





دانشکده برق و رباتیک

گروه الکترونیک

بررسی و شبیه سازی سیستم کنترل آتش توپ ۷۶ میلیمتری دریایی

دانشجو : حمیدرضا وفایی

استاد راهنما :

دکتر امیدرضا معروضی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار :

آذرماه نود و سه

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده برق و رباتیک

گروه الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حمیدرضا وفایی

تحت عنوان:

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد  
مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :



## تعهد نامه

اینجانب حمیدرضا وفایی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته الکترونیک دیجیتال دانشکده برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی و شبیه سازی سیستم فایر کنترل توپ ۷۶ میلیمتری دریایی تحت راهنمایی آقای دکتر امیدرضا معروضی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
  - در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
  - مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
  - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
  - حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
  - در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

\* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی،

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است .

به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهِشان به شجاعت می گراید.

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم .

دانشمند اندیشمند ، استاد برجسته جناب آقای دکتر امیدرضا معروضی

بسی شایسته است از تلاش های مداوم و کوشش های مستمر حضرت عالی در اشاعه ی تعلیم و تربیت و بسط و توسعه ی علم و دانش و نیز از کارگشایی ثمربخش شما به عنوان استاد راهنمای این پایان نامه در کمال امتنان و افتخار تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین بر خود واجب می دانم از زحمات بی دریغ دو تن از سرافرازان نیروی دریایی ارتش جمهوری اسلامی ایران ، امیر دریادار دوم عرشه و ستاد افشین رضائی حداد و ناخدا یکم عرشه مسعود حسن پور خالصانه قدردانی نمایم چرا که بدون حمایت های بی دریغ و بی شائبه ایشان هرگونه پیشرفتی در این پایان نامه بی شک غیر ممکن بود.

## چکیده

یکی از بزرگترین نعمت‌های موجود در هر کشوری امنیت است. لذا تجهیز نیروهای نظامی هر کشوری لازم و ضروری است. در کشور ما نیروی دریایی بعنوان نیروی پیشرو در نبرد بسیار حائز اهمیت است. توپ ۷۶ میلیمتری دریایی یکی از پیشرفته‌ترین توپ‌های جنگی دریایی است که در اکثر شناورهای سطحی نیروی دریایی ارتش جمهوری اسلامی ایران کاربرد فراوان دارد. این سلاح در زمان جنگ به صورت خودکار هدف را رهگیری و پس از حل مسئله تیر، اقدام به تیراندازی هدفمند می نماید. یکی از گام‌هایی که در راستای ارتقای سطح تجهیزات نظامی می توان برداشت، موضوع پژوهش حاضر در این پایان‌نامه می باشد. در این پایان‌نامه به بررسی و شبیه سازی حل مسئله تیر در توپ ۷۶ میلیمتری با استفاده از روش متداول و روش نوین دیگر با استفاده از شبکه های عصبی چند لایه پرسپترون از طریق نمونه برداری در یکی از شناورهای سطحی نیروی دریایی می پردازیم. در ضمن بدلیل مشکلات فراوان موجود در فرآیند آموزش سیستم کنترل آتش توپ ۷۶ میلیمتری دریایی به کاربران، شبیه ساز سیستم کنترل آتش این سلاح کاربرد زیادی در تسهیل امر آموزش خواهد داشت. به همین دلیل توسعه سیستم شبیه سازی سیستم کنترل آتش توپ ۷۶ میلیمتری یکی دیگر از اهداف این پایان‌نامه می باشد.

واژه های کلیدی: کنترل آتش، ارتقای تجهیزات، رهگیری هدف، مسئله تیر، شبکه های عصبی





## فهرست مطالب

فصل ۱	مقدمه	۱
مقدمه		۲
۱.۱	تاریخچه	۲
۲.۱	ضرورت انجام پروژه	۳
۳.۱	بلوک دیاگرام شبیه‌ساز سیستم کنترل آتش توپ ۷۶ میلیمتری	۵
۴.۱	پارامترهای موثر	۷
۵.۱	اهداف پایان‌نامه	۹
۶.۱	ساختار پایان‌نامه	۹
فصل ۲	رابط گرافیکی کاربر	۱۱
مقدمه		۱۲
۱.۲	اجزای صفحه اصلی برنامه	۱۲
۱.۱.۲	اطلاعات حسگرها	۱۳
۲.۱.۲	Control Panel	۱۳
۳.۱.۲	محدوده رادار	۱۳
۴.۱.۲	لوله سلاح	۱۴
۵.۱.۲	مکان‌نمای ماوس	۱۴
۶.۱.۲	مکان‌نمای سلاح	۱۵

۱۵.....	۷.۱.۲ ناحیه کور.
۱۵.....	۸.۱.۲ راه واحد.....
۱۶.....	۹.۱.۲ برد سلاح.....
۱۶.....	۲.۲ اطلاعات حس گرها.....
۱۷.....	۱.۲.۲ Pitch و Roll ..
۱۷.....	۲.۲.۲ Wind Speed و Wind Dir ..
۱۷.....	۳.۲.۲ Pressure و Temp ..
۱۷.....	۴.۲.۲ Speed ..
۱۸.....	۵.۲.۲ Head ..
۱۸.....	۲,۳ Control Panel ..
۱۹.....	۱.۳.۲ Target Info ..
۲۱.....	۲,۳,۲ Manual ..
۲۳.....	۳.۳.۲ Direct ..
۲۴.....	۴.۳.۲ Setting ..
۲۶.....	۵,۳,۲ Self Test ..
۲۷.....	۶,۳,۲ Connection ..
۲۸.....	۷,۳,۲ Blind Bombardment ..
۲۸.....	۸,۳,۲ Indirect Bombardment ..
۳۰.....	۹.۳.۲ Splash ..

۳۲.....	Assign ۱۰.۳.۲
۳۵.....	فصل ۳ الگوریتم‌های کنترل آتش.
۳۶.....	مقدمه..
۳۶.....	۱.۳ تعیین نقطه آینده هدف...
۳۸.....	۲.۳ حل مسئله تیر.
۴۳.....	۳.۳ Indirect Bombardment .....
۴۴.....	۴.۳ Blind Bombardment .....
۴۶.....	۵.۳ تصحیح برخورد گلوله.
۴۷.....	۶.۳ Self Test .....
۵۱.....	فصل ۴ شبکه عصبی در کنترل آتش.
۵۲.....	مقدمه .....
۵۳.....	۱.۴ ساختار کارکرد مغز انسان .....
۵۴.....	۲.۴ شبکه عصبی مصنوعی .....
۵۵.....	۱,۲,۴ نورون عصبی .....
۶۰.....	۲.۲.۴ یادگیری در شبکه‌های عصبی .....
۶۰.....	۳.۲.۴ انواع شبکه‌های عصبی .....
۶۱.....	۳.۴ شبکه عصبی چند لایه پرسپترون.....
۶۳.....	فصل ۵ ارزیابی.....

۶۴	مقدمه
۶۴	۱.۵ پایگاه داده
۶۵	۱.۱.۵ پارامترهای موثر
۶۶	۲.۱.۵ جمع‌آوری داده‌ها
۶۸	۲.۵ نتایج ارزیابی
۷۰	۳.۵ تحلیل روش پیشنهادی
۷۱	۱.۳.۵ مزایا
۷۲	۲.۳.۵ معایب
۷۳	فصل ۶ نتیجه‌گیری
۷۴	مقدمه
۷۴	۱.۶ خلاصه روش پیشنهادی
۷۵	۲.۶ پیشنهادها برای ادامه کار

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: تصویر ناوچه کمان..... ۳
- شکل ۲-۱: بلوک دیاگرام کلی کنسول توپ ۷۶ میلیمتری. .... ۵
- شکل ۳-۱: تعیین جهت حرکت سمت و فراز بر روی توپ ۷۶ میلیمتری..... ۷
- شکل ۴-۱: پارامترهای **Pitch** و **Roll** در شناور در حال حرکت..... ۸
- شکل ۱-۲: نمایی از صفحه اصلی نرم‌افزار شبیه‌ساز کنترل آتش توپ ۷۶ میلیمتری..... ۱۲
- شکل ۲-۲: نمایی از قسمت اطلاعات حسگرها..... ۱۶
- شکل ۳-۲: نمایی از قسمت **Control Panel**..... ۱۸
- شکل ۴-۲: (الف) نمایی از قسمت **Target Info** در **Control Panel**، (ب) **Target Info** پس از تعریف یک هدف مجازی..... ۱۹
- شکل ۵-۲: نمایی از قسمت **Manual** در **Control Panel**..... ۲۱
- شکل ۶-۲: نمایی از قسمت **Direct** در **Control Panel**..... ۲۴
- شکل ۷-۲: نمایی از قسمت **Setting** در **Control Panel**..... ۲۴
- شکل ۸-۲: نمایی از قسمت **Self Test** در **Control Panel**..... ۲۷
- شکل ۹-۲: نمایی از قسمت **Connection** در **Control Panel**..... ۲۷
- شکل ۱۰-۲: نمایی از قسمت **Blind Bombardment** در **Control Panel**..... ۲۸
- شکل ۱۱-۲: نمایی از قسمت **Indirect Bombardment** در **Control Panel**..... ۲۹
- شکل ۱۲-۲: نمایی از تخصیص سلاح در حالت غیرمستقیم..... ۳۰

- شکل ۲-۱۳: نمایی از قسمت **Splash** در **Control Panel** ..... ۳۱
- شکل ۲-۱۴: پنجره **Splash** پس از وارد نمودن سه نقطه. .... ۳۲
- شکل ۳-۱: فلوجارت محاسبه نقطه آینده هدف. .... ۳۷
- شکل ۳-۲: فلوجارت حل مسئله تیر ..... ۴۲
- شکل ۳-۳: فلوجارت الگوریتم بمباران غیر مستقیم. .... ۴۳
- شکل ۳-۴: فلوجارت الگوریتم بمباران کور. .... ۴۵
- شکل ۳-۵: فلوجارت الگوریتم اعمال تصحیحات. .... ۴۶
- شکل ۳-۶: فلوجارت الگوریتم **Self Test** ..... ۴۸
- شکل ۴-۱: نمایی ساده از یک نورون زیستی در مغز انسان. .... ۵۳
- شکل ۴-۲: نمایی از یک شبکه عصبی مصنوعی دولایه. .... ۵۵
- شکل ۴-۳: مدلی ساده از یک نورون مصنوعی در شبکه‌های عصبی مصنوعی. .... ۵۶
- شکل ۴-۴: تابع پله. .... ۵۷
- شکل ۴-۵: نمایی از شبکه عصبی ساده. .... ۵۸
- شکل ۴-۶: نمونه‌هایی از توابع فعالساز مورد استفاده در شبکه‌های عصبی [2]. .... ۵۹
- شکل ۴-۷: شبکه عصبی چندلایه پرسپترون. .... ۶۱
- شکل ۵-۱: نحوه نمونه‌برداری و جمع‌آوری داده‌ها در صفحه رادار. .... ۶۷
- شکل ۵-۲: ساختار شبکه عصبی در نظر گرفته در این پایان‌نامه. .... ۶۹
- شکل ۵-۳: مقایسه خروجی شبکه عصبی با داده‌های هدف. .... ۷۰

شکل ۴-۵: نمودار انحراف معیار بر حسب تعداد تکرار شبکه عصبی ..... ۷۱



## فهرست جداول

جدول ۵-۱: نحوه جمع‌آوری داده برای ارزیابی روش پیشنهادی. .... ۶۸

جدول ۵-۲: نتیجه ارزیابی شبکه عصبی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده. .... ۷۰



# فصل ۱

## مقدمه

## مقدمه

تمامی ملت‌ها و کشورها برای حفظ خاک کشور خود بر روی نیروها و تجهیزات نظامی سرمایه‌گذاری زیادی می‌کنند. برای کشوری مانند ایران نیز که همواره تهاجم و سلطه بر آن در ذهن ابرقدرت‌های نظامی استعمارگر نقش بسته است، آمادگی نیروهای مسلح برای امنیت کشور امری حیاتی است. در این میان پیشرفت تکنولوژی‌های جنگ‌افزار همگام با کشورهای صاحب‌نام در این زمینه حاصل نمی‌شود، جز اینکه دانشگاه‌ها و مراکز علمی کشور در زمینه‌های مختلف به کمک نیروهای مسلح بشتابند. در همین راستا، موضوع پژوهش حاضر به عنوان قدمی هر چند کوچک در جهت ارتقاء سطح کارایی تجهیزات نظامی در دستور کار قرار گرفت. در ادامه این فصل، تاریخچه مختصری در مورد توپ ۷۶ میلی‌متری و ضرورت انجام پروژه بیان خواهد شد. معرفی نمودار بلوکی سیستم کنترل آتش ۷۶ میلی‌متری و پارامترهای مؤثر بر عملکرد آن، از دیگر بخش‌های این فصل است. در پایان فصل نیز اهداف و ساختار پایان‌نامه بررسی خواهد شد.

## ۱.۱ تاریخچه

توپ ۷۶ میلی‌متری دریایی ساخت کارخانه اتوملارا<sup>۱</sup> با کالیبر گلوله ۳ اینچ (۷۶ میلی‌متر) می‌باشد که دارای برد سطحی ۱۶ کیلومتر و برد هوایی ۱۲ کیلومتری است. وزن گلوله آن ۶ کیلوگرم می‌باشد. این توپ اولین بار به همراه ورود ناوچه کمان که از کلاس COMBATTANTE است و در بندر چربورگ فرانسه ساخته شده است وارد ایران شد.

---

<sup>1</sup> OTO Melara



شکل ۱-۱: تصویر ناوچه کمان.

## ۲.۱ ضرورت انجام پروژه

یکی از مهم‌ترین مسایل در جنگ دریایی دقت، سرعت و تمرکز بالا در شلیک مهمات برای از بین بردن هدف با کم‌ترین مقدار از خرج کرد مهمات می‌باشد. این موضوع از دو جنبه حائز اهمیت است:

۱- **صرفه‌جویی در زمان:** جنگ دریایی به مثابه انجام دوئل دو نفره و در برخی موارد چند نفره

می‌باشد و در دوئل کسی پیروز است که زمان کمتری برای شلیک دقیق صرف کرده باشد.

۲- **صرفه‌جویی در مهمات:** در جنگ دریایی به دلیل اینکه حجم ذخایر ناو محدود است، ظرفیت

مشخصی از مهمات در اختیار است؛ چه بسا حالتی مانند عملیات مروارید رخ دهد، زمانی که

تمام مهمات ناوچه پیکان به پایان رسید مورد تهاجم هواپیماهای بعضی قرار گرفت و غرق شد.

از سوی دیگر در نیروی دریایی ایران یکی از مهم‌ترین سلاح‌های مبارزه با شناورها و اهداف حریف توپ

۷۶ میلی‌متری (MSK-34) می‌باشد که قادر به شلیک ۵۰ گلوله در دقیقه با برد بیش از ۱۶ کیلومتر

است که در نوع خود یکی از پیشرفته‌ترین سلاح‌های دریایی محسوب می‌شود. بنابراین به کارگیری

سیستم کنترل آتش<sup>۱</sup> بر روی این سلاح و خارج کردن آن از حالت دستی باعث می‌شود که وظائف

---

<sup>1</sup> Fire control

مربوط به مشاهده، محاسبه و شلیک کردن که در حالت دستی بر عهده یک اپراتور انسانی دارای خطای ناشی از حواس بشری است به یک سیستم کنترل آتش شامل دقیق‌ترین حس‌گرها و دقیق‌ترین واحد محاسباتی و موتورهای کنترلی سپرده شود که یقیناً این امر باعث صرفه‌جویی فراوان در زمان و خرجکرد مهمات می‌شود که این موضوع ممکن است سرنوشت نبرد را تغییر دهد.

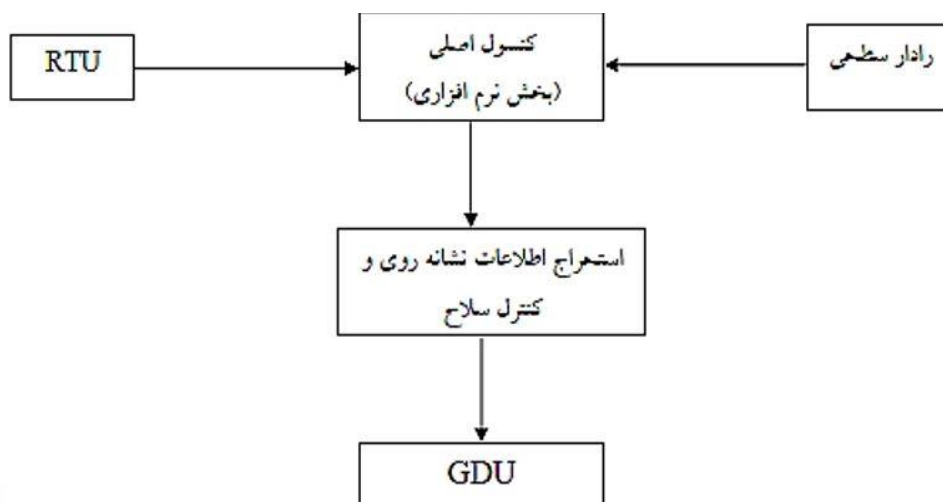
برای نیروی دریایی، آموزش نیروی انسانی متخصص از هر امری ضروری‌تر و واجب‌تر است، لذا باید در دوران صلح پرسنل شاغل در هر ناوی نسبت به سیستم کنترل آتش موجود در آن ناو از نظر تئوری دارای درک کامل و صحیح باشند و از نظر عملی نیز قبلاً چندین مرتبه اقدام به تیراندازی نموده باشند. زیرا در زمان جنگ و درگیری عامل بسیار مخرب استرس موجود بر نفرات باعث می‌شود که افراد همان آموخته‌های قبلی را از یاد ببرند، چه برسد به اینکه در زمان جنگ بخواهند تازه کار کردن با سیستم کنترل آتش سلاح را تجربه نمایند. به طور خلاصه در زمان جنگ و درگیری فرصت تجربه اندوزی وجود ندارد و کوچک‌ترین اشتباهی در استفاده از سیستم کنترل آتش باعث می‌شود که از حالت شناور مهاجم به شناور هدف و در دسترس ناو دشمن قرار بگیریم.

از طرف دیگر شلیک واقعی با سیستم کنترل آتش دارای موانع زیادی از جمله هزینه بالا و طی کردن هماهنگی‌های لازم با ارگان‌های مختلف از قبیل اداره بنادر و کشتیرانی و غیره دارد که باعث می‌شود پرسنل در زمینه عملی به ندرت و نهایتاً سالی یک بار اقدام به تیراندازی و آموزشی نمایند. بنابراین وجود یک سیستم شبیه‌ساز باعث می‌شود که تمامی موانع بالا در جهت آموزش عملی لازم برداشته شود و پرسنل به راحتی و در محیطی بدون استرس و بدون هزینه اقدام به تیراندازی نموده و نتیجه را مشاهده نمایند.

