمان محاسبه زاویه پیش نشانه‌رویی به نسبت قابل قبولی که در ادامه بیان می‌شود کاهش می‌یابد.

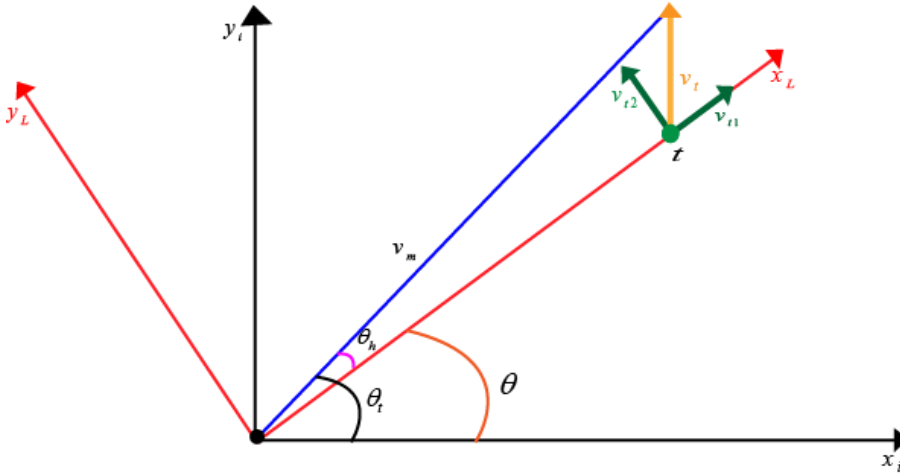
۳- مرور ادبیات و سابقه تحقیق

فعالیت‌های مختلفی طی سالیان گذشته در زمینه کنترل آتش انجام شده است که بخشی از آن‌ها به شرح ادامه است. برخی از محققان از روش‌های کنترل بهینه برای تدوین قوانین هدایت برای حرکت‌شناسی خطی استفاده کرده‌اند با استفاده از نظریه کنترل بهینه یک الگوریتم هدایت تعمیم‌یافته جهت اصلاح زاویه پرتابه مشخص شده است. در برآورد زاویه رول پرتابه با استفاده از مغناطیس‌سنج برای اصلاح مسیر حرکت پرتابه انجام شده است. در مطالعه دیگر راهنمای پیش‌بینی یک پرتابه برای ره‌گیری هدف مورد بررسی قرار گرفته است، راه‌حل تحلیلی از راهنمایی بهینه‌سازی مسیر در طراحی قانون هدایت منطق فازی در برابر هدف با سرعت بالا بررسی شده است. بر اساس مدل ARMAX، یک راه ساده برای آزمودن دقت با خطاهای باقیمانده و صفرها و قطب‌های سیستم کنترل آتش آورده شده است. در [۴] از الگوریتم پس انتشار خطا به منظور اصلاح فاصله بین هدف و پرتابه برای بخش هدایت استفاده شده است.

تعیین زوایای پیش نشانه‌رویی پرتابه در حالت دوبعدی

جهت بهبود کیفیت در بیان مطالب نام متغیرهای مورد استفاده در ادامه را بدین صورت در نظر گرفته می‌شود که t مربوط به هدف است، m مربوط به پرتابه است، زاویه پیش نشانه‌رویی را با θ_i نمایش می‌دهیم.

مختصات دستگاه مرجع را محل پرتابه در لحظه صفر در نظر می‌گیریم (x_i و y_i)، زاویه θ_i را زاویه پرتاب نسبت به سطح افق در نظر گرفته می‌شود و زاویه θ را زاویه بین بردار خط دید و سطح افق در نظر می‌گیریم، دستگاه مختصات خط دید را دوران یافته دستگاه مختصات به اندازه زاویه θ در نظر می‌گیریم (x_L و y_L). اطلاعات بیان شده را در شکل مشاهده می‌کنیم.