### ۳.۱ بلوک دیاگرام شبیه‌ساز سیستم کنترل آتش توپ ۷۶ میلی‌متری

همان‌طور که در شکل ۱-۱ بلوک دیاگرام کلی کنسول توپ ۷۶ میلی‌متری نشان داده شده است، این توپ برای شلیک به اطلاعاتی از سوی حس‌گرهای مختلف نیاز دارد. در سیستم کنترل آتش سه نوع کلی اطلاعات دریافت می‌شوند. این اطلاعات عبارتند از:

- اطلاعات شناور خودی: شامل زوایای غلت<sup>۱</sup> و شیب<sup>۲</sup>، سمت واحد، سرعت واحد، دما و فشار محیط
- اطلاعات شناور حریف: شامل سمت و سرعت حریف
- اطلاعات محیط: شامل سمت و سرعت باد



شکل ۱-۲: بلوک دیاگرام کلی کنسول توپ ۷۶ میلی‌متری.

دریافت و ارسال اطلاعات مربوط به شناور خودی و همچنین اطلاعات محیط بر عهده دستگاهی بنام پایانه دوردست<sup>۳</sup> RTU می‌باشد که وظیفه دارد اطلاعات حس‌گرهای مختلف را دریافت و به صورت یک بسته اطلاعاتی به سیستم ارسال نماید. به طور کلی RTU در نقطه ای دور از شناور خودی قرار

<sup>۱</sup> Roll

<sup>۲</sup> Pitch

<sup>۳</sup> Remote Terminal Unit

گرفته و کلیه پارامترهای ارسالی از سوی آن پارامترهایی هستند که تغییرات آنها بر روی نشانه‌روی سلاح مؤثر خواهند بود. بنابراین RTU اطلاعاتی از قبیل غلت، شیب، سمت و سرعت باد، سمت و واحد سرعت را جمع‌آوری و در قالب یک بسته اطلاعاتی با نرخ ارسال ۵۰ بسته در ثانیه به سمت کنسول توپ ۷۶ میلیمتری ارسال می‌نماید.

دریافت و ارسال اطلاعات مربوط به واحد حریف بر عهده رادار<sup>۱</sup> می‌باشد. رادار دستگاهی است که فضای اطراف شناور خودی را تا مسافت مشخصی تعیین و تمامی مشخصات سرعت و سمت شناورهای مختلف موجود در آن فضا را به کنسول توپ ارسال می‌نماید. بنابراین رادار وظیفه دارد اطلاعات مربوط به سمت و سرعت شناور حریف را دریافت و در قالب یک بسته اطلاعاتی با نرخ بروزرسانی ۲۰ مرتبه در ثانیه به سمت کنسول توپ ارسال نماید.

با استفاده از بادسنج اطلاعات مربوط به باد و مقاومت هوا در برابر گلوله در مسیر پرواز محاسبه شده و نیروهایی مانند وزن گلوله نیز از قبل در سیستم پردازشگر مرکزی موجود بوده و قابل محاسبه می‌باشد. پس از اینکه سیستم، اطلاعات را از RTU و رادار دریافت نمود، با استفاده از این اطلاعات سعی می‌کند ضمن حل مسئله تیر در حالتی که سلاح بر روی هدفی قفل شده است، کنترل‌های لازم بر روی واحد نمایش گرافیکی<sup>۲</sup> را اعمال نماید تا سلاح به‌طور دقیق نشانه‌روی کند.

خروجی GDU دو پارامتر زاویه سمت<sup>۳</sup> و فراز<sup>۴</sup> است که با توجه به آن سلاح تنظیم شده و عمل شلیک صورت می‌گیرد. اما لازم است مشخص کنیم که دقیقاً سمت و فراز روی سلاح چگونه است. همان‌طور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است، زاویه فراز حرکت لوله سلاح به سمت بالا و پایین است و تغییرات زاویه‌ای آن بین [۰ ۹۰] درجه خواهد بود. زاویه سمت نیز حرکت افقی لوله سلاح است که باید بین [۰ ۳۶۰] درجه باشد، اما چون ۹۰ درجه به دلیل ناحیه کور، ناحیه ای که امتداد لوله توپ با

---

<sup>1</sup> Radar

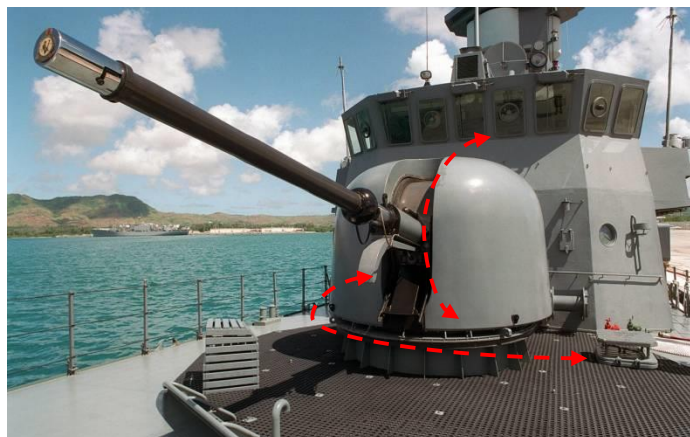
<sup>2</sup> Graphic Display Unit

<sup>3</sup> Bearing

<sup>4</sup> Elevation



سازه مستقر بر عرشه ناو برخورد می یابد، نباید در نظر گرفته شود، پس بازه زاویه تغییرات لوله سلاح بین [۰ ۱۳۵] و [۲۳۵ ۳۶۰] خواهد بود.



شکل ۱-۳: تعیین جهت حرکت سمت و فراز بر روی توپ ۷۶ میلی متری.

## ۴.۱ پارامترهای مؤثر

پارامترهای مؤثر بر فرآیند هدف گیری و شلیک توپ ۷۶ میلی متری به سمت دشمن را به سه دسته می توان تقسیم کرد:

۱- پارامترهای گرفته شده از شناور خودی که محل قرارگیری سلاح می باشد.

۲- پارامترهای مؤثر بر حرکت گلوله از لحظه شلیک تا لحظه برخورد.

۳- پارامترهای گرفته شده از شناور هدف که مقصد نهایی گلوله می باشد.

دو پارامتر دما و فشار از جمله پارامترهای مهم در حل مسئله تیر می باشند که به دلیل عدم وجود حس گرهای مناسب، اطلاعات آنها از سوی RTU ارسال نمی شود و باید به صورت دستی قبل از شروع به کار سیستم وارد شوند.

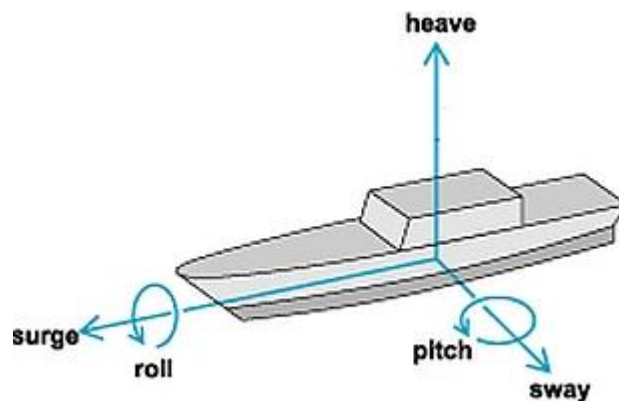
یکی دیگر از پارامترهای بسیار مهم در حل مسئله تیر، سرعت اولیه گلوله می باشد که به صورت پیش فرض برابر ۹۰۰ متر بر ثانیه است. تغییر این سرعت اولیه از حالت پیش فرض به مقدار صحیح ،

بصورت آزمون و خطا توسط کاربر اعمال می شود یعنی کاربر با توجه به اینکه گلوله شلیک شده پشت هدف یا جلوی آن فرود آمده است، مقدار سرعت اولیه را تغییر می دهد تا به مقدار صحیح آن برسد.

سئوالی که در اینجا مطرح است این است که در سیستمی که کاملاً بصورت خودکار کار می کند، چه لزومی دارد که کاربر سرعت اولیه گلوله را به صورت دستی و در حالت آزمون و خطا تعیین کند؟

پاسخ: در حالتی که تمامی قسمت های مکانیکی توپ و لوله از قبیل خرج گلوله یا خان لوله توپ و غیره در حالت ایده آل قرار داشته باشند، سرعت اولیه گلوله دقیقاً برابر ۹۰۰ متر بر ثانیه است. اما پس از انجام تیراندازی های متعدد که باعث سائیدگی خان لوله توپ می شود یا در حالتی که خرج گلوله کمتر یا بیشتر از مقدار استاندارد باشد، سرعت اولیه گلوله تغییر می کند. این حالت هنگامی قابل مشاهده و استنتاج است که در تیراندازی، راستای گلوله با راستای هدف منطبق باشد اما گلوله جلوتر یا عقب تر از هدف برخورد نماید.

پارامتر سرعت و جهت باد نیز از پارامترهای مهم دیگری هستند که با استفاده از بادسنج باید تعیین شود تا تأثیر آنها بر روی حرکت گلوله در پردازشگر مرکزی لحاظ شود. علاوه بر پارامترهای سرعت و جهت حرکت شناور خودی و هدف، پارامترهای زوایای غلت Roll و شیب Pitch شناور خودی از جمله پارامترهای بسیار مهم در این سیستم هستند. دو پارامتر Roll و Pitch مربوط به حرکت شناور روی دریا است. در شکل ۱-۳ این دو پارامتر نشان داده شده است.



شکل ۱-۴: پارامترهای Roll و Pitch در شناور در حال حرکت.

## ۵.۱ اهداف پایان نامه

در این پروژه تمامی پارامترهای مؤثر گفته شده در بخش ۴.۱ به دقت بررسی شده و در نهایت یک مدل پیاده‌سازی به صورت فرمولی برای پارامترهای یاد شده بدست می‌آید. سپس در ادامه سعی می‌شود در شبیه‌سازی تمامی این پارامترها لحاظ گردد، بطوری که با دریافت فرضی پارامترهای مختلف از حس‌گرهای سیستم کنترل آتش نرم افزار شبیه‌ساز سمت و ارتفاع گلوله را مشخص نماید. سپس بررسی می‌شود که با توجه به پارامترهای دینامیکی وارد بر گلوله و تخمین مسیر ناو هدف گلوله با چه میزان خطا به هدف اصابت نموده است.

یکی دیگر از اهداف این پایان نامه، ساخت یک شبیه‌ساز توپ ۷۶ میلی‌متری بوده است، به طوری که با در نظر گرفتن تأثیر تمامی پارامترهای مؤثر عمل تیراندازی توپ را نشان داده و به عنوان یک نرم‌افزار آموزشی مورد استفاده قرار گیرد.

علاوه بر فرموله کردن نحوه حرکت گلوله و تأثیر پارامترهای مختلف در حرکت گلوله، از شبکه‌های عصبی برای تعیین سمت و سوی حرکت گلوله استفاده خواهیم نمود. می‌خواهیم بررسی نماییم که آیا شبکه‌های عصبی با داشتن داده‌های مناسب و کافی قادر به پیش‌گویی جهت نهایی گلوله هستند یا خیر.

## ۶.۱ ساختار پایان نامه

ساختار این پایان نامه نیز بر اساس مراحل بالا شکل گرفته است. در ادامه فصل‌های این پایان نامه را مرور مختصری می‌نماییم:

**فصل ۲** شامل توضیح در مورد نرم‌افزار پیاده‌سازی شده و ویژگی‌های تعبیه شده در آن است.

**فصل ۳** به الگوریتم‌های به کار برده شده برای تعیین جهت نهایی گلوله می‌پردازد.

**فصل ۴** به استفاده از الگوریتم شبکه عصبی چندلایه پرسپترون در تعیین جهت نهایی گلوله می‌پردازد.

در **فصل ۵** الگوریتم‌های پیشنهادی و نتایج پیاده‌سازی مطرح می‌شود.

نهایتاً **فصل ۶** شامل جمع‌بندی از پایان‌نامه است.

همچنین در **پیوست** پایان‌نامه نیز تعدادی تصویر از توپ بر روی ناوهای جنگی برای آشنایی بیشتر با این نوع از سلاح‌ها قرار داده شده است.

رابط گرافیکی کاربر

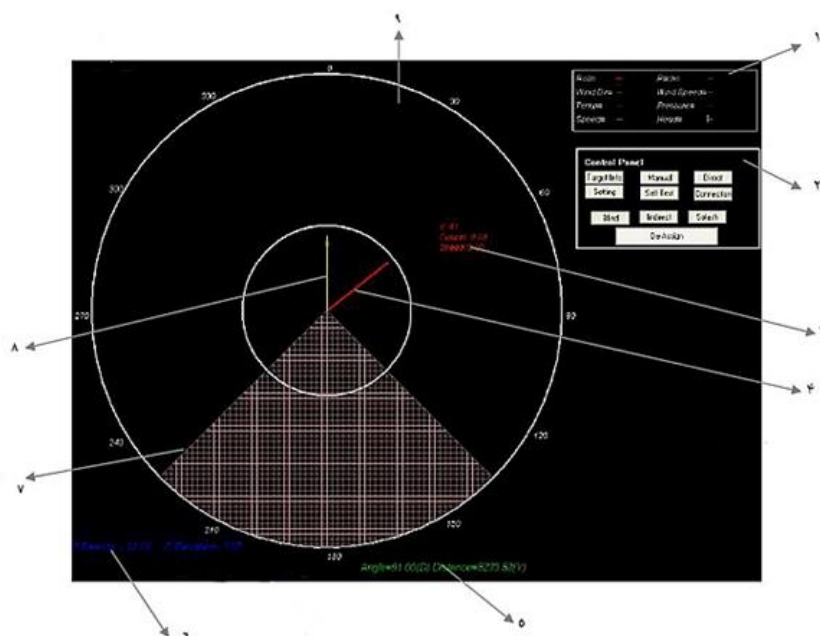
فصل ۲

## مقدمه

نرم افزار شبیه ساز سیستم کنترل آتش توپ ۷۶ میلیمتری طوری طراحی گردیده است که کاربر تمامی حالاتی که ممکن است در زمان نبرد اتفاق بیفتد را تجربه نماید. ضمناً تمامی قابلیت‌های موجود در سیستم کنترل آتش توپ ۷۶ میلیمتری در این نرم افزار گنجانده شده است. در این فصل ابتدا به بررسی اجزاء سیستم و وظیفه هر یک از اجزاء می‌پردازیم.

## ۱.۲ اجزاء صفحه اصلی برنامه

همان‌طور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است، صفحه اصلی دارای اجزاء متعددی است که شماره گذاری شده اند. در اینجا به ترتیب شماره گذاری، به‌طور خلاصه به بررسی وظیفه هر بخش پرداخته و پس از آن با جزئیات بیش‌تر هر قسمت را بررسی می‌کنیم.



شکل ۱-۲: نمایی از صفحه اصلی نرم‌افزار شبیه‌ساز کنترل آتش توپ ۷۶ میلی‌متری.

## ۱.۱.۲ اطلاعات حس گرها

این قسمت اطلاعات حس گرها را نشان می‌دهد. این اطلاعات ممکن است از سوی RTU ارسال شده باشد و یا به صورت دستی تنظیم شده باشند. در ادامه به توضیح تمامی پارامترها می‌پردازیم. در ادامه فصل، توضیح بیشتری در مورد این بخش داده خواهد شد.

## ۲.۱.۲ Control Panel

همان طور که از نام آن مشخص است، برای انجام تنظیمات کنترلی سیستم مورد استفاده واقع می‌شود. این تنظیمات به طور کلان عبارتند از تعریف اهداف مجازی و یا تغییر اطلاعات ارسالی اهداف از سوی رادار به صورت دستی و تنظیم دستی اطلاعات مربوط به حس گرها، کنترل مستقیم سلاح، تنظیمات مربوط به سلاح مانند تنظیم سرعت اولیه گلوله، رادار و قرار دادن سیستم در حالت Blind Bombardment، قرار دادن سیستم در حالت Indirect Bombardment، وارد کردن اطلاعات مربوط به Assign/DeAssign، Splash از مواردی است که عملیات مربوط به آنها از این قسمت کنترل می‌شود. با توجه به اهمیت این بخش، در بخش‌های بعدی توضیحات بیشتری در مورد این قسمت داده خواهد شد.

## ۳.۱.۲ محدوده رادار

این قسمت هدفی را بر روی صفحه نشان می‌دهد. اطلاعات مربوط به سمت و سرعت هدف به همراه خود هدف همواره بر روی صفحه نمایش دیده می‌شود. برای هر هدف علاوه بر اطلاعات مربوط به سمت و سرعت، فاصله و زاویه آن نیز حائز اهمیت است. نرم‌افزار به گونه‌ای طراحی شده است که اطلاعات مربوط به زاویه و فاصله اهداف به صورت گرافیکی لحاظ شود. اما چنانچه اطلاعات دقیق مربوط به زاویه و فاصله مدنظر باشد، می‌توان این موارد را با استفاده از Control Panel و کلید

Target Info مشاهده نمود. اهداف به رنگ سبز اهداف مجازی و یا اهداف ارسالی از سوی رادار هستند. یک هدف قرمز رنگ هدفی است که به سلاح تخصیص داده شده است و سلاح بر روی آن نشانه‌روی شده است.

## ۴.۱.۲ لوله سلاح

این بخش سمت سلاح را نشان می‌دهد. به محض اینکه سلاح به هدفی تخصیص داده شد، علاوه بر اینکه اطلاعات مربوط برای سلاح ارسال خواهد شد، سمت سلاح نیز به صورت گرافیکی بر روی صفحه نمایش به سمت هدف نشانه‌روی خواهد شد. بدیهی است با تغییر شرایط محیطی و اطلاعات ارسالی از سوی حس‌گرها و یا جابجایی هدف، تا زمانی که هدف مورد نظر به سلاح تخصیص داده شود، سمت سلاح نیز به صورت بلادرنگ بروز خواهد شد. پس از اینکه سلاح از حالت تخصیص خارج شد در سمت به زاویه صفر منتقل خواهد شد.

چنانچه هدفی که به سلاحی تخصیص داده شده در ناحیه کور قرار گیرد، در جهت ردگیری هدف سمت سلاح به صورت گرافیکی در ناحیه کور<sup>۱</sup> قرار خواهد گرفت، اما اطلاعاتی برای سلاح ارسال نخواهد شد. به محض خارج شدن هدف از ناحیه کور بلافاصله سلاح به طور واقعی بر روی آن هدف قرار می‌گیرد.

## ۵.۱.۲ مکان‌نمای ماوس

اطلاعات سبز رنگ نشان داده شده در این قسمت، مکان جاری نمایشگر ماوس را برحسب زاویه و فاصله نشان می‌دهد. فاصله محاسبه شده بر حسب یارد خواهد بود. بدیهی است با جابجایی ماوس این

---

<sup>1</sup> Blind region



اطلاعات به روز می شود. کاربرد عمده این قسمت در جهت یافتن یک نقطه برای تعریف هدف مجازی می باشد.

## ۶.۱.۲ مکان نمای سلاح

در این قسمت اطلاعات مربوط به سمت و ارتفاع سلاح نشان داده می شود. این زوایا، زوایایی هستند که هم اکنون برای سلاح ارسال شده اند. بنابراین جواب حل مسئله تیر که در واقع یک زاویه سمت و یک زاویه ارتفاع برای لوله توپ است در این قسمت نمایش داده می شود.

## ۷.۱.۲ ناحیه کور

این قسمت، بخش مربوط به ناحیه کور سلاح را نشان می دهد. اطلاعات این قسمت با توجه به نصب سیستم سلاح وارد سیستم شده است و توسط کاربر قابل تغییر نیست. بدیهی است با حرکت واحد و بروز رسانی اطلاعات مربوط به راه واحد، این بخش نیز به صورت بلادرنگ بروز خواهد شد.