شکل (۲) مشخصات اطلاعات مسئله کنترل آتش

فرضیات ادامه را در جهت بیان صریح تر روابط در نظر می گیریم:

- منظور از پرتابه توپ پدافند هوایی است که بر روی سکوی ثابت قرار دارد.
 - فاصله پرتابه تا هدف، زاویه دید نسبت به افق و نرخ چرخش خط دید قابل اندازه گیری است.
 - پرتابه و هدف به صورت جرم نقطه ای فرض می شوند.
 - از زمان تاخیر اعمال زوایا به سکوی توپ صرف نظر می شود.
 - فاصله قابل قبول پرتابه تا هدف به منظور اصابت کمتر از یک متر در نظر گرفته می شود.
- در این بخش صورت مسئله را بدین صورت در نظر گرفته می شود که هدف دارای سرعت ثابت در ارتفاع ثابت در حال حرکت است و ما قصد تعیین زوایای یک پرتابه با وجود مقاومت هوا را داریم به نحوی که به هدف برخورد کند، ابتدا روابط مربوطه را بیان می کنیم سپس در ادامه از طریق شبیه سازی صحت روابط به دست آمده را با مقایسه با بخش قبل اثبات می کنیم.

فرض می گیریم که فاصله تا هدف یعنی r و زاویه بردار خط دید نسبت به سطح افق یعنی θ را اندازه گیری کرده و جز معلومات مسئله در اختیار داریم، پس برای مختصات افقی و عمودی هدف داریم:

$$x_t = r \times \cos(\theta) \quad (1)$$

$$y_t = h = r \times \sin(\theta) \quad (2)$$

با در نظر گرفتن مقاومت هوا روابط ادامه را داریم، که m بیانگر جرم پرتابه و F_g معادل نیروی وارد بر پرتابه است.

$$F_g = mg \quad (۰۳)$$

نیروی مقاومت هوا را به صورت ادامه به دست می‌آید که k ضریب مقاومت هوا و v سرعت پرتابه است.

$$F_d = kv^2 \quad (۴)$$

نیروی مقاومت هوا را به دو راستا تجزیه می‌کنیم که رابطه نیروی مقاومت هوا در راستای افق در ادامه قابل مشاهده است.

$$F_{dx} = F_d \cos(\theta) \quad (۰۵)$$

نیروی مقاومت هوا در راستای عمود را به صورت ادامه در نظر می‌گیریم.

$$F_{dy} = F_d \sin(\theta) \quad (۰۶)$$

با ساده‌سازی روابط به رابطه زیر برای بیان شتاب می‌رسیم.

$$F_{dy} = F_d \sin(\theta) \quad (۰۷)$$

بدین ترتیب جهت شتاب در راستای y رابطه ادامه را داریم.

$$a_y = -\frac{kv_y v}{m} - g \quad (۰۸)$$

در نتیجه برای موقعیت پرتابه در راستای افق رابطه ادامه را داریم.

$$x_p = -\frac{1}{2}a_x t^2 + v_{px} t \quad (۰۹)$$

برای مؤلفه افق مکان هدف نیز رابطه ادامه را داریم.

$$x_t = -v_t t + r \times \cos(\theta) \quad (۱۰)$$

رابطه مؤلفه عمودی پرتابه در ادامه آورده شده است که باید با مقدار مؤلفه عمودی هدف که یک مقدار ثابت است برابر قرار گیرد.

$$y_p = -\frac{1}{2}a_y t^2 + v_{py} t \quad (۰۱۱)$$

$$y_t = h \quad (۰۱۲)$$

از برابر قرار دادن مؤلفه افقی و عمودی پرتابه و هدف زمان برخورد، از آنجا که محاسبه زاویه پرتاب (θ_t) به صورت تحلیلی امکان‌پذیر نیست برای به دست آوردن زاویه پرتاب از روش عددی استفاده می‌کنیم و زاویه پرتابه نسبت به سطح افق را از طریق نرم‌افزار Matlab به دست

می‌آوریم، پس از به دست آوردن زاویه پرتاب نسبت به سطح افق، زاویه پیش نشانه روی را به صورت ادامه محاسبه می‌کنیم.

$$\theta_h = \theta_t - a \tan\left(\frac{y_{0t}}{x_{0t}}\right) \quad (0.13)$$

تعیین زوایای پیش نشانه روی یک پرتابه جهت اصابت به هدف هوایی در حالت سه بعدی در این بخش حرکت هدف را به نحوی در نظر گرفته می‌شود که در راستای هر سه محور مختصات دارای مختصات متغیر با زمان است، بدین ترتیب معادلات حرکت هدف به شکل ادامه به دست می‌آید.

$$x(t) = -v_t \cos(\theta) \cos(\psi)t + x_{0t} \quad (0.14)$$

$$z(t) = -v_t \cos(\theta) \sin(\psi)t + y_{0t} \quad (15)$$

$$y(t) = -0.5gt^2 - v_t \sin(\theta)t + z_{0t} \quad (16)$$

که در این اندازه‌گیری مقادیر زوایای سمت و فراز پرتابه را داریم با نوشتن معادلات حرکت پرتابه و برابر قرار دادن مختصات زوایای سمت و فراز پرتابه را محاسبه می‌کنیم. معادلات حرکت پرتابه مطابق ادامه است که مقادیر θ و ψ به ترتیب برابر زوایای فراز و سمت مربوط به پرتابه است.

$$x(m) = v_m \times \cos(\theta) \times \cos(\psi) \times t \quad (17)$$

$$y(m) = -0.5gt^2 + v_m \sin(\theta) \times t \quad (18)$$

$$z(m) = v_m \times \cos(\theta) \times \sin(\psi) \times t \quad (19)$$

شبکه عصبی مصنوعی برای محاسبه زاویه پیش نشانه روی

پرسپترون چند لایه (MLP⁵)

دسته‌ای از شبکه‌های عصبی مصنوعی پیشخور است. یک MLP شامل حداقل سه لایه گره است: یک لایه ورودی، یک لایه پنهان و یک لایه خروجی. به جز گره‌های ورودی، هر گره یک نورون است که از یک تابع فعال‌سازی غیرخطی استفاده می‌کند. MLP از تکنیک یادگیری نظارت شده به نام بازپرداخت برای آموزش استفاده می‌کند. لایه‌های متعدد آن و فعال‌سازی غیرخطی

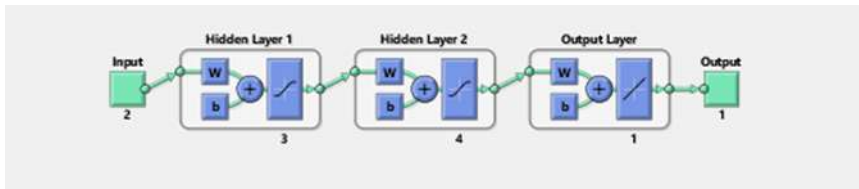
⁵ Multilayer perceptron

آن MLP را از یک پرسپترون خطی متمایز می‌کند. در واقع می‌تواند داده‌هایی را متمایز کند که به صورت خطی قابل تفکیک نیستند.

طراحی و پیاده‌سازی شبکه عصبی در حالت دوبعدی

برای پیاده‌سازی شبکه عصبی استفاده شده در این گزارش از شبکه عصبی MLP استفاده شده است که ساختاری به صورت شکل ادامه دارد. شبکه عصبی طراحی شده دو لایه میانی دارد که لایه اول ما دارای ۳ نورون و لایه میانی دوم دارای ۴ نورون است، لایه خروجی نیز به اندازه تعداد خروجی‌های ما یعنی یک خروجی، یک نورون دارد.

داده‌های آموزش را ۷۰ درصد کل داده‌ها، داده‌های اعتبار سنجی ۱۵ درصد و داده‌های آموزش ۱۵ درصد کل داده‌ها در نظر می‌گیریم.



شکل (۴) شبکه عصبی در نظر گرفته شده برای این بخش

بیان مسئله

در این بخش هدف این است که با توجه به شبیه‌سازی‌های انجام شده برای حالت کلی که در مسئله هم شتاب جاذبه و هم نیروی مقاومت هوا وجود دارد، شبکه عصبی مربوطه را طراحی کنیم و عملکرد این شبکه را با روش حل عددی مقایسه کنیم، توضیحات شبکه عصبی طراحی شده را در این بخش بیان می‌کنیم.