## ۸.۱.۲ راه واحد

این قسمت راه واحد را نشان می دهد. با بروز رسانی اطلاعات مربوط به راه واحد توسط RTU و یا اعمال تغییرات دستی در راه، این قسمت بلافاصله بروز خواهد شد. بدیهی است با تغییر این بخش مواردی مانند ناحیه کور سلاح یا موقعیت هدف در صفحه تغییر خواهد کرد.

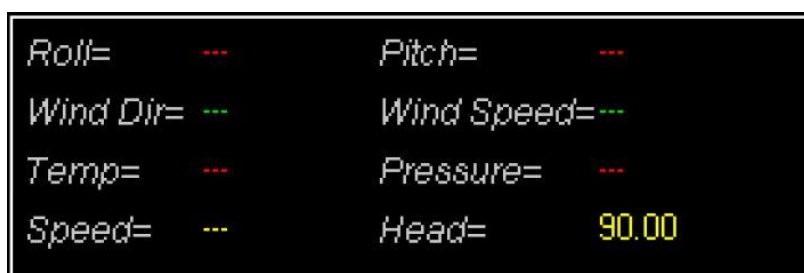
## ۹.۱.۲ برد سلاح

از دیدگاه فاصله سعی شده است که اطلاعات اهداف بین صفر تا ۱۸۰۰۰ یارد<sup>۱</sup> که بیشترین فاصله ممکن برای تیراندازی توسط سلاح است تنظیم شود؛ به این معنی که نقاط موجود در بیرونی‌ترین دایره فاصله حدود ۱۸۰۰۰ یارد از واحد دارند و به صورت خطی این فاصله در طول شعاع توزیع شده است.

تا به اینجا توضیح مختصری در مورد تمام اجزاء صفحه داده شد. در ادامه به تشریح جزئیاتی بیشتر از اجزاء مهم می‌پردازیم.

## ۲.۲ اطلاعات حس‌گرها

همان‌طور که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است، این قسمت شامل تمامی پارامترهای است که در تعیین جهت نهایی گلوله تأثیر دارند. در این قسمت نمی‌توان این پارامترها را تغییر داد، این قسمت تنها مقدار این پارامترها را که از حس‌گرها دریافت نموده یا از بخش Control Panel به صورت دستی وارد شده است، نشان می‌دهد. در ادامه به توضیح تمامی پارامترها می‌پردازیم.



Roll=	---	Pitch=	---
Wind Dir=	---	Wind Speed=	---
Temp=	---	Pressure=	---
Speed=	---	Head=	90.00

شکل ۲-۲: نمایی از قسمت اطلاعات حس‌گرها.

<sup>1</sup> Yard

## ۱.۲.۲ زوایای غلت Roll و شیب Pitch

حرکت شناور حول محور X مسیر حرکتی خود را غلت Roll و حرکت حول محور Y را شیب Pitch می‌گویند که اگر نادیده انگاشته شوند باعث خطای شلیک می‌شود. در شکل ۱-۴ تصویری از آن نشان داده شد. این پارامترها با استفاده از ژيروسکوپ در شناور محاسبه می‌شوند و به بخش پردازشگر مرکزی ارسال می‌شوند.

## ۲.۲.۲ Wind Speed و Wind Dir

این اطلاعات از طرف حس‌گر بادسنج به RTU و سپس به کنسول سلاح ارسال می‌گردد و نشان‌دهنده سمت باد و سرعت آن می‌باشد. سمت و سرعت باد مطمئناً در مسافت‌های طولانی بر روی مسیر حرکتی گلوله تأثیر خواهد گذاشت و اگر لحاظ نشود می‌تواند باعث عدم دقت شلیک شود.

## ۳.۲.۲ Pressure و Temp

این پارامترها اطلاعات مربوط به دما و فشار محیط را نشان می‌دهد. اطلاعات مربوط به Temp و Pressure به دلیل عدم وجود حس‌گرهای مناسب و نرخ تغییرات کند توسط خود کاربر در ابتدای راه‌اندازی سیستم کنترل آتش به صورت دستی وارد می‌گردند.

## ۴.۲.۲ Speed

اطلاعات مربوط به سرعت شناور خودی را نشان می‌دهد. اطلاعات این پارامتر توسط سرعت‌سنج به RTU و سپس کنسول سلاح ارسال می‌گردد.

## Head ۵.۲.۲

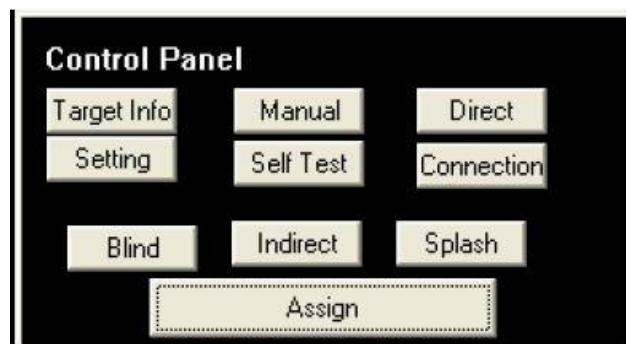
اطلاعات مربوط به سمت شناور خودی را نشان می‌دهد. اطلاعات این بخش توسط جاپرو به RTU و سپس کنسول سلاح ارسال می‌گردد.

اطلاعات مربوط به سمت و سرعت واحد خودی دو پارامتر بسیار مهم حل مسئله تیر می‌باشند که در صورتی که اشتباه وارد شوند حل مسئله تیر دارای جوابی کاملاً غلط خواهد بود.

## Control Panel ۳.۲

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، بخش کنترل پنل از عمده‌ترین بخش‌های سیستم است که اکثر فعالیت‌های کنترلی سیستم و قلب تنظیمات سیستم در این بخش قرار دارد. در این قسمت اجزای بخش کنترل پنل و نحوه استفاده از آنها و اشتباهاتی که کاربر ممکن است در استفاده از این اجزاء مرتکب شود، مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

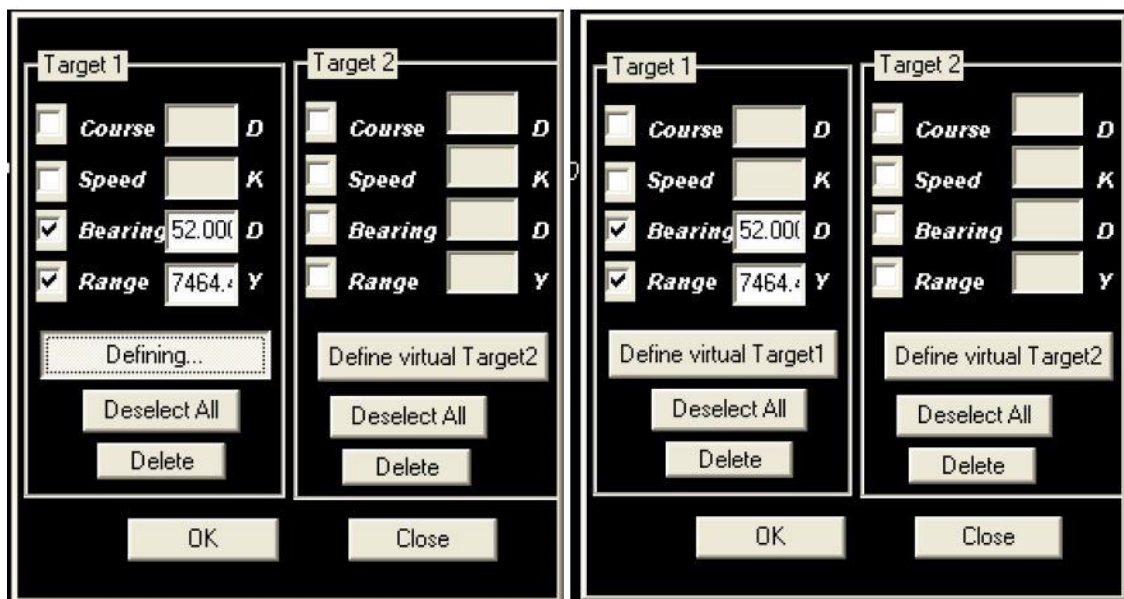
شکل ۳-۲ نمایی نزدیک از بخش کنترل پنل و اجزاء آن را نشان می‌دهد، همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود کنترل پنل دارای تعدادی کلید است که فشردن هر یک از آنها باعث می‌شود، پنجره جدیدی در سیستم گشوده شود. در ادامه هر یک از اجزای کنترل پنل را به تفکیک بررسی نماییم.



شکل ۳-۲: نمایی از قسمت Control Panel.

## Target Info ۱.۳.۲

این بخش برای نمایش جزئیات مربوط به اهداف مجازی تعریف شده است. به عبارت بهتر هر آنچه در مورد مدیریت اهداف مورد نیاز است، در این قسمت قرار دارد. فشردن کلید Target Info باعث می‌شود، پنجره‌ای مشابه شکل ۲-۴ (الف) باز شود. در این پنجره دو بخش مشابه هم وجود دارد که هر بخش اطلاعات مربوط به اهداف شامل زاویه<sup>۱</sup>، فاصله<sup>۲</sup> بر حسب یارد، سمت حرکت<sup>۳</sup> به صورت نسبی و سرعت حرکت به صورت مطلق بر حسب دریایی<sup>۴</sup> را داراست.



(ب)

(الف)

شکل ۲-۴: (الف) نمایی از قسمت Target Info در Control Panel. (ب) Target Info پس از تعریف یک هدف مجازی.

چنانچه هدفی از سوی رادار ارسال شود، علاوه بر آنکه هدف بر روی صفحه نمایش به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود، اطلاعات ارسالی از سوی رادار که شامل سمت، فاصله، راه و سرعت هدف است، در این پنجره نشان داده خواهد شد. چک مارک‌هایی که در کنار هر یک از صفات یک هدف قرار دارد،

<sup>1</sup> Bearing

<sup>2</sup> Range

<sup>3</sup> Course

<sup>4</sup> Knot

نشان‌دهنده آن است که این اطلاعات به صورت دستی مقدار داده شود، بنابراین حتی اگر رادار اطلاعاتی در این فیلد ارسال نماید، توسط سیستم پردازش نخواهد شد.

### **Define Virtual Target ۱.۱.۳.۲**

برای تعریف هدف مجازی، ابتدا کلید Define Virtual Target را فشار می‌دهیم. چنانچه از Target 1 برای این کار استفاده شود، هدفی که در نهایت تعریف می‌شود به عنوان Target1 شناخته می‌شود و نام A1 را خواهد گرفت و چنانچه از Target2 استفاده شد، هدف به عنوان Target2 با نام A2 در سیستم شناخته خواهد شد. پس از فشردن کلید، کلید در حالت فشرده قرار خواهد گرفت و عنوان آن به Defining... تغییر خواهد کرد. این حالت در شکل ۲-۴(ب) نشان داده شده است.

نشانگر ماوس را بر روی صفحه حرکت داده بر روی نقطه دلخواه کلیک می‌کنیم. این نقطه مکان مربوط به هدف خواهد بود. در این حالت با توجه به نقطه کلیک شده، سمت و فاصله محاسبه شده و بلافاصله در صفت‌های Bearing و Range قرار می‌گیرد. در ضمن از آنجایی که هدف مجازی است، به صورت خودکار چک مارک‌های مربوط به دو صفت نامبرده در پنجره فعال می‌شود. پس از تنظیم دقیق زاویه و فاصله هدف، کلید OK را فشار داده و سپس بر روی کلید Defining کلیک می‌نماییم تا وضعیت آن به وضعیت سابق بازگردد.

### **Deselect All ۲.۱.۳.۲**

فشردن این کلید باعث می‌شود، چک مارک تمام صفات آن هدف برداشته شود، به عبارت دیگر تمام صفات آن هدف در حالت تنها خواندنی از سوی رادار بروز شود.

### **Delete ۳.۱.۳.۲**

فشردن کلید Delete مربوط به هر هدف باعث حذف کلیه اطلاعات آن هدف و به طور کلی حذف آن هدف می‌گردد.

## OK ۴.۱.۳.۲

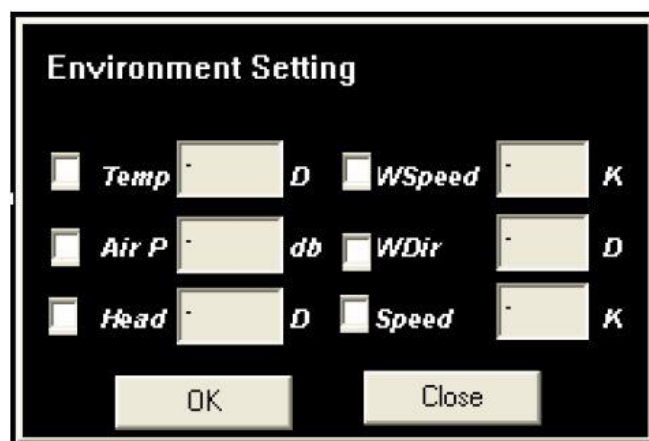
فشردن این کلید، تغییرات اعمال شده را نهایی می‌کند. همان‌طور که قبلاً اشاره شد بهتر است پس از اعمال تغییرات در اطلاعات مربوط به اهداف کلید OK را فشار دهید.

## Close ۵.۱.۳.۲

فشردن این کلید باعث بسته شدن پنجره می‌شود.

## Manual ۲.۳.۲

همان‌طور که از نام این بخش مشخص است، از این بخش برای تنظیم دستی اطلاعات حس‌گرهای سیستم استفاده می‌شود. پیش از این نیز اشاره شد که سیستم این قابلیت را دارد که تمامی اطلاعات ورودی را از حالت اتوماتیک خارج نماید و کنترل آن را به صورت دستی در اختیار کاربر قرار دهد. بخش Manual برای ایجاد چنین امکانی جهت اطلاعات ارسالی از RTU در نظر گرفته شده است. با فشردن کلید Manual در کنترل پنل، پنجره‌ای مشابه شکل ۲-۵ باز می‌شود که در اینجا به بررسی نحوه استفاده از این پنجره می‌پردازیم.



شکل ۲-۵: نمایی از قسمت Manual در Control Panel.

همان‌طور که در شکل ۲-۵ دیده می‌شود، اطلاعات کلیه پارامترهای محیطی در این پنجره وجود دارد و به ازای هر یک از این پارامترها نیز یک چک‌مارک تعبیه شده است. چنانچه چک‌مارک مربوط به پارامتری موجود نباشد، به این معنی است که اطلاعات این پارامتر از RTU خوانده می‌شود.

برای اینکه بتوان مقادیر یک پارامتر را به صورت دستی وارد کرد، کافی است چک‌مارک مربوط به آن را فعال کرده و سپس مقدار مورد نظر را در مقابل آن وارد و کلید OK را فشار دهیم. از این پس اطلاعات مربوط به این صفت منطبق با حس‌گرها نخواهد بود و چنانچه حس‌گر وضعیت خود را بروز کند، در سیستم لحاظ نخواهد شد.

#### **Temp ۱.۲.۳.۲**

این قسمت اطلاعات مربوط به دما را نگهداری می‌کند. این بخش اهمیت بسیار ویژه‌ای دارد، چرا که اطلاعات آن از سوی حس‌گرها ارسال نمی‌شود، بنابراین برای عملکرد صحیح سیستم لازم است در حالت دستی قرار گرفته و اطلاعات آن وارد شود.

#### **Air P ۲.۲.۳.۲**

این قسمت اطلاعات مربوط به فشار هوا را نگهداری می‌کند. اهمیت این بخش نیز مشابه دما است، چرا که این اطلاعات نیز از سوی حس‌گر خاصی به سیستم ارسال نمی‌شود و باید حتماً در حالت دستی داده‌های آن وارد شود تا حل مسئله تیر به درستی صورت گیرد.

#### **Head ۳.۲.۳.۲**

این قسمت اطلاعات مربوط به راه‌واحد را نشان می‌دهد. این اطلاعات در حالت خودکار از سوی RTU ارسال خواهد شد.



### **W Speed ۴.۲.۳.۲**

در این بخش اطلاعات مربوط به سرعت باد نشان داده می‌شود. اطلاعات این بخش به طور خودکار از سوی RTU ارسال می‌شود.

### **W Dir ۵.۲.۳.۲**

در این بخش اطلاعات مربوط به سمت باد نشان داده می‌شود. اطلاعات این بخش به طور خودکار از سوی RTU ارسال می‌شود.

### **Speed ۶.۲.۳.۲**

در این بخش اطلاعات مربوط به سرعت واحد بر حسب گره دریایی نشان داده می‌شود. اطلاعات این بخش به صورت خودکار از سوی RTU ارسال می‌شود.

### **Direct ۳.۳.۲**

از اجزای موجود در این بخش برای کنترل مستقیم سلاح بدون لحاظ کردن کلیه پارامترهای ورودی استفاده می‌شود. به عبارت بهتر با به کار بردن پنجره این بخش زوایای مورد نظر به طور مستقیم به سلاح ارسال خواهد شد. اکیدا به جز در موارد ضروری نباید از این بخش استفاده نمود، چرا که تمامی قسمت‌های کنترلی سیستم از جمله کنترل عدم حرکت سلاح به سمت نقاط کور در اینجا نادیده گرفته خواهد شد. پس از فشردن کلید Direct پنجره‌ای مشابه شکل ۲-۶ ظاهر می‌شود که در اینجا به بررسی اجزای این پنجره می‌پردازیم.

همان‌طور که گفته شد از این پنجره برای کنترل بی واسطه سلاح استفاده می‌شود، به این منظور در بخش Bearing زاویه مربوط به سمت و در بخش Elevation زاویه مربوط به ارتفاع سلاح را وارد می‌کنیم. در این حالت اطلاعات وارد شده بدون هیچ واسطه‌ای به سلاح ارسال می‌شود. فشردن کلید

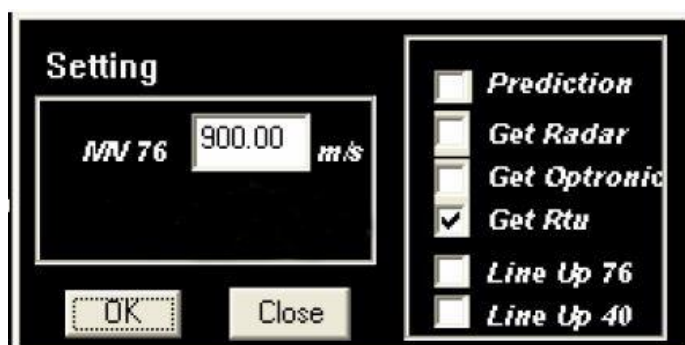
DeAssign در اینجا باعث می شود سلاح به موقعیت اولیه خود بازگردانده شود. با استفاده از کلید Close این پنجره بسته می شود.



شکل ۲-۶: نمایی از قسمت Direct در Control Panel.

### Setting ۴.۳.۲

از اجزای موجود در این بخش برای تنظیم عملکرد سیستم مانند ارتباط با دستگاه‌های جانبی و برخی پارامترهای تاثیرگذار در سیستم مانند سرعت اولیه گلوله استفاده می شود. شکل ۲-۷ نمایی از پنجره مربوط به این قسمت از سیستم را نشان می دهد. حال به بررسی هر یک از اجزای این پنجره می پردازیم.



شکل ۲-۷: نمایی از قسمت Setting در Control Panel.

### **Prediction ۱.۴.۳.۲**

انتخاب این گزینه از طریق انتخاب چک مارک آن و سپس فشردن کلید OK انجام می‌شود. پس از انتخاب این گزینه سیستم وضعیت حرکتی اهداف متحرک را با توجه به پارامترهای سمت و سرعت هر هدف و سمت و سرعت واحد انجام می‌دهد.

### **Get Radar ۲.۴.۳.۲**

انتخاب این گزینه باعث می‌شود ارتباط بین سیستم کنترل آتش و سیستم رادار برقرار شده و چنانچه سیستم رادار اقدام به ارسال اطلاعات مربوط به اهداف نماید، آن اطلاعات دریافت شده و نمایش داده شود. این گزینه به صورت پیش فرض غیرفعال است، یعنی در زمان اجرای اولیه، اطلاعات رادار دریافت نخواهد شد، مگر اینکه این گزینه توسط کاربر فعال شود.

### **Get RTU ۳.۴.۳.۲**

این گزینه نیز مشابه گزینه Get Radar عمل می‌کند، با این تفاوت که با فعال شدن این گزینه ارتباط بین سیستم کنترل آتش و دستگاه RTU برقرار خواهد شد و چنانچه اطلاعاتی از سوی RTU ارسال شود، قابل مشاهده خواهد بود.

### **Line Up ۴.۴.۳.۲**

انتخاب این گزینه باعث می‌شود هنگامی که سلاح به هدفی تخصیص داده شود، در حالت Line Up قرار گیرد. حالت Line Up حالتی است که در طی آن، حل مسئله تیر انجام نمی‌شود و اطلاعات ارسالی از سوی رادار با اعمال پارامترهایی مانند Pitch، Roll و غیره به سلاح اعمال می‌شود. در این حالت زاویه ارتفاع سلاح در سطح افق قرار می‌گیرد، به عبارت دیگر زاویه ارتفاع صفر خواهد بود. این حالت برای اهداف نزدیک کاربرد دارد.

## MV76 ۵.۴.۳.۲

این قسمت سرعت اولیه گلوله را تعیین می‌کند. به صورت پیش فرض سرعت اولیه گلوله برابر ۹۰۰ متر بر ثانیه می‌باشد، اما به دلیل شلیک‌های متعدد و یا عوامل محیطی و یا کاهش و افزایش خرج گلوله ممکن است این سرعت اولیه تغییر نماید. تغییر اولیه تأثیر بسزایی در حل مسئله تیر دارد. بنابراین برای اینکه تیراندازی به درستی انجام شود، باید سرعت اولیه گلوله به طور دقیق وارد شود. در تیراندازی اگر گلوله در راستای سمت درست حرکت نماید، اما گلوله پشت هدف برخورد نماید، این مسئله به این معنی است که سرعت اولیه گلوله که در سیستم وارد شده است بیش از حد اولیه است، اما اگر گلوله به جلوی هدف برخورد نماید، به این معنی است که سرعت اولیه گلوله که به سیستم وارد شده است، کمتر از میزان واقعی است و باید تصحیح شود.

## OK ۶.۴.۳.۲

همان‌طور که در مورد قبل دیدیم برای تایید و نهایی‌سازی تغییرات باید کلید OK را فشار داد.

## Close ۷.۴.۳.۲

از این کلید برای بستن پنجره استفاده می‌شود.

## Self Test ۵.۳.۲

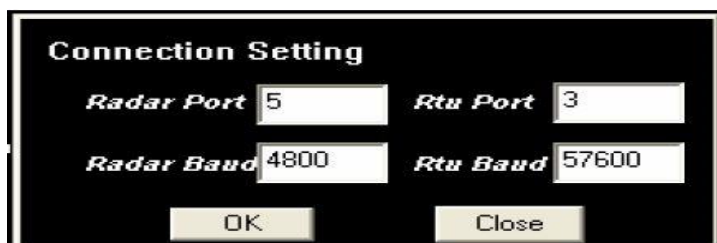
از این گزینه برای بررسی عملکرد قسمت‌های مختلف سیستم استفاده می‌شود. با فشردن این کلید پنجره‌ای ظاهر می‌شود که در آن وضعیت بردهای موجود در سیستم شرح داده شده است. شکل ۲-۸ نمایی از این پنجره را نمایش می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود با انتخاب گزینه Self Test می‌توان وجود و یا عدم وجود بردهای مختلف سیستم و عملکرد آنها را به صورت خودکار امتحان نمود.



شکل ۲-۸: نمایی از قسمت Self Test در Control Panel.

## ۶.۳.۲ Connection

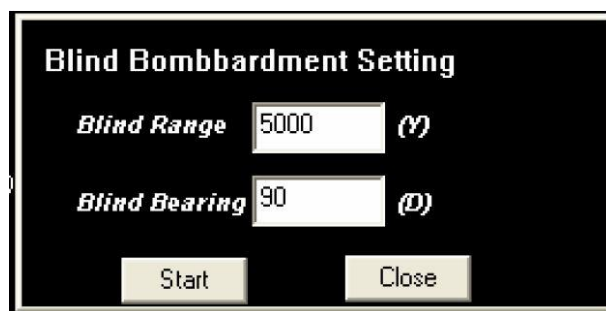
این بخش برای انجام تنظیمات سخت‌افزاری ارتباط بین سیستم کنترل آتش و دستگاه RTU و همچنین سیستم رادار سطحی در نظر گرفته شده است. بدیهی است تغییراتی که در این قسمت وارد می‌شود، باید در سیستم‌های متناظر نیز اعمال شود تا امکان برقراری ارتباط میسر شود. اگر تغییرات یک سویه، یعنی تنها در بخش کنسول سلاح انجام شود، ارتباط قطع خواهد شد. چرا که تنظیمات انجام شده در این قسمت تنظیمات مربوط به درگاه‌های سیستم است که از پروتکل ارتباطی خاصی تبعیت می‌کنند و دو درگاه متصل به هم باید از یک پروتکل تبعیت نمایند. شکل ۲-۹ نمایی از پنجره مربوطه را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۹: نمایی از قسمت Connection در Control Panel.

## Blind Bombardment ۷.۳.۲

امکانات تعبیه شده در این قسمت برای انجام بمباران کور به کار برده می‌شود. برای این کار باید سمت و فاصله هدفی را مشخص نموده و وارد سیستم نمود. به این منظور پنجره‌ای مطابق شکل ۲-۱۰ تعبیه شده است. همان‌طور که در این پنجره دیده می‌شود، فاصله هدف مورد نظر برحسب یارد و سمت آن به صورت نسبی در قسمت‌های مربوطه وارد سیستم می‌شود.



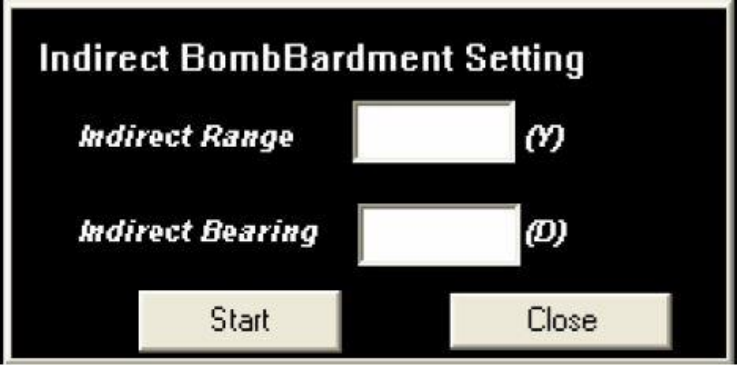
شکل ۲-۱۰: نمایی از قسمت Blind Bombardment در Control Panel.

پس از وارد نمودن اطلاعات مورد نظر باید کلید Start فشرده شود. با فشردن این کلید، بر طبق اطلاعات وارد شده، هدفی تعریف شده و سلاح به آن تخصیص داده می‌شود. حال با حرکت واحد در سمت و زاویه برحسب اطلاعات حس‌گرهای مختلف، سعی می‌شود مکان جدید هدف به صورت خودکار شناسایی و سلاح، هدف مورد نظر را تعقیب و ردگیری نماید. کلید Start یک کلید دو وضعیتی است که پس از فشرده شدن به Stop تغییر نام می‌دهد.

## Indirect Bombardment ۸.۳.۲

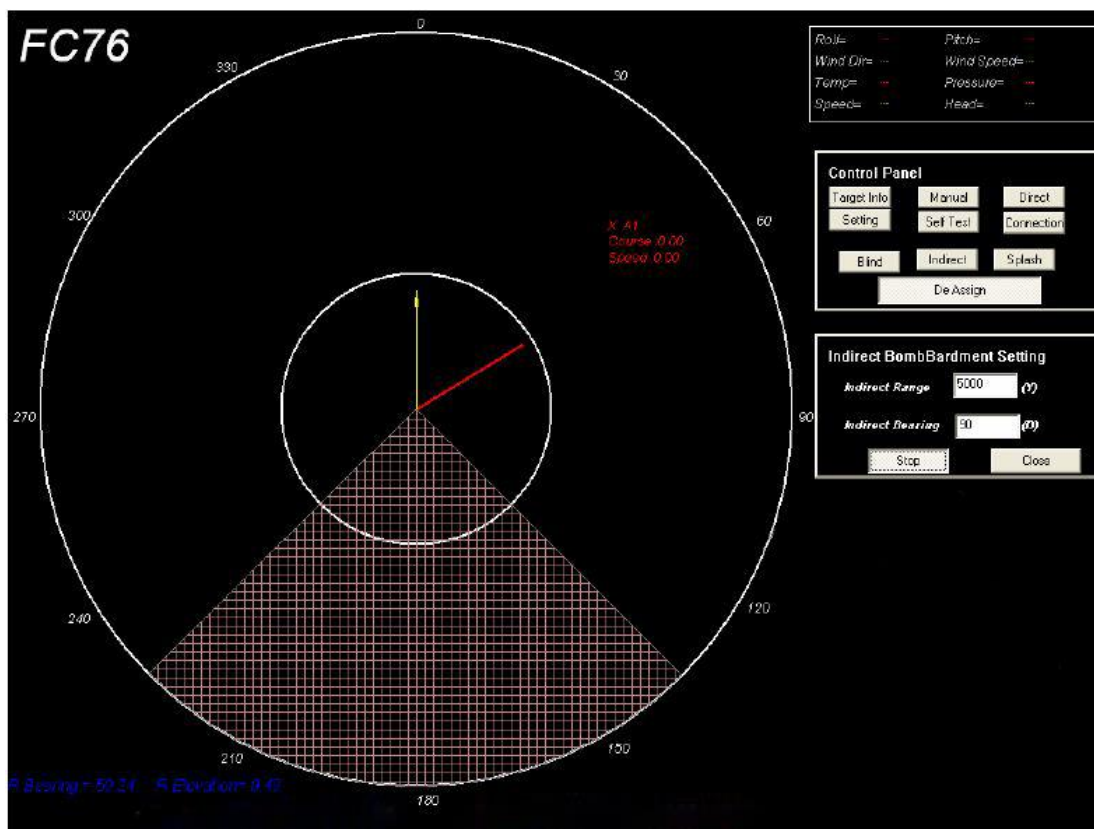
این بخش برای انجام عملیات بمباران غیر مستقیم، تعبیه شده است. شکل ۲-۱۱ نمایی از قسمت Indirect Bombardment را نشان می‌دهد. برای انجام این کار باید ابتدا هدفی از سوی رادار ارسال شود. این هدف به عنوان هدف کمکی در نظر گرفته خواهد شد. سپس سلاح مورد نظر به این هدف کمکی تخصیص داده شود. سپس سمت و فاصله هدف واقعی نسبت به هدف کمکی محاسبه شده و به سیستم وارد می‌شود. به منظور قرار دادن سیستم در حالت غیر مستقیم، کفایت اطلاعات مربوط به

سمت و فاصله هدف اصلی نسبت به هدف کمکی را در پنجره مربوطه که در شکل زیر دیده می‌شود، وارد نمود. پس از وارد نمودن اطلاعات باید کلید Start را فشرد. در پایان برای خارج کردن سیستم از حالت غیر مستقیم باید کلید Stop را فشرد.



شکل ۱۱-۲: نمایی از قسمت Indirect Bombardment در Control Panel.

در این حالت برخلاف حالت بمباردمان کور، دقت حس‌گرهای مربوط به راه و سرعت در دقت محاسبات سیستم کنترل آتش حائز اهمیت نیست، بلکه قسمت با اهمیت، دقت محاسبات و اطلاعات ارسالی از سوی رادار است. شکل ۱۲-۲ نمایی از تخصیص سلاح در حالت غیرمستقیم را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، راستای سلاح با راستای هدف یکسان نیست، چرا که هدف نشان داده شده هدف کمکی است و سلاح هدف اصلی را نشانه‌روی کرده است.



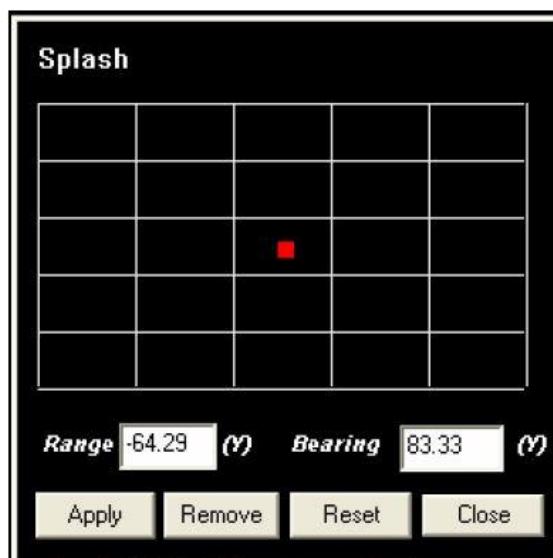
شکل ۱۲-۲: نمایی از تخصیص سلاح در حالت غیرمستقیم.

### ۹.۳.۲ Splash

این بخش برای وارد کردن اطلاعات مربوط به Splash در زمان تیراندازی تعبیه شده است. در پنجره طراحی شده در این قسمت می‌توان اطلاعات مربوط به Splash در سیستم کنترل آتش توسط کاربر را وارد کرد. شکل ۱۳-۲ پنجره مربوط به Splash را که با فشردن کلید مربوطه در کنترل پنل فعال می‌شود را نشان می‌دهد.

همان طور که در شکل ۱۳-۲ دیده می‌شود، نقطه قرمز رنگ مکان هدف را نشان می‌دهد. برای وارد کردن نقطه مربوط به Splash باید مکان‌نمای ماوس را حول نقطه هدف حرکت داد، با حرکت ماوس اطلاعات مربوط به نقطه‌ای که هم‌اکنون زیر ماوس قرار دارد، در قسمت‌های مربوط به Range و Bearing نشان داده می‌شود. محور افقی به عنوان Bearing و محور عمودی به عنوان Range در نظر گرفته شده و فاصله استخراج شده در هر دو محور بر حسب یارد خواهد بود.





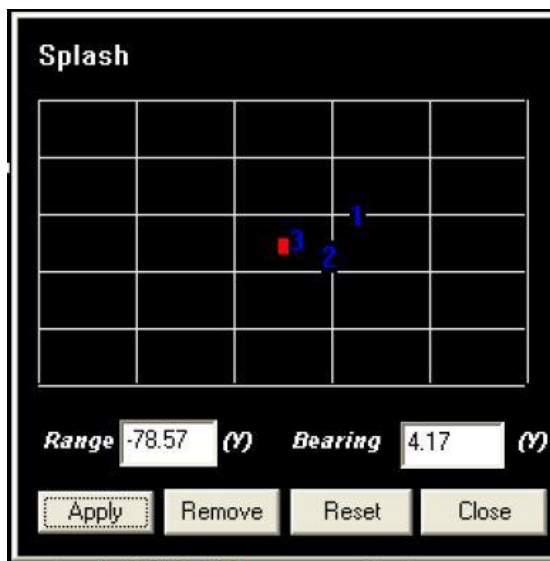
شکل ۲-۱۳: نمایی از قسمت Splash در Control Panel.

پس از اینکه با حرکت ماوس حدود نقطه مورد نظر برای Splash مشخص شد، برای ثبت آن نقطه باید در نقطه مورد نظر کلیک نمود. در این زمان شماره نقطه در همان قسمت نشان داده می‌شود. در پایان کلید Apply فشرده می‌شود. با فشردن کلید Apply اطلاعات مربوط به این نقطه Splash در سیستم وارد شده و در حل مسئله تیر دخالت داده خواهد شد.

از آنجایی که الگوریتم به کار برده شده در Splash از نوع تنصیف است، تنظیم دقیق نشانه روی سلاح پس از وارد کردن چندین نقطه Splash میسر خواهد بود. اعمال یک نقطه گرچه به افزایش دقت کمک شایانی می‌کند، اما کافی نیست.

### ۱.۹.۳.۲ Apply

همان طور که شرح داده شد پس از نهایی‌سازی اطلاعات مربوط به نقطه Splash باید این کلید را فشار داد تا اطلاعات نهایی شده در محاسبات لحاظ شود. شکل ۲-۱۴ نمایی از پنجره Splash پس از وارد نمودن اطلاعات سه نقطه را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۴: پنجره Splash پس از وارد نمودن سه نقطه.

#### Remove ۲.۹.۳.۲

از این کلید برای حذف اطلاعات آخرین نقطه مربوط به Splash به صورت تک به تک استفاده می‌شود.

#### Reset ۳.۹.۳.۲

از این کلید برای حذف کلیه نقاط وارد شده و قرار دادن سیستم در حالت بدون Splash استفاده می‌شود.

#### Close ۴.۹.۳.۲

از این کلید برای بستن پنجره استفاده می‌شود.

#### Assign ۱۰.۳.۲

این بخش یکی از اصلی‌ترین بخش‌های سیستم است. کاربر می‌تواند هدف را به سلاح تخصیص داده و یا سلاح را از حالت تخصیص خارج نماید. روند تخصیص سلاح برای کلیه اهداف مشابه است. برای انجام تخصیص سلاح به این صورت عمل می‌کنیم که، کلید Assign را فشار می‌دهیم. فشار دادن این کلید باعث می‌شود که نشانگر ماوس به شکل یک دست درآید. نشانگر ماوس را حوالی هدف مورد نظر

در صفحه نمایش منتقل کرده و سپس بر روی آن کلیک می‌کنیم. انجام عمل کلیک باعث می‌شود که هدف به سلاح تخصیص یافته و رنگ آن قرمز شود. اگر هدف در خارج از مسافت ۱۸۰۰۰ یارد قرار داشته باشد و یا هدف در محدوده کور قرار داشته باشد، عمل تخصیص انجام نمی‌شود. همین‌طور در صورتیکه فاصله هدف بیش از حد مجاز نزدیک باشد و انجام عمل آتش باعث صدمه زدن به واحد خودی شود نیز عمل تخصیص صورت نمی‌پذیرد. تخصیص هدف به سلاح باعث بسته شدن زنجیره آتش خواهد شد، به عبارت دیگر اگر هدفی به سلاحی تخصیص داده نشود، امکان آتش وجود نخواهد داشت و کلید Fire عمل نخواهد کرد. کلید Assign نیز یک کلید دو وضعیتی است و پس از فشردن شدن به حالت DeAssign در می‌آید. برای رفع تخصیص هدف به سلاح بایستی از این کلید استفاده نمود.