تولید داده‌های مسئله

مقدار x_t و y_t و v_t را در یک آرایه به تعداد نمونه‌های مدنظر برای شبیه‌سازی (در این بخش ۸۴۶۴) به صورتی در نظر گرفته می‌شود که سطر اول مقادیر r و سطر دوم مقادیر θ و سطر سوم مقادیر $\dot{\theta}$ قرار گیرند به صورت ادامه:

r : فاصله پرتابه تا هدف

θ : زاویه خط دید تا سطح افق

$\dot{\theta}$: نرخ چرخش خط دید

$$\text{input} = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 & \dots \\ \theta_1 & \theta_2 & \theta_3 & \dots \\ \dot{\theta}_1 & \dot{\theta}_2 & \dot{\theta}_3 & \dots \end{bmatrix} \quad (0-1)$$

با استفاده از شبیه‌سازی که جهت محاسبه زاویه پیش نشانه‌روی کرده بودیم به ازای هر ستون آرایه‌ی input زاویه پیش نشانه‌روی را محاسبه می‌کنیم که در این گزارش به‌عنوان target بیان می‌کنیم، بدین ترتیب داده‌های ورودی و خروجی شبکه عصبی را ایجاد کردیم.

ورودی: آرایه شامل r و θ و $\dot{\theta}$

خروجی: زاویه پیش نشانه‌روی با عنوان target

برای تحلیل و بررسی شبیه‌سازی انجام شده از یک سری ویژگی‌ها استفاده می‌کنیم که در ادامه شرح داده شده‌اند.

ضریب همبستگی^۶: منظور از ضریب همبستگی بین دو متغیر، قابلیت پیش‌بینی مقدار یکی بر حسب دیگری است. در این بخش ضریب همبستگی بین زوایای حاصل از شبکه عصبی که در این گزارش output بیان می‌کنیم و زوایای مطلوب حاصل از محاسبات را که target بیان می‌کنیم را محاسبه می‌کنیم که انتظار داریم در صورت کارکرد صحیح شبکه عصبی مقداری برابر یک داشته باشیم. رابطه ضریب همبستگی بین دو متغیر در ادامه آمده است.

$$\rho(X, Y) = \text{corr}(X, Y) = \frac{E[(X - E(x))(Y - E(Y))]}{[V(X)V(Y)]^{1/2}} \quad (20)$$

که $E(X)$ و $E(Y)$ امید ریاضی متغیرهای X و Y هستند و $V(X)$ و $V(Y)$ واریانس دو متغیر هستند

میانگین مربعات خطا^۷: در این بخش میانگین مربعات خطا میان target و output را محاسبه می‌کنیم که انتظار داریم در صورت کارکرد صحیح شبکه عصبی مقداری نزدیک صفر داشته باشیم. رابطه آن به‌صورت ادامه است.

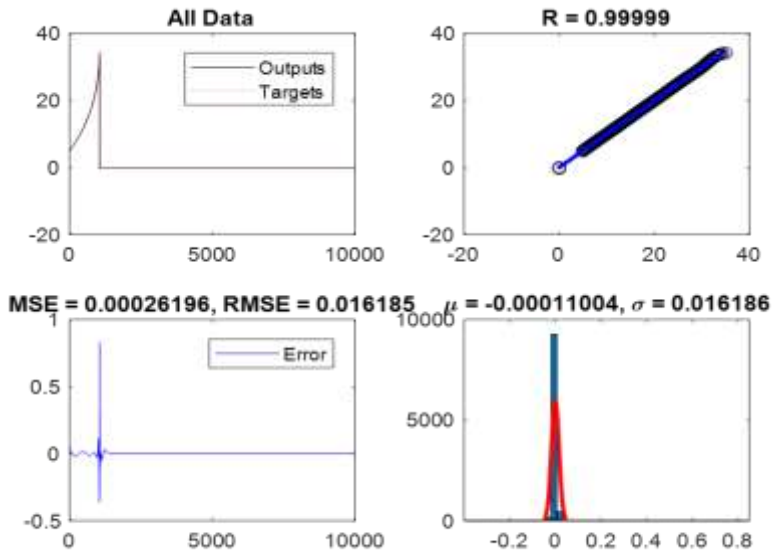
$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (21)$$