در این فصل به توضیح تمام قسمت‌های نرم‌افزار تهیه شده پرداختیم و ویژگی‌هایی که برای این نرم‌افزار در نظر گرفته‌ایم مورد بررسی قرار گرفت. حال در فصل‌ها ۳ و ۴ به بررسی روش تخمین جهت نهایی گلوله می‌پردازیم.



الگوریتم‌های کنترل

فصل ۳

آتش

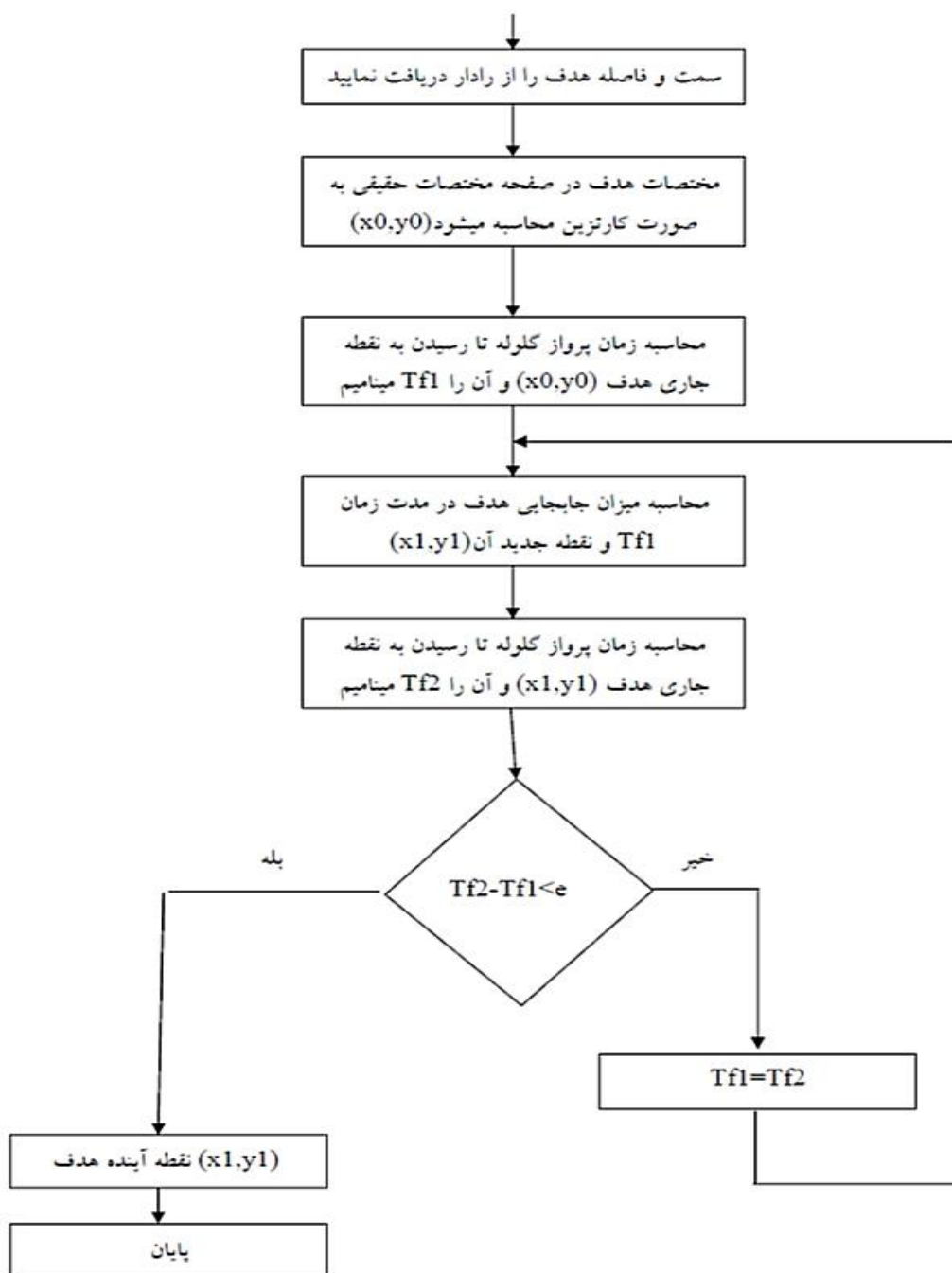
## مقدمه

الگوریتم‌های متنوعی در سیستم طراحی شده به کار رفته است که بسیاری از آنها در راستای نمایش دقیق، ارتباط با سایر دستگاه‌ها می‌باشد. در اینجا به شش الگوریتم مهم که هدف آنها بیشتر کنترل دقیق سلاح در راستای تیراندازی دقیق است، اشاره می‌شود. در طراحی کلیه این الگوریتم‌ها سعی شده است علاوه بر در نظر گرفتن دقت مناسب، سرعت اجرای الگوریتم نیز مدنظر قرار گیرد. در این راستا سیستم طراحی شده می‌تواند به صورت بلادرنگ سیستم را کنترل نماید.

### ۱.۳ تعیین نقطه آینده هدف

همان‌طور که از نام این الگوریتم بر می‌آید، استفاده از آن در تعیین نقطه آینده هدف می‌باشد. استفاده از آن در هنگامی است که هدف دارای سرعت و سمت باشد. در اینجا نشانه‌روی بر روی هدف با توجه به نقطه آینده آن انجام می‌شود تا احتمال برخورد افزایش یابد. در این الگوریتم فرض شده است که سرعت هدف خطی است و با گذشت زمان تغییرات اندکی دارد، از سوی دیگر سمت هدف در مدت زمان پرواز گلوله تا رسیدن به هدف نسبتاً ثابت است. بدیهی است، ارائه هرگونه فرض دیگری در این دو مورد نیازمند ابزار اندازه‌گیری دقیق تری نسبت به رادار است.

مراحل این الگوریتم در فلوچارت شکل ۱-۳ شرح داده شده است، همان‌طور که از این فلوچارت بر می‌آید، محاسبه نقطه آینده هدف وابسته به روند حل مسئله تیر و محاسبه زمان پرواز گلوله است. این الگوریتم یک الگوریتم تکرار شونده است که شرط پایان آن نزدیک شدن دو زمان پرواز محاسبه شده مانند  $e$  است. مقدار  $e$  در الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده برابر  $10^{-1}$  ثانیه فرض شده است. توضیحات نوشته در فلوچارت شکل ۱-۳ کامل و ساده است و نیازی به توضیح و تشریح بلوک‌های هر قسمت نیست.



شکل ۱-۳ فلوجارت محاسبه نقطه آینده هدف.

## ۲.۳ حل مسئله تیر

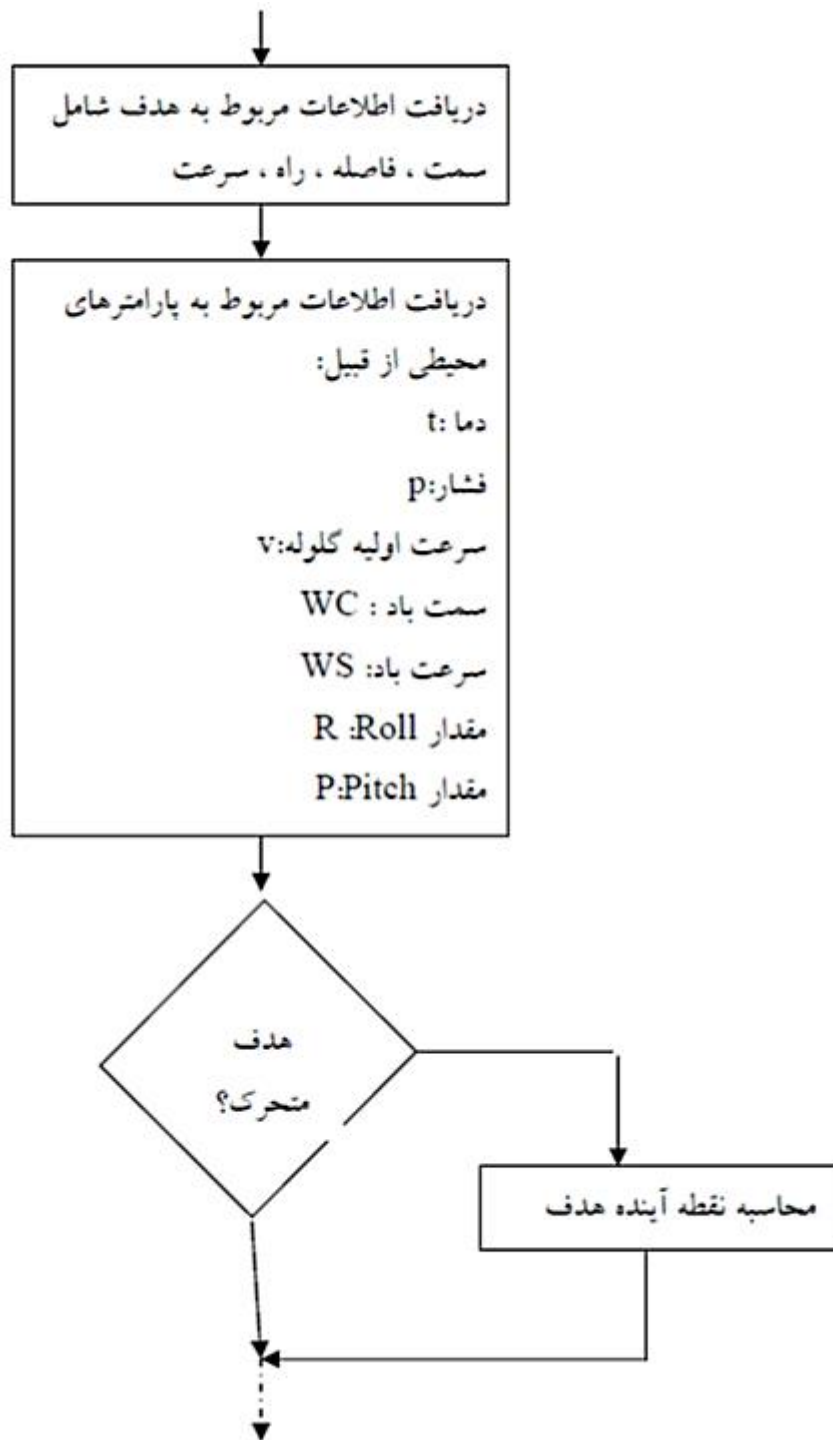
خروجی این الگوریتم زاویه سمت و فراز سلاح برای نشانه روی و شلیک بر روی یک هدف است. چنانچه هدف متحرک باشد، از الگوریتم محاسبه نقطه آینده هدف به عنوان جزئی از الگوریتم استفاده می‌شود. گرچه در حالتیکه هدف ثابت اما واحد متحرک است، مختصات هدف در صفحه واحد با جابجایی آن تغییر خواهد کرد، اما محاسبه این تغییر و بروزرسانی دقیق آن بر عهده سیستم رادار می‌باشد، بنابراین در این حالت تغییرات لازم به خصوص در زاویه سمت در الگوریتم حل مسئله تیر وارد نخواهد شد. شکل ۳-۲ مراحل اجرای این الگوریتم را نشان می‌دهد.

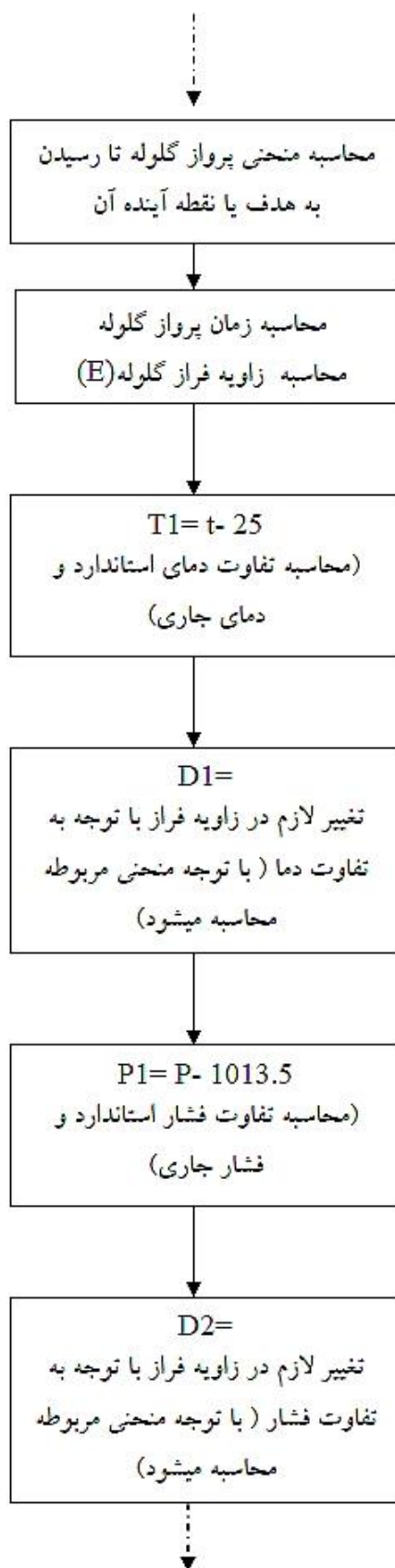
مراحل اجرای الگوریتم به این صورت است که بعد از اینکه اطلاعات اولیه از حس‌گرهای مختلف وارد واحد پردازشگر شد، با استفاده از الگوریتم بخش ۱.۳ بررسی می‌شود که آیا هدف متحرک است یا خیر. پس از تعیین متحرک یا ثابت بودن هدف، زمان و زاویه پرتاب گلوله تا رسیدن به نقطه را بدون در نظر گرفتن تأثیر پارامترهای دیگر مانند دما، باد، فشار و غیره محاسبه می‌نماییم.

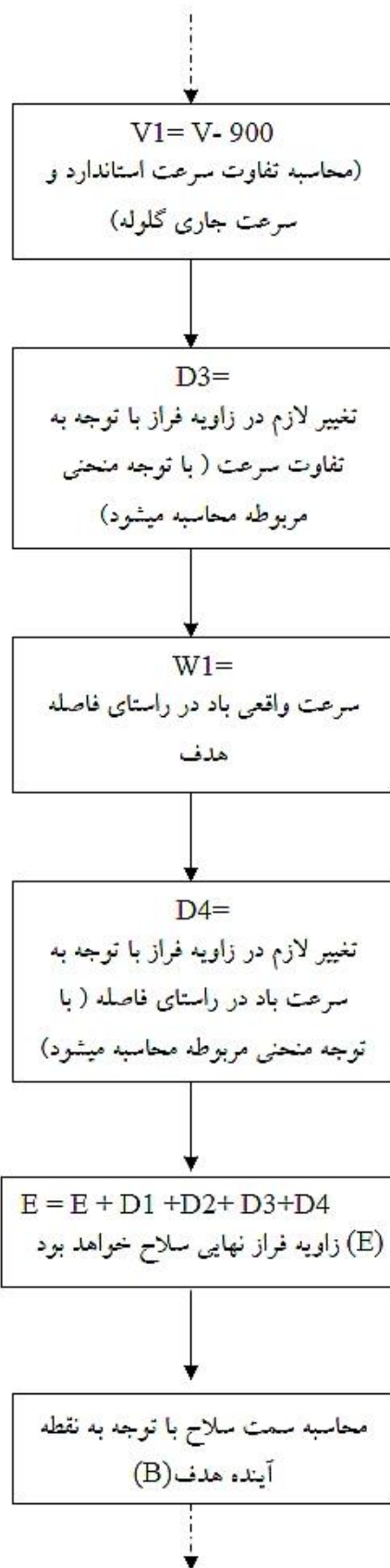
سپس به ترتیب تأثیر پارامترهای دما، فشار، سرعت اولیه و سرعت باد را محاسبه و در نهایت به مقدار زاویه فراز (E) اضافه می‌نماییم. همچنین میزان تأثیر drift گلوله و جهت باد را محاسبه و به مقدار زاویه سمت (B) اضافه می‌نماییم. پس از اینکه سمت و فراز گلوله تعیین شد، در مرحله آخر باید مقدار Roll و Pitch را در سمت و فراز گلوله تأثیر دهیم تا سمت و فراز نهایی حاصل شود و گلوله آماده شلیک شود.

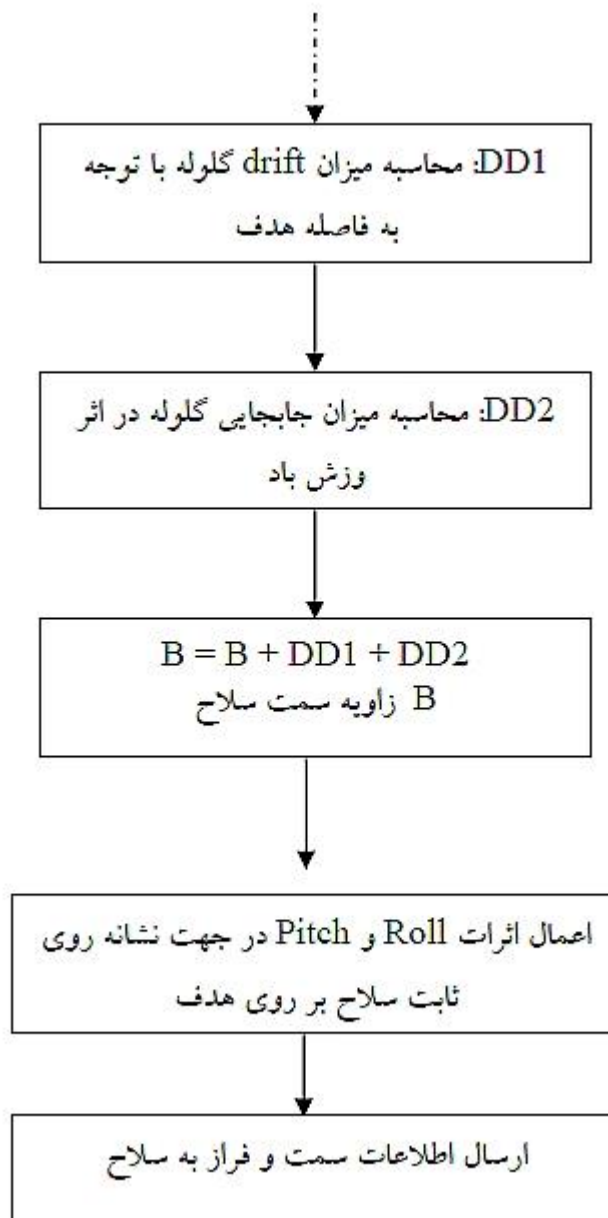
نکته بسیار مهمی که در اینجا باید ذکر شود این است که، تمام محاسبات بالا باید به صورت بلادرنگ انجام شود. در صورتی که هدف ساکن باشد، تغییرات بروزرسانی آنچنان زیاد نخواهد بود، اما در صورتی که هدف متحرک باشد، قدرت محاسباتی باید به اندازه‌ای بالا باشد تا به صورت بلادرنگ بتواند هدف را دنبال کند و در صورت شلیک گلوله هدف را مورد اصابت قرار دهد.











شکل ۲-۳ فلوجارت حل مسئله تیر.