هیستوگرام خطا: نمودار هیستوگرام خطا را رسم می‌کنیم که انتظار داریم مقادیری با میانگین صفر و توزیع نرمال داشته باشند.

⁶ Correlation effect

⁷ Mean Square Error

تحلیل شبکه عصبی طراحی شده



شکل (۵) جزئیات شبکه عصبی طراحی شده

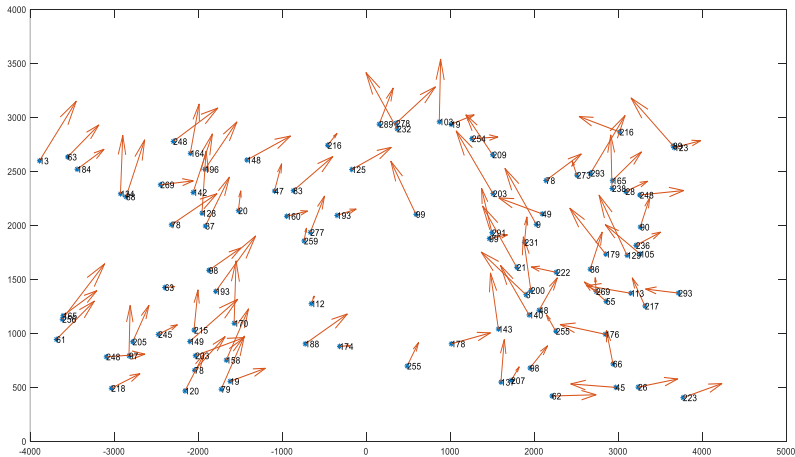
با توجه به ضریب همبستگی و MSE و همچنین هیستوگرام خطای نشان داده شده، به مناسب ترین شبکه عصبی که عملکردی بسیار نزدیک به مدل ما دارد رسیدیم. می توانیم علت انتخاب دو لایه پنهان با تعداد ۲ و ۳ نورون را در جدول ادامه مشاهده کنیم. جدول (۱) بررسی ضریب همبستگی با توجه به لایه های مختلف

ردیف	لایه پنهان	تعداد نورون	ضریب همبستگی
۱	۱	۴	۰.۶۵
۲	۱	۵	۰.۶۷
۳	۱	۱۰	۰.۷۶۴
۴	۱	۱۵	۰.۷۷۷
۵	۲	(۲,۲)	۰.۹۳
۶	۲	(۳,۲)	۰.۹۹

ردیف	لایه پنهان	تعداد نورون	ضریب همبستگی
۷	۲	(۵,۵)	۰.۹۸۹۵

ایجاد داده های تصادفی ارزیابی

برای ایجاد داده های ارزیابی ۱۰۰۰ نقطه به صورت تصادفی که دارای سرعت تصادفی نیز هستند انتخاب می کنیم، نمونه ۱۰۰ تایی از داده های ایجاد شده را در شکل ادامه مشاهده می کنیم.



شکل (۶) ارزیابی داده ها

داده های تصادفی

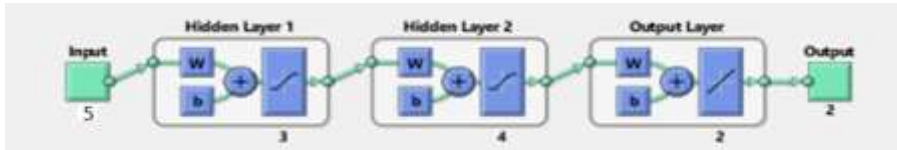
مشاهده می کنیم که بیشترین فاصله داده های ارزیابی از هدف در لحظه برخورد برابر ۰.۹۸ متر و میانگین این فواصل مقداری برابر ۰.۳۵ متر دارد.

طراحی و پیاده سازی شبکه عصبی در حالت سه بعدی

تولید داده های مسئله

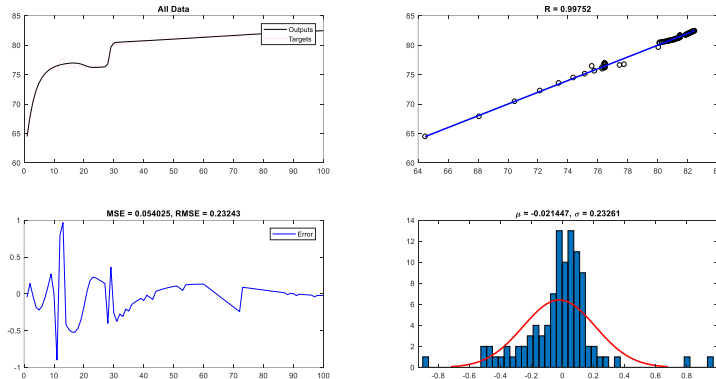
برای بخش شبکه عصبی سه بعدی ورودی هایی شامل r و θ و $\dot{\theta}$ و ψ و $\dot{\psi}$ در نظر گرفته می شود و خروجی را دو زاویه پیش نشانه روی فراز و سمت در نظر می گیریم. طبق شبکه عصبی که از بخش قبل به دست آوردیم در حالت سه بعدی نیز از آن استفاده می کنیم.

به ازای ۱۶۵۰۲ داده ورودی شبکه عصبی را آموزش می دهیم، شبکه عصبی در این بخش ساختاری مشابه دارد.



شکل (۷) شبکه عصبی در حالت سه بعدی

پس از طراحی شبکه عصبی، داده‌هایی که شبکه توسط آن آموزش دیده را به شبکه می‌دهیم و خروجی محاسبه شده توسط شبکه عصبی برای زوایای سمت در ادامه آمده است.



شکل (۸)

پس از ایجاد و بررسی داده‌های ارزیابی میزان فاصله پرتابه تا هدف در بخش سه بعدی در تصویر ادامه آمده است.

که بیشترین فاصله پرتابه تا هدف برابر ۰.۹۸۳ متر و میانگین فواصل داده‌ها مقداری برابر ۰.۵۱ متر دارد. برای هر دو زاویه پیش نشانه‌روی فراز و سمت مشاهده می‌کنیم که طبق ویژگی‌های تحلیلی شبکه عصبی به خوبی عمل کرده است و یک نداشت خوبی از ورودی به خروجی برقرار کرده است.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

در این پژوهش هدف حل مسئله کنترل آتش با استفاده از شبکه عصبی بود، مشاهده کردیم که ما در مسئله کنترل آتش در تعدادی از بخش‌ها نمیتوانستیم به صورت مستقیم و صریح زاویه پیش نشانه روی را محاسبه کنیم، از این رو برای بدست آوردن زاویه پیش نشانه روی از روش حل عددی استفاده کردیم، در ادامه بررسی کردیم که اگر ما در حین تعیین زاویه نیاز باشد که به تعداد بالا نمونه برداری کنیم به ناچار باید زمان زیادی را صرف کنیم، برای حل این موضوع روی به حل مسئله با استفاده از شبکه عصبی آوردیم، پس از پیاده سازی شبکه عصبی طراحی

شده مشاهده کردیم که زمان محاسبات به طرز قابل توجهی کاهش یافت که اهمیت فعالیت این پژوهش را نشان می دهد.

در فصل اول به مقدمه و فعالیت های انجام شده در این زمینه پرداختیم، تاریخچه ای از مسئله بیان کردیم، کلیات و هدف این پژوهش را بیان کردیم، در ادامه و در فصل دو به حل مسئله در حالت دو بعدی پرداختیم به این صورت که مسئله را از حالت ساده مورد بررسی قرار دادیم تا به حالت های پیچیده تر رسیدیم و زاویه پیش نشانه روی را با استفاده از روش حل عددی به دست آوردیم، با استفاده از زاویه پیش نشانه روی محاسبه شده مسیر حرکت پرتابه و هدف را شبیه سازی کردیم و مشاهده کردیم که تقریباً زاویه را به صورت دقیق به دست آورده ایم.