### ۳.۳ Indirect Bombardment

در روش بمباردمان غیر مستقیم سعی می‌شود که بدون قفل شدن رادار بر روی یک هدف مشخص و با استفاده از یک هدف کمکی، نشانه روی بر روی هدف اصلی انجام شود. برای این منظور باید ابتدا سمت و فاصله هدف اصلی نسبت به نقطه کمکی به سیستم داده شود، سپس سلاح بر روی هدف کمکی Assign شود و سیستم در حالت غیر مستقیم قرار گیرد. شکل ۳-۳ فلوجارت الگوریتم Indirect را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳ فلوجارت الگوریتم بمباران غیر مستقیم.

## ۴.۳ Blind Bombardment

هدف از این الگوریتم انجام بمباردمان بر روی یک هدف ثابت بدون استفاده از رادار است. بنابراین باید اطلاعات مربوط به سمت و فاصله هدف را در یک لحظه مشخص وارد سیستم نمود و الگوریتم باید بتواند با توجه به پارامترهای دینامیک واحد مانند راه، سرعت مختصات جدید هدف را محاسبه نموده و سلاح به آن نشانه رود.

روند کار مشابه بمباردمان غیر مستقیم است، با این تفاوت که در این روش باید در بازه های زمانی مشخصی تغییر مختصات محاسبه شود. بدیهی است هرچه این بازه کوتاه تر باشد، محاسبه میزان دقیق جابجایی و مختصات دقیق هدف، بهتر میسر می شود. اندازه بازه بروزرسانی نباید به اندازه ای کوچک انتخاب شود که امکان انجام سایر فعالیت های سیستم تحت تاثیر قرار گیرد.

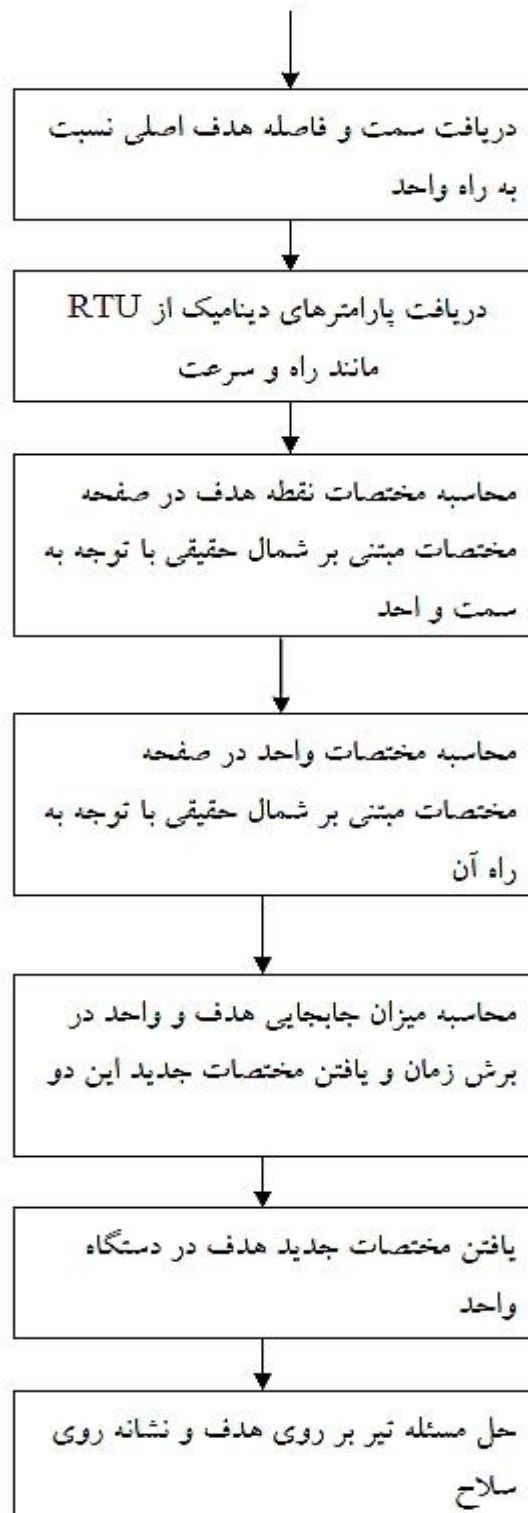
در اینجا نیز ابتدا مختصات هدف و واحد در دستگاه مختصات حقیقی محاسبه می شود. سپس با توجه به پارامترهای دینامیک پس از گذشت مدت زمان مشخصی مختصات جدید واحد در دستگاه مختصات حقیقی محاسبه می شود و سپس مختصات نقطه مورد نظر در دستگاه مبتنی بر راه واحد محاسبه می شود. با اندک تغییراتی در الگوریتم فوق میتوان از آن برای انجام تخمین<sup>۱</sup> نیز استفاده کرد. هدف از تخمین، محاسبه موقعیت یک هدف در دستگاه مختصات با توجه به سمت و سرعت آن است.

برای انجام این محاسبه با توجه به شرایط فوق کافی است، در هر برش زمانی میزان جابجایی هدف نیز تعیین گردد. با تعیین این مقدار کافی است فاصله هدف از واحد و زاویه آن محاسبه شود. با محاسبه سمت و فاصله هدف از واحد، نشانه روی بر روی آن انجام شده و حل مسئله تیر انجام می شود. بدیهی است در صورتی که هدف دارای سرعت باشد، در حل مسئله تیر محاسبه نقطه آینده هدف نیز مد نظر قرار خواهد گرفت و نشانه روی سلاح با توجه به این اطلاعات انجام خواهد شد. بدیهی است وجود

---

<sup>1</sup> Prediction

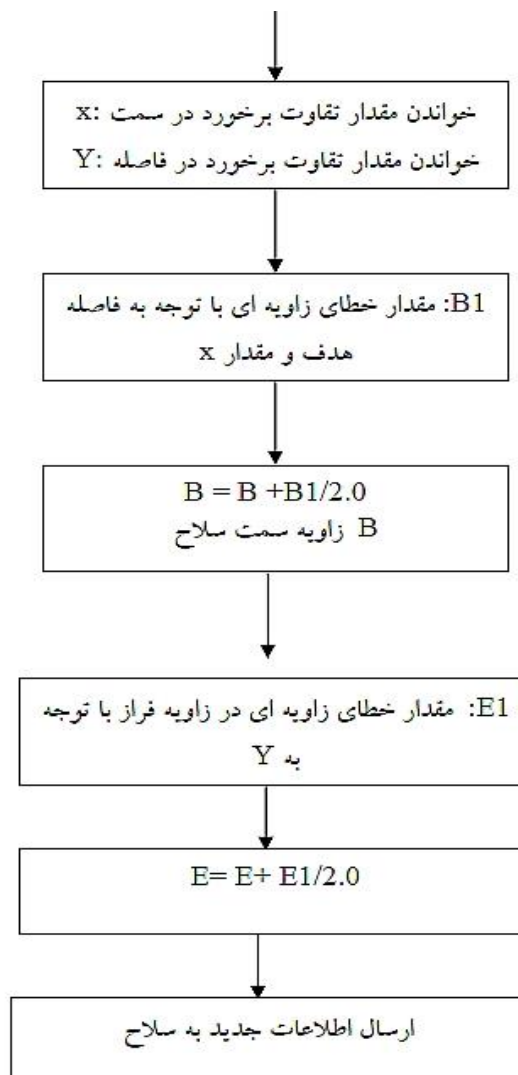
هرگونه خطا در حس گرهای ورودی منجر به کاهش دقت نشانه روی خواهد شد. شکل ۳-۴، فلوجارت مربوط به این الگوریتم را نشان می دهد.



شکل ۳-۴ فلوجارت الگوریتم بمباران کور.

### ۵.۳ تصحیح برخورد گلوله

هدف این الگوریتم تصحیح خطای ناشی از نشانه‌روی است. به این شکل که کاربر اطلاعات مربوط به گلوله را به سیستم وارد نموده و سیستم سعی می‌کند با در نظر گرفتن اثرات ناشی از Splash به گلوله‌هایی که تا به حال به سمت هدف پرتاب شده است، نحوه نشانه‌روی به سوی هدف را تصحیح نماید. برای اینکه نشانه‌روی به سمت هدف به صورت آشفته نباشد، اثرات گلوله‌های مختلف پرتابی با یکدیگر جمع می‌شوند تا در نهایت بردار برآیند آنها نشانه‌روی دقیق انجام دهد. شکل ۲-۵ فلوجارت تصحیح برخورد گلوله را نشان می‌دهد.

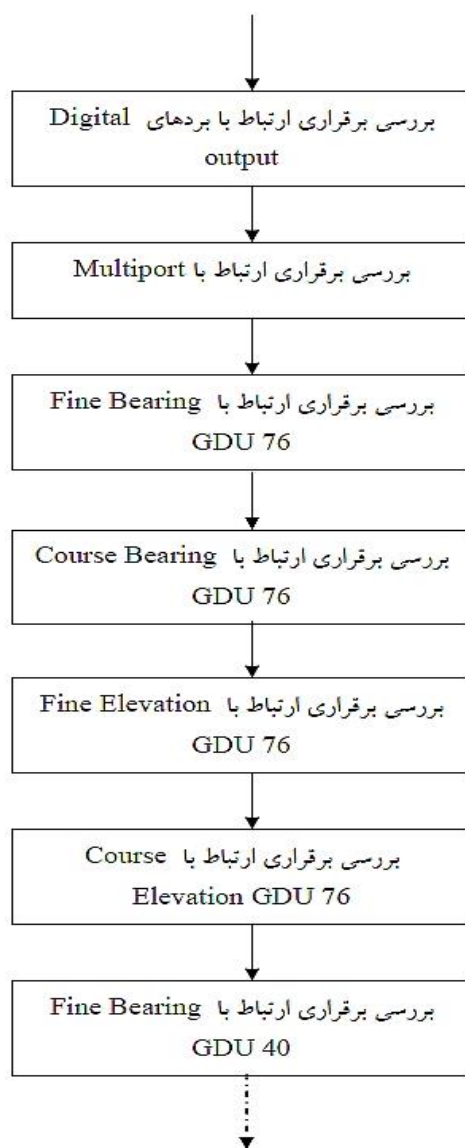


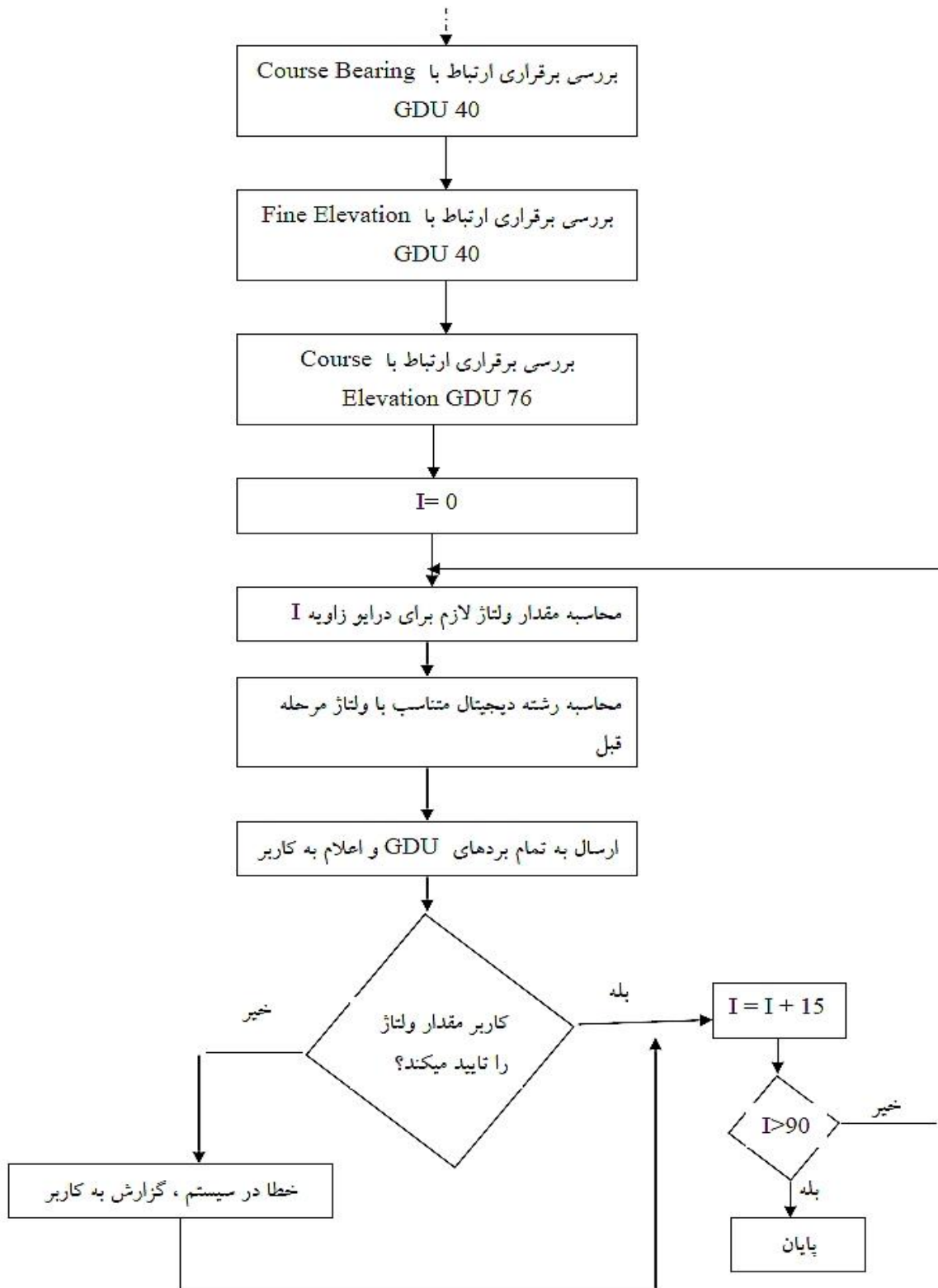
شکل ۲-۵: فلوجارت الگوریتم اعمال تصحیحات.



### Self Test ۶.۳

هدف از Self Test بررسی نرم‌افزاری و سخت افزار موجود در سیستم و استخراج خطاهای احتمالی و اعلام آن‌ها به کاربر است. در هنگام انجام این آزمون باید سلاح خاموش باشد، چرا که کنترل کلیه درایورهای سلاح بر عهده این الگوریتم است و ممکن است دستوراتی از سوی الگوریتم به سلاح ارسال شود که باعث ایجاد حرکات ناموزون برای سلاح شوند. شکل ۶-۳ روند این الگوریتم را نمایش می‌دهد.





شکل ۳-۶: فلوجارت الگوریتم Self Test.

در این فصل به توضیح الگوریتم‌های مختلف استفاده شده در نرم‌افزار پرداخته شد. در فصل آینده می‌خواهیم با استفاده از شبکه‌های عصبی به تخمین سمت و فراز نهایی توپ ۷۶ میلی‌متری بپردازیم.



شبکه عصبی در کنترل

فصل ۴

آتش

## مقدمه

شبکه‌های عصبی در حل مسایل یک جهت جدید و متمایز نسبت به روش‌های متداول گشوده‌اند. روش‌های محاسباتی متداول از یک الگوریتم استفاده می‌کنند؛ یعنی برای حل مسایل از یک سری دستورات از پیش تعیین شده پیروی می‌کنند، مگر در مواقع ویژه‌ای که رایانه نیاز به یک سری اطلاعات برای حل مساله دارد و همین مساله توانایی پردازش را از رایانه‌های معمولی به مسائلی که ما فهمیده‌ایم و روش حل آنها را شناخته‌ایم محدود می‌کند و تنها سرعت عمل و قدرت در حل نمونه‌های بزرگتر را به همراه دارند. اما رایانه‌ها باید به قدری مفید باشند که بتوانند کارهایی را انجام دهند که انسان نمی‌داند چگونه آنها را انجام دهد.

شبکه‌های عصبی و روش‌های محاسباتی معمولی با هم در حال رقابت نیستند، بلکه کامل کننده یکدیگرند. وظایفی وجود دارد که بیشتر مناسب روش‌های الگوریتمی هستند، نظیر عملیات محاسباتی و وظایفی نیز وجود دارد که بیشتر مناسب شبکه‌های عصبی هستند. حتی فراتر از این مسایل، مسایلی وجود دارد که نیازمند به سیستمی است که از ترکیب هر دو روش بدست می‌آید (به‌طور معمول کامپیوترهای معمولی برای نظارت بر شبکه‌های عصبی به کار گرفته می‌شوند) به این قصد که بیشترین کارایی بدست آید.

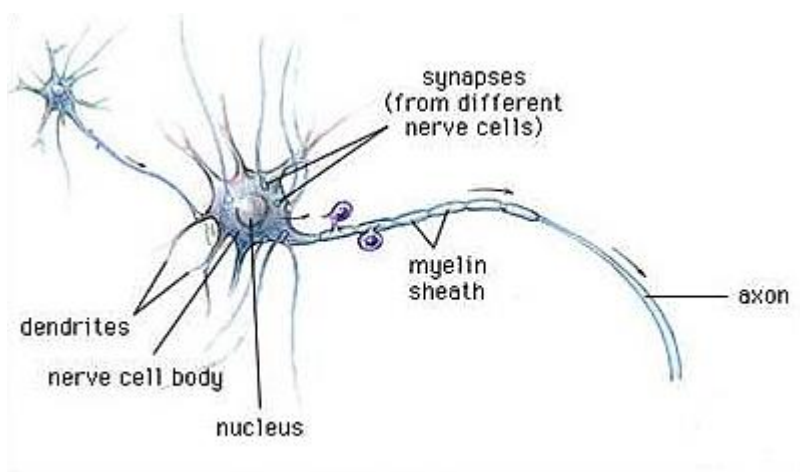
در این فصل می‌خواهیم به کاربرد شبکه‌های عصبی در سلاح‌های نظامی بپردازیم. در این فصل ابتدا با مقدماتی به معرفی شبکه عصبی چندلایه پرسپترون<sup>۱</sup> می‌پردازیم، سپس نحوه استفاده از این الگوریتم در تخمین سمت و فراز نهایی توپ ۷۶ میلی‌متری را توضیح می‌دهیم.

---

<sup>1</sup> Multi layer perceptron

## ۱.۴ ساختار کارکرد مغز انسان

ابتدا برای پیاده‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی به روش کارکرد مغز انسان که یک شبکه عصبی زیستی است، می‌پردازیم. مغز انسان از حدود  $10^{11}$  واحد بسیار ریز به نام نورون<sup>۱</sup> ساخته شده است. هر نورون به هزاران نورون دیگر متصل است و از طریق سیگنال‌های الکتروشیمیایی با آنها در ارتباط است. نورون‌ها از چهار بخش اصلی دندریت‌ها<sup>۲</sup>، سوما<sup>۳</sup>، آکسون<sup>۴</sup> و سیناپس<sup>۵</sup> تشکیل شده‌اند. سیگنال‌هایی که به یک نورون می‌رسد، از طریق اتصالاتی که سیناپس نام دارد، دریافت می‌شود. این اتصالات در انتهای هسته سلول عصبی که منشعب می‌شود، دندریت نام دارد. نورون به‌طور پیوسته از این ورودی‌ها سیگنال می‌گیرد و به همراه یک مقدار جادو آن را ارائه می‌کند. آنچه که نورون انجام می‌دهد، جمع کردن ورودی‌ها در خودش به روش‌هایی است، چنانچه نتیجه نهایی از یک مقدار آستانه بیشتر شود، نورون برانگیخته می‌شود و یک ولتاژ ایجاد می‌کند و سیگنالی را در امتداد آکسون<sup>۶</sup> می‌فرستد [1]. در شکل ۴-۱، نمای ساده شده‌ای از ساختار یک نورون زیستی نمایش داده شده است.



شکل ۴-۱: نمای ساده از یک نورون زیستی در مغز انسان.

- 1 neuron
- 2 Dendrit
- 3 Soma
- 4 Axon
- 5 Synapses
- 6 axon

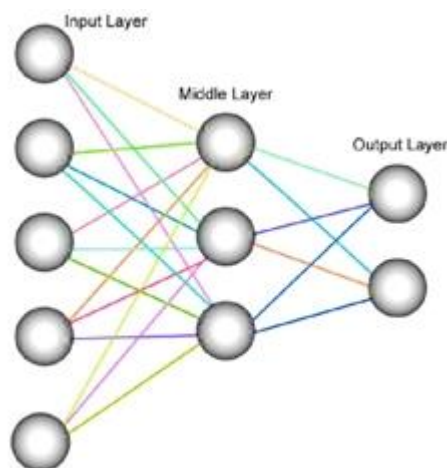
## ۲.۴ شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی اطلاعات را به روشی مشابه با کاری که مغز انسان انجام می‌دهد، پردازش می‌کنند. شبکه‌های عصبی مصنوعی ترکیبی از مجموعه نورون‌هاست و البته نورون‌های مصنوعی‌ای که بسیار شبیه به نورون‌های زیستی کار می‌کنند. بدین گونه است که ورودی‌های زیادی با وزن‌های مختلف می‌گیرد و یک خروجی که به ورودی وابسته است تولید می‌کند. نورون‌های زیستی می‌توانند در حال برانگیزش باشند یا نباشند (وقتی یک نورون برانگیخته می‌شود، ضربه علائم خروجی آن مقداری کمتر از ۱۰۰ هرتز است).

وضعیت نسبی سلول‌ها در شبکه (تعداد و گروه‌بندی و نوع اتصالات آنها) را معماری گویند. در معماری یک شبکه تعداد لایه‌ها و اتصالات بین آنها مهم است. ورودی‌های شبکه با نام لایه ورودی و خروجی‌های شبکه با نام لایه خروجی و در صورت نیاز لایه‌های میان این دو لایه پنهان نامیده می‌شود.

- **لایه ورودی:** این لایه ورودی‌ها را دریافت می‌کند و بر حسب قدرت ارتباطش با لایه بعد سیگنال ورودی را به لایه بعد می‌فرستد. قدرت ارتباط هر نورون به نورون دیگر را وزن آن نورون گویند.
- **لایه میانی:** تعداد لایه‌های میانی و تعداد نورون‌های آن دلخواه است. لایه‌های میانی باید با دقت انتخاب شوند تا خروجی مناسب را به ما بدهند.
- **لایه خروجی:** گروه دیگری از نورون‌ها نیز از طریق خروجی‌های خود، جهان خارج را می‌سازند. شبکه عصبی مصنوعی مانند یک تابع عمل می‌کند که به تعداد نورون‌های ورودی، ورودی می‌گیرد و به تعداد نورون‌های خروجی، خروجی می‌دهد. شکل ۴-۲ نمونه‌ای از یک شبکه عصبی مصنوعی دو لایه را نشان می‌دهد.





شکل ۴-۲: نمایی از یک شبکه عصبی مصنوعی دولایه.

در بسیاری از شبکه‌های عصبی، اتصالات بین نورونی به گونه‌ای است که نورون‌های لایه‌های میانی، ورودی خود را از تمام نورون‌های لایه پایینی خود (به طور معمول لایه نورون‌های ورودی) دریافت می‌کنند. بدین ترتیب در یک شبکه عصبی، سیگنال‌ها به تدریج از یک لایه ورودی به لایه‌های بالاتر حرکت می‌کنند و در نهایت به لایه آخر و خروجی شبکه می‌رسند. چنین مسیری در اصطلاح فنی پیش‌خورد<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. ارتباطات بین نورونی در شبکه‌های عصبی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند و به نوعی قدرت یک شبکه عصبی را تعیین می‌کنند. نوع دیگری از ارتباط بین نورونی در شبکه‌های عصبی به ارتباط بازخورد<sup>۲</sup> معروف است. در این نوع از ارتباطات، خروجی یک لایه نورونی به لایه قبلی (یا به لایه‌ای که چند مرحله پایین‌تر است) اتصال داده می‌شود.

## ۱.۲.۴ نورون عصبی

نورون کوچک‌ترین واحد یک شبکه عصبی مصنوعی است که ساختار شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد. هر نورون دارای چند بخش است:

- **سوما:** به عنوان یک تابع ریاضی مدل می‌شود.

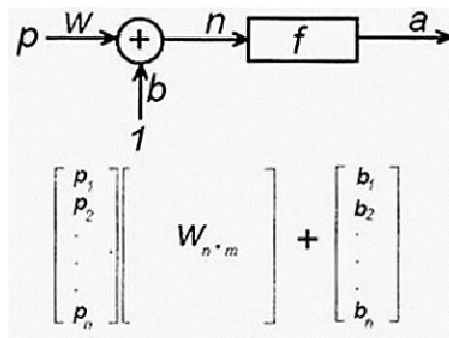
<sup>1</sup> Feedforward

<sup>2</sup> Feedback

• دندریت: ورودی یک تابع

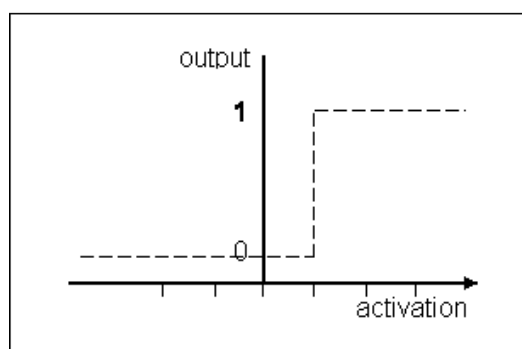
• آکسون: خروجی تابع

در متون علمی برای نمایش مدل ساده‌ای که در بالا تشریح گردید، به طور معمول از شکلی مشابه شکل ۳-۴ استفاده می‌شود. در این شکل کلاسیک، از علامت  $p$  برای نشان دادن یک سیگنال ورودی استفاده می‌شود. در واقع در این مدل، یک سیگنال ورودی پس از تقویت (یا تضعیف) شدن به اندازه پارامتر  $w$ ، به صورت یک سیگنال الکتریکی با اندازه  $pw$  وارد نورون می‌شود. جهت ساده‌سازی مدل ریاضی، فرض می‌شود که در هسته سلول عصبی، سیگنال ورودی با سیگنال دیگری به اندازه  $b$  جمع می‌گردد. در واقع سیگنال  $b$  خود به معنی آن است که سیگنالی به اندازه واحد در پارامتری مانند ضرب (تقویت یا تضعیف) می‌شود. مجموع حاصل، یعنی سیگنالی به اندازه  $pw + b$  قبل از خارج شدن از سلول تحت عمل یا فرآیند دیگری واقع می‌شود که در اصطلاح فنی به آن تابع انتقال می‌گویند. این موضوع در شکل به وسیله جعبه‌ای نمایش داده شده است که روی آن علامت  $f$  قرار داده شده است. ورودی این جعبه همان سیگنال  $pw + b$  است و خروجی آن یا همان خروجی سلول، با علامت  $a$  نشانه‌گذاری شده است. در ریاضی، بخش آخر مدل‌سازی با رابطه  $a = f(pw + b)$  نمایش داده می‌شود. پارامتر  $w$  یا همان ضریبی که سیگنال ورودی  $p$  در آن ضرب می‌شود، در اصطلاح ریاضی به نام پارامتر وزن گفته می‌شود. وزن‌ها در شبکه عصبی می‌توانند منفی یا مثبت باشند، بنابراین می‌تواند تاثیر بازدارنده یا تحریک‌کننده بر هر ورودی داشته باشد.



شکل ۳-۴: مدلی ساده از یک نورون مصنوعی در شبکه‌های عصبی مصنوعی.

وقتی هر ورودی به هسته وارد می‌شود در وزن متناظر خود ضرب می‌شود، سپس هسته تمام ورودی‌های رسیده را جمع می‌کند و در نهایت به ما تحریک را می‌دهد. اگر تحریک بیش از مقدار آستانه باشد (به عنوان مقدار آستانه ۱ باشد)، نورون یک سیگنال خروجی خواهد داشت. اگر تحریک کمتر از مقدار آستانه (کمتر از ۱) باشد، خروجی نورون صفر است. این مورد عموماً تابع پله نامیده می‌شود. شکل ۴-۴ این تابع پله را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴: تابع پله.

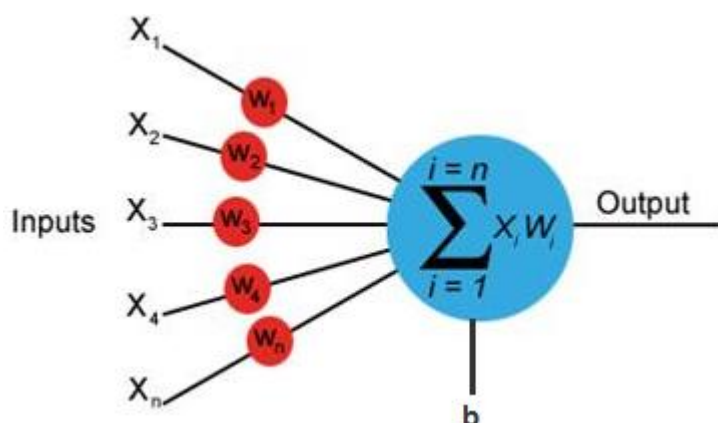
زمانی که از کنار هم قرار دادن تعداد بسیار زیادی از سلول‌های فوق یک شبکه عصبی بزرگ ساخته شود، شبکه‌ای در دست خواهیم داشت که رفتار آن علاوه بر تابع خروجی  $f$ ، کاملاً به مقادیر  $w$  و  $b$  باید توسط طراح شبکه مقاردهی شوند. این فرآیند کار، در اصطلاح دانش شبکه‌های عصبی به فرآیند یادگیری معروف است. در واقع در یک آزمایش واقعی، پس از آن که سیگنال‌های ورودی چنین شبکه بزرگی اتصال داده شدند، طراح شبکه با اندازه‌گیری خروجی و با انتخاب پارامترهای  $w$  و  $b$  به گونه‌ای که خروجی مطلوب به دست آید، شبکه را آموزش می‌دهد. به این ترتیب پس از آنکه چنین شبکه‌ای به ازای مجموعه‌ای از ورودی‌ها برای ساختن خروجی‌های مطلوب آموزش دید، می‌توان از آن برای حل مسائلی که از ترکیب متفاوتی از ورودی‌ها ایجاد می‌شوند، بهره برد. حال با توجه به شکل ۴-۵ سعی می‌کنیم توضیحات بالا را با روابط ریاضی توصیف نماییم. ورودی‌ها را با  $x_1, x_2, \dots, x_n$  و وزن‌ها را نیز با  $w_1, w_2, \dots, w_n$  نشان می‌دهیم. حاصل جمع وزن‌ها ضرب در ورودی‌ها را به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$a = x_1w_1 + x_2w_2 + x_3w_3 + \dots + x_nw_n + b$$

برای راحتی بیشتر رابطه بالا به صورت زیر نوشته می شود:

$$a = \sum_{i=1}^n x_iw_i + b$$

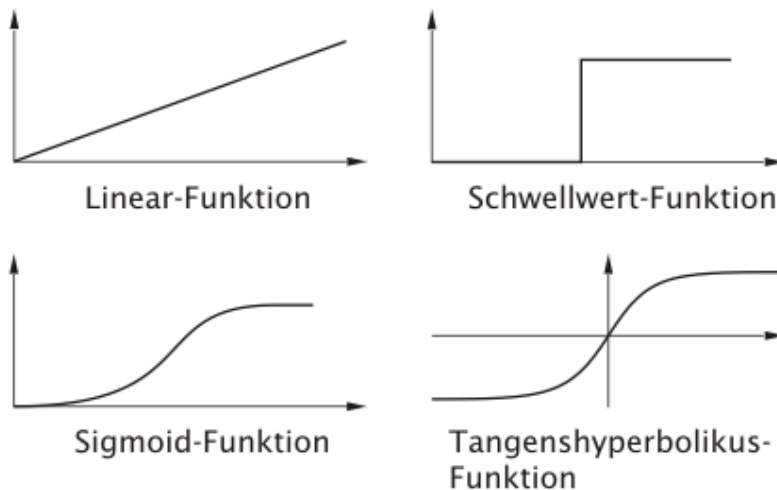
توضیحات و روابط بالا به صورت نموداری در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۵: نمایی از شبکه عصبی ساده.

تابع  $f$  می تواند بر حسب کاربردهای گوناگون به طور ریاضی، به شکل های متفاوتی انتخاب شود. در برخی از کاربردها، پاسخ مسائل از نوع دودویی است. مثلا مساله به گونه ای است که خروجی شبکه عصبی باید چیزی مانند سیاه یا سفید یا آری یا نه باشد. در واقع چنین مسائلی نیاز به آن دارند که ورودی های دنیای واقعی به مقادیر گسسته مانند مثال فوق تبدیل شوند. حتی می توان حالاتی را در نظر گرفت که خروجی دودویی نباشد، اما همچنان گسسته باشد. به عنوان مثال، شبکه ای را در نظر بگیرید که خروجی آن باید یکی از حروف الفبا، مثلا از بین کاراکترهای اسکی (یا حتی یکی از پنجاه هزار کلمه متداول زبان انگلیسی) باشد. در چنین کاربردهایی، روش حل مساله نمی تواند صرفا بر جمع جبری سیگنال های ورودی تکیه نماید. در این کاربردها، ویژگی های خواسته شده فوق، در تابع خروجی یا تابع انتقال  $f$  گنجانیده می شوند. مثلا اگر قرار باشد خروجی فقط یکی از مقادیر صفر یا یک را شامل

شود، در این صورت می توان تابع خروجی شبکه عصبی را به صورت شکل ۴-۴ انتخاب کرد. در این حالت، خروجی چنین شبکه ای فقط می تواند بر حسب ورودی های متفاوت مقدار یک یا صفر باشد. در گروه دیگری از مسائلی که حل آنها به شبکه های عصبی واگذار می شود، خروجی شبکه عصبی الزاما بین مقادیر معلوم شناخته شده واقع نمی شود. مسائلی از این نوع شناسایی الگوهای تصویری، نمونه ای از چنین مواردی محسوب می شوند. شبکه های عصبی در این موارد باید به گونه ای باشند که قابلیت تولید مجموعه نامتناهی از پاسخ ها را داشته باشند. رفتار حرکتی یک روبات نمونه ای از هوشی است که چنین شبکه های عصبی می توانند فراهم آورند. اما در چنین شبکه هایی هم لازم خواهد بود که خروجی بین مقادیر مشخصی محدود شده باشد. فرض کنید قرار است از شبکه عصبی برای کنترل حرکت بازوی یک روبات استفاده شود. در صورتی که خروجی یک شبکه عصبی برای کنترل نیروی حرکتی به کار گرفته شود، طبیعی خواهد بود که اگر خروجی شبکه محدود نشده باشد، ممکن است بازوی روبات بر اثر حرکت بسیار سریع، به خود و یا محیط اطراف آسیب برساند. در چنین مواردی ممکن است از تابع انتقال به صورت شکل ۴-۶ استفاده شود.



شکل ۴-۶: نمونه هایی از توابع فعال ساز مورد استفاده در شبکه های عصبی [2].

## ۲.۲.۴ یادگیری در شبکه‌های عصبی

یک شبکه عصبی بر خلاف کامپیوترهای رقومی که نیازمند دستورات کاملاً صریح و مشخص است، به مدل‌های ریاضی محض نیاز ندارد، بلکه مانند انسان قابلیت یادگیری به وسیله تعدادی مثال مشخص را دارد. آموزش دیدن شبکه‌های عصبی مصنوعی در واقع چیزی جز تنظیم وزن‌های ارتباطی این نورون‌ها به ازای دریافت مثال‌های مختلف نیست تا خروجی شبکه به سمت خروجی مطلوب همگرا شود. به عبارت دیگر باید پارامترهای  $w$  و  $b$  به ازای مجموعه‌هایی از سیگنال‌های ورودی، به گونه‌ای تنظیم شوند که سیگنال‌های خروجی شبکه مطلوب را تشکیل دهند. از نظر یادگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی به سه دسته یادگیری با ناظر، یادگیری بدون ناظر و یادگیری رقابتی تقسیم می‌شوند.

## ۳.۲.۴ انواع شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی انواع مختلفی دارند که در تعدادی از معروف‌ترین انواع شبکه‌ها عبارتند از:

- شبکه پرسپترون [3]

- شبکه هاپفیلد<sup>۱</sup> [4]

- شبکه آرت (ART)<sup>۲</sup> [5]

- نقشه کوهونن<sup>۳</sup> [6]

با توجه به نوع کاربرد این مطالعه، از شبکه‌های عصبی چندلایه پرسپترون استفاده شده است و در ادامه تنها به معرفی این شبکه می‌پردازیم.

---

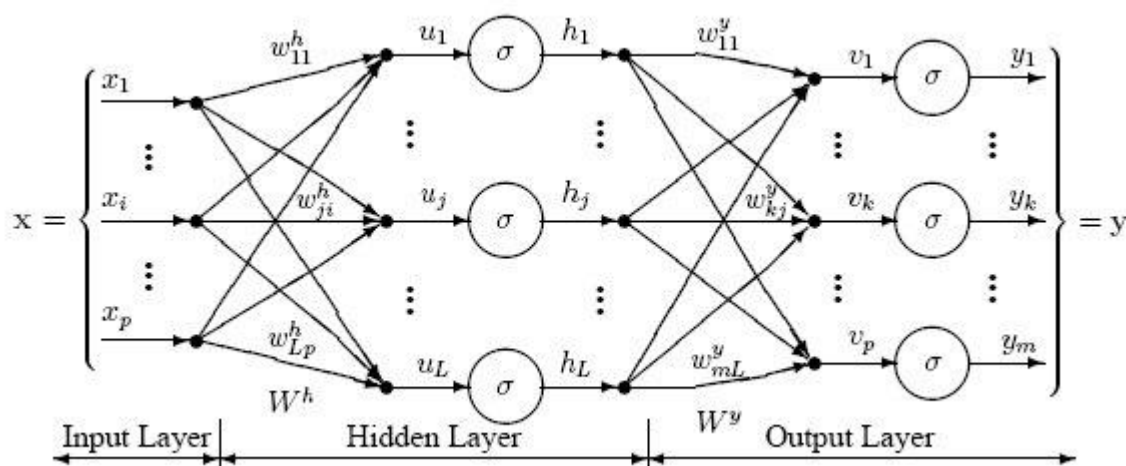
<sup>1</sup> hopfield

<sup>2</sup> Adaptive Resonance Theory

<sup>3</sup> Kohonen feature map

## ۳.۴ شبکه عصبی چند لایه پرسپترون

همان‌طور که گفته شد، یکی از انواع شبکه‌های عصبی، پرسپترون می‌باشد و به صورت پرسپترون تک لایه و پرسپترون چند لایه موجود هستند. شبکه‌های عصبی جزو شبکه‌های عصبی پیش‌خورد طبقه‌بندی می‌شوند. پرسپترون تک لایه تنها می‌تواند مسایل مجزای خطی را دسته‌بندی کند و برای مسایل پیچیده‌تر لازم است که از تعداد بیشتری لایه استفاده کنیم. شبکه‌های پیش‌خورد چندلایه از یک و یا تعداد بیشتری لایه‌های میانی تشکیل شده‌اند. پرسپترون چندلایه یک شبکه کاملاً بهم مرتبط می‌باشد، چرا که هر نورون در یک لایه به تمامی نورون‌های لایه بعدی مرتبط می‌باشد. اگر بعضی از این ارتباطات وجود نداشته باشد، شبکه یک شبکه ناقص است. زمانی که می‌گوییم شبکه از  $n$  لایه تشکیل شده است، ما تنها لایه‌های میانی و لایه خارجی را شمرده‌ایم و لایه ورودی شمارش نمی‌شود، چرا که این نورون‌ها محاسبه‌ای را انجام نمی‌دهند. بنابراین شبکه تک لایه شبکه‌ای با تنها یک لایه خروجی است. در شکل ۷-۴ یک نمونه شبکه عصبی چندلایه پرسپترون نشان داده شده است.