پیشنهادها

در ادامه این فعالیت پژوهشی می توان مطالب ادامه را در راستای پژوهش در نظر گرفت:

- استفاده از هوش مصنوعی جهت تعیین زوایای پیش نشانه روی یک پرتابه جهت اصابت به هدف هوایی.
- شبیه سازی و استفاده از فیوزهای زمانی جهت تعیین زمان انفجار توپ در نزدیک ترین فاصله نسبت به هدف.
- تعیین یک عدد بی بعد مانند عدد ماخ جهت محاسبه زاویه پیش نشانه روی و محاسبات سریع تر شبکه عصبی.

منابع

- [2] خدادادی، ن.، کنترل آتش توپ ضد هوایی ناو. دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۵.
- [14] رهبر، ن.، به کارگیری شبکه های عصبی مصنوعی در تحلیل عملکرد بالستیک داخلی موتور راکت های سوخت جامد. ۲۰۱۳.
- [1] Zarchan, P., *Tactical and strategic missile guidance*. 2012: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.
- [3] Blakelock, J.H., *Automatic control of aircraft and missiles*. 1: ۹۹۱ John Wiley & Sons.
- [4] Lee, Y.W., *Neural solution to the target intercept problems in a gun fire control system*. Neurocomputing, 2007. 70(4-6): p. 689-696.
- [5] Elnashar, G.A., *A mathematical model derivation of general fire control problem and solution scenario*. Int. J. Model. Identif. Control., 2013. 20: p. 223-233.

- [6] Weiss, I.M. and R. Cross, *SHIP MOTION EFFECTS ON GUN FIRE CONTROL SYSTEM DESIGN*. Naval Engineers Journal, 1979. 91: p. 75-80.
- [7] Zhu, K., et al. *GeniusRoute: A new analog routing paradigm using generative neural network guidance*. in *2019 IEEE/ACM International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD)*. 2019. IEEE.
- [8] Lee, H., et al., *Missile guidance using neural networks*. Control Engineering Practice, 1997. 5(6): p. 753-762.
- [9] Wang ,C.-H. and K.-N. Hung, *Intelligent Adaptive Law for Missile Guidance Using Fuzzy Neural Networks*. International Journal of Fuzzy Systems, 2013. 15.(۲)
- [10] Zhao, B., et al., *Integrated strapdown missile guidance and control based on neural network disturbance observer*. Aerospace Science and Technology, 2019. 84: p. 170-181.
- [11] Li, Z., et al., *Missile guidance law based on robust model predictive control using neural-network optimization*. IEEE transactions on neural networks and learning systems, 2014. 26 : (۸) p. 1803-1809.
- [12] Zhang, K., G. Wan, and X. Xi, *Enhanced Loran skywave delay estimation based on artificial neural network in low SNR environment*. IET Radar, Sonar & Navigation, 2020. 14(1): p. 127-132.
- [13] Walczak, S., *Artificial neural networks*, in *Advanced methodologies and technologies in artificial intelligence, computer simulation, and human-computer interaction*. 2019, IGI global. p. 40-53.
- [15] Roh, M.-S., B.-S.J.I.J.o.P.E. Kang, and Manufacturing, *Dynamic accuracy improvement of a MEMS AHRS for small UAVs*. 2018. 19(10): p. 1457-1466.
- [16] Yoo, T.S., et al., *Gain-scheduled complementary filter design for a MEMS based attitude and heading reference system*. 2011. 11(4): p. 3816-3830.
- [17] Li, W. and J.J.T.J.o.N. Wang, *Effective adaptive Kalman filter for MEMS-IMU/magnetometers integrated attitude and heading reference systems*. 2013. 66(1): p. 99-113.