شکل ۷-۴: شبکه عصبی چندلایه پرسپترون.

در این فصل توضیحات کاملی در مورد شبکه‌های عصبی و کاربرد آنها ارائه شد. همچنین توضیح داده شد که در این پایان‌نامه از شبکه عصبی چندلایه پرسپترون برای تخمین زاویه سمت و فراز استفاده

شده است. در فصل بعد در مورد نحوه جمع‌آوری داده‌های نمونه و نحوه ارزیابی نرم‌افزار ساخته شده توضیح داده خواهد شد.



ارزیابی

فصل ۵

## مقدمه

در فصل‌های قبل در مورد روش پیشنهادی و همچنین نرم‌افزار پیاده‌سازی شده در دو فصل مجزا توضیحات کاملی ارائه شد. حال در این فصل می‌خواهیم به ارزیابی عملکرد نرم‌افزار آماده شده بپردازیم. در این فصل ابتدا به نحوه جمع‌آوری داده‌های ورودی می‌پردازیم، سپس نتایج ارزیابی بر روی روش پیشنهادی شبکه عصبی چندلایه پرسپترون بررسی می‌شود. در قسمت پایانی هم مزایا و معایب روش پیشنهادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۱.۵ پایگاه داده

نتایج ارزیابی یک روش پیشنهاد شده مسئله بسیار مهمی است که در صورتی ارزشمند خواهد بود که داده‌های ارزیابی مناسب و استاندارد در اختیار قرار داشته باشد. در بسیاری از زمینه‌ها همچون تشخیص چهره<sup>۱</sup> [8,7]، تشخیص اثر انگشت<sup>۲</sup> [9]، تشخیص رسته اشیا<sup>۳</sup> [10] و غیره پایگاه داده‌های استاندارد تهیه شده و در دسترس همگان قرار گرفته است. اما تعدادی از زمینه‌ها نیز مانند زمینه کاری این پایان‌نامه پایگاه داده استاندارد ندارند و بنابراین محقق باید زمانی از مطالعات خود را صرف جمع‌آوری یک پایگاه داده مناسب و استاندارد نماید. علاوه بر مشکلات جمع‌آوری پایگاه داده، مقایسه روش پیشنهادی با دیگر روش‌های پیشنهاد شده در این زمینه یکی دیگر از مشکلات این زمینه‌ها است. به خصوص اینکه موضوع این پایان‌نامه در مورد تسلیحات نظامی است و هرگونه فعالیت در این زمینه در تمام کشورهای دنیا به صورت امنیتی انجام شده و تنها نتیجه کار به عنوان تبلیغات در

---

<sup>1</sup> Face Recognition

<sup>2</sup> Fingerprint Recognition

<sup>3</sup> Object Recognition

دسترس عموم قرار می‌گیرد. بنابراین این موضوع سبب می‌شود که جمع‌آوری داده و مقایسه در زمینه‌های نظامی بسیار مشکل شود.

لازم به ذکر است که این داده‌ها با استفاده از روش پیشنهادی در فصل ۲ برای ارزیابی روش پیشنهادی فصل ۳ (شبکه‌های عصبی MLP) جمع‌آوری شده است. در ادامه به نحوه جمع‌آوری داده‌ها می‌پردازیم.

## ۱.۱.۵ پارامترهای موثر

همان‌طور که در فصل ۱ توضیح داده شد، چند عامل وجود دارد که در تعیین جهت نهایی توپ ۷۶ میلی‌متری تاثیرگذار است. این عوامل عبارتند از:

۱- باد (سرعت و جهت باد)

۲- دما

۳- فشار

۴- سرعت اولیه توپ

۵- Pitch و Roll

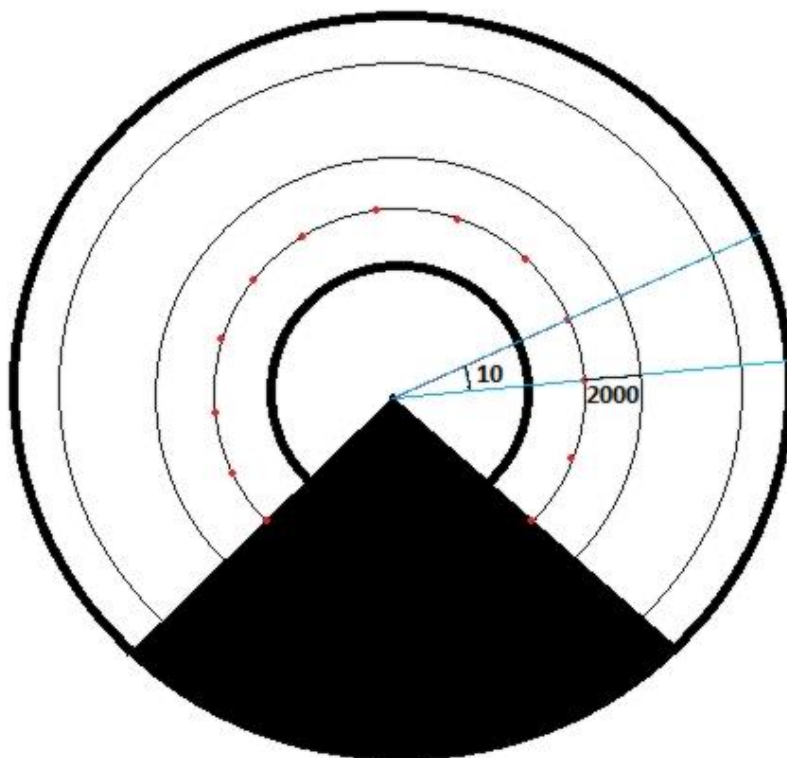
سرعت و جهت باد در مسیر حرکت گلوله تاثیرگذار است. اگرچه تاثیر این عامل مزاحم کم است، اما در هر صورت باید رفتار گلوله با وجود باد مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، به این نتیجه رسیدیم که سرعت باد بین [۰ ۱۰] گره ([۰ ۱۸,۶] کیلومتر بر ساعت) خواهد بود. همچنین جهت باد بین بازه [۰ ۳۶۰] تغییر خواهد کرد. نکته مهمی که در مورد پارامترهای تاثیرگذار در تعیین جهت نهایی گلوله وجود دارد این است که عوامل ذکر شده در بالا از یکدیگر مستقل نیستند و بر روی هم تاثیر می‌گذارند. به عنوان مثال، اگر سرعت باد بیشتر شود، فشار نیز افزایش می‌یابد. در اینجا سعی نموده‌ایم، تغییرات پارامترهای تاثیرگذار را تا حدی تاثیر دهیم که بر روی دیگر عوامل تاثیری نگذارند.

دمای محیط نیز یکی دیگر از عوامل تاثیرگذار است. دما را در بازه [۴۰ ۱۰] در نظر گرفته‌ایم. مشابه با دما، فشار نیز در این پایگاه داده در نظر گرفته شده است. بازه فشار بین [۱۰۲۲ ۱۰۱۹] هکتوپاسکال مورد بررسی قرار گرفته است.

سرعت اولیه توپ به صورت دستی  $900 \text{ m/s}$  قرار داده شده است. اما به علت شلیک‌های مکرر سرعت گلوله همواره همان مقدار نخواهد بود و تغییراتی جزئی خواهد داشت (در فصل ۱ در این مورد توضیح داده شد). در اینجا بازه تغییرات سرعت اولیه گلوله را بین [۹۲۵ ۸۸۰] در نظر گرفته‌ایم. در جمع‌آوری پایگاه داده از تاثیرات Roll و Pitch چشم‌پوشی کرده‌ایم.

## ۲.۱.۵ جمع‌آوری داده‌ها

با توجه به نرم‌افزار رادار طراحی شده، شعاع شلیک گلوله با دو دایره در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. شعاع دایره اول ۱۰۰۰ یارد (۰,۹۱ کیلومتر) و شعاع دایره دوم ۱۸۰۰۰ یارد (۱۶,۴۵ کیلومتر) در نظر گرفته شده است. نقاط هدف بر اساس سمت و سو نسبت به ناو خودی انتخاب می‌شود. سمت یا زاویه بین [۱۳۵ ۰] و [۳۶۰ ۲۲۵] در نظر گرفته شده است. ناحیه [۲۲۵ ۱۳۵] ناحیه ممنوعه است و نباید در این ناحیه گلوله شلیک شود. برای جمع‌آوری داده، هر ۱۰ درجه یک نقطه در نظر گرفته شده و همچنین هر مرتبه ۲۰۰۰ یارد شعاع نمونه‌برداری افزایش می‌یابد. به عبارتی دیگر در هر شعاع ۲۷ نقطه نمونه‌برداری می‌شود. بنابراین در کل ۹ شعاع و در هر شعاع ۲۷ نقطه داریم. پس کل نقاط در نظر گرفته شده برای نمونه‌برداری  $9 \times 27 = 243$  نقطه است. شکل ۵-۱ نحوه نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱: نحوه نمونه برداری و جمع آوری داده‌ها در صفحه رادار.

حال در این ۲۴۳ نقطه می‌خواهیم پارامترهای تاثیرگذار را تغییر دهیم. در مرحله اول سرعت اولیه توپ را بین بازه [۹۲۰ ۸۸۰] تغییر داده و بقیه عوامل مانند دما، فشار و باد را ثابت در نظر گرفته‌ایم. ابتدا سرعت اولیه گلوله را بین بازه [۹۲۰ ۸۸۰] با گام‌های ۱۰ تایی تغییر می‌دهیم. بنابراین ۵ نمونه سرعت اولیه خواهیم داشت. در کل تعداد نمونه‌ها برای سرعت اولیه برابر  $5 \times 243 = 1215$  خواهد بود. با توجه به بررسی‌های انجام شده تاثیر دما، فشار و باد کم است، بنابراین برای این موارد تعداد نمونه‌گیری‌ها را کاهش می‌دهیم. در مرحله دوم پارامتر دما را بین بازه [۴۰ ۱۰] تغییر می‌دهیم. تعداد شعاع‌ها را از ۹ به ۵ کاهش می‌دهیم. برای دما سه عدد ۱۰، ۲۵ و ۴۰ درجه را برای نمونه‌گیری لحاظ کرده‌ایم. در این صورت تعداد نمونه‌ها برای دما  $3 \times 5 \times 27 = 405$  خواهد بود.

بازه تغییرات فشار بسیار کوچک است ([۱۰۲۲ ۱۰۱۹]) و در این بازه دو عدد ۱۰۱۹ و ۱۰۲۲ برای نمونه‌گیری انتخاب شده است. تعداد نمونه‌ها برای تغییرات فشار برابر  $2 \times 5 \times 27 = 270$  می‌شود. پارامتر بعدی سرعت و جهت باد است که برای سرعت بازه [۱۵ ۵] گره و برای جهت [۰ ۳۶۰] در نظر

گرفته شده است. دو عدد ۵ و ۱۵ و برای جهت باد چهار عدد ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ انتخاب شده است. تعداد نمونه‌ها در این حالت برابر  $۸ \times ۵ \times ۲۷ = ۱۰۸۰$  می‌شود. در جدول ۱-۵ توضیحات داده شده در بالا خلاصه شده است.

جدول ۱-۵: نحوه جمع‌آوری داده برای ارزیابی روش پیشنهادی.

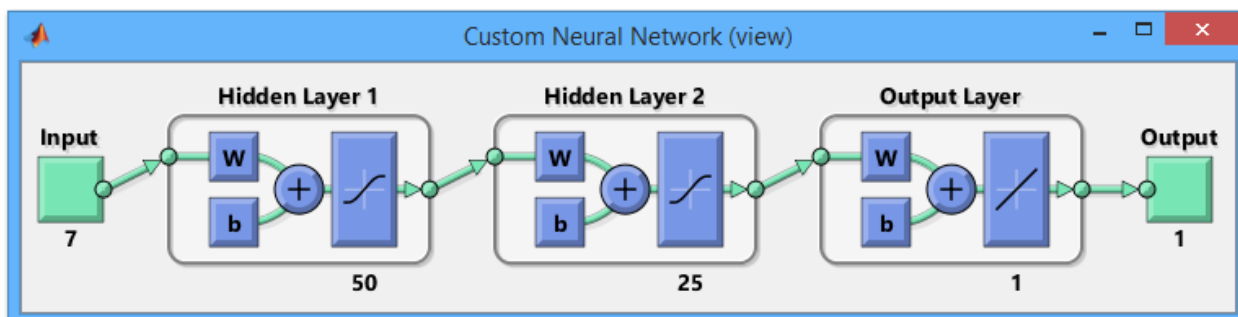
تعداد نمونه‌ها	نمونه‌ها	پارامترها
$۵ \times ۹ \times ۲۷ = ۱۲۱۵$	۹۲۰ و ۹۱۰، ۹۰۰، ۸۹۰، ۸۸۰	سرعت اولیه
$۳ \times ۵ \times ۲۷ = ۴۰۵$	۴۰ و ۲۵، ۱۰	دما
$۲ \times ۵ \times ۲۷ = ۲۷۰$	۱۰۲۲ و ۱۰۱۹	فشار
$۸ \times ۵ \times ۲۷ = ۱۰۸۰$	(۵، ۰)، (۵، ۹۰)، (۵، ۱۸۰)، (۵، ۲۷۰) (۱۵، ۰)، (۱۵، ۹۰)، (۱۵، ۱۸۰)، (۱۵، ۲۷۰)	جهت و سرعت باد
۲۹۷۰	-	تعداد کل نمونه‌ها

همان‌طور که در جدول ۱-۵ نشان داده شده، تعداد کل داده‌ها ۲۹۷۰ است که از این تعداد، مقداری برای آموزش شبکه عصبی MLP و مقداری برای تست شبکه عصبی MLP استفاده خواهد شد. در ادامه در مورد نتایج به دست آمده از ارزیابی روش پیشنهادی توضیح داده خواهد شد.

## ۲.۵ نتایج ارزیابی

همان‌طور که ذکر شد، داده‌ها را به دو دسته آموزش و تست تقسیم می‌کنیم. ۷۰٪ از کل داده‌ها را برای آموزش و ۳۰٪ باقی‌مانده را نیز برای تست استفاده کرده‌ایم. داده‌های آموزش و تست به صورت

تصادفی انتخاب شده‌اند. تعداد ورودی‌های شبکه عصبی ۷ (سرعت اولیه، دما، فشار، جهت باد، سرعت باد، فاصله هدف تا ناو خودی و جهت هدف نسبت به ناو خودی) و تعداد خروجی‌ها ۱ (زاویه فراز) است. همان‌طور که در شکل ۲-۵ تصویری از شبکه عصبی را مشاهده می‌نمایید، تعداد لایه‌های پنهان ۲ و با تعداد نورون‌های ۵۰ و ۲۵ عدد است. تعداد تکرار برای آموزش شبکه عصبی ۱۰۰۰ در نظر گرفته شده و از تابع انتقال خطی نیز استفاده شده است.

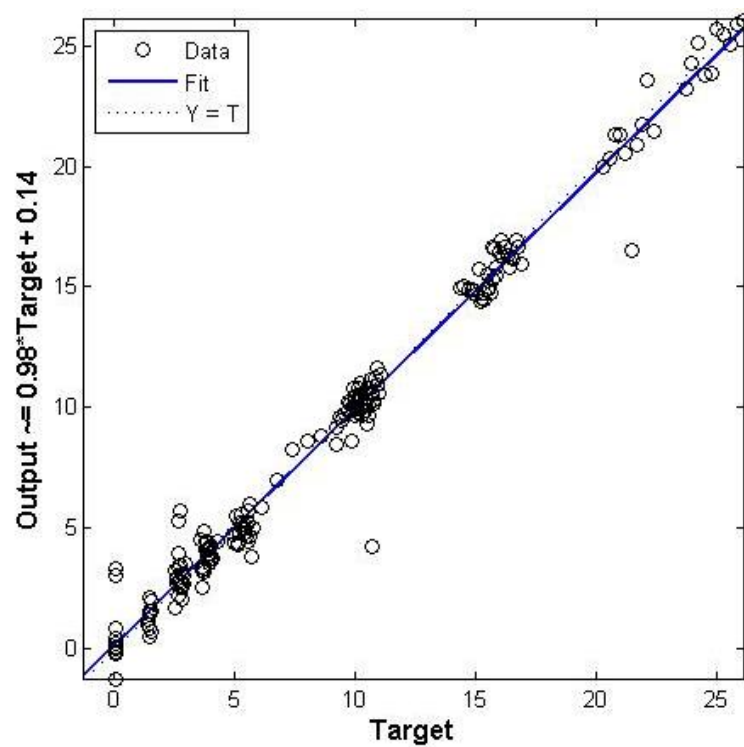


شکل ۲-۵: ساختار شبکه عصبی در نظر گرفته در این پایان‌نامه.

پس از آموزش شبکه، روش پیشنهادی آماده است تا مورد ارزیابی قرار گیرد. در جدول ۲-۵ میزان خطای تعیین جهت زاویه فراز به وسیله روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. دلیل اینکه زاویه سمت به عنوان خروجی قرار داده نشده است، این است که این زاویه با استفاده از رادار بدست می‌آید و نیازی به محاسبه آن نیست. در سطر اول جدول، نتایج حاصل از ارزیابی داده‌های آموزش داده شده است، که خطای ۰,۶۴۱۵ درجه به دست آمده است. در سطر دوم، داده‌هایی است که شبکه تاکنون ندیده و به عنوان تست به شبکه داده شده است. درصد به دست آمده برای این داده‌ها ۱,۶۹۴۶ درجه است که به دلیل اینکه شبکه تاکنون این داده‌ها را ندیده درصد پایین‌تری نسبت به داده‌های آموزش دیده، دارد. در پایان درصد کل حاصل از ارزیابی کل داده‌ها برابر با ۰,۹۹۵۰ درجه به دست آمده است. لازم به ذکر است که خطای حاصل شده در جدول ۲-۵ بعد از ۱۰ بار اجرای برنامه و میانگین‌گیری بدست آمده است. همچنین در شکل ۳-۵ نمونه‌ای از مقایسه نتایج خروجی شبکه عصبی با داده‌های هدف را مشاهده می‌نمایید.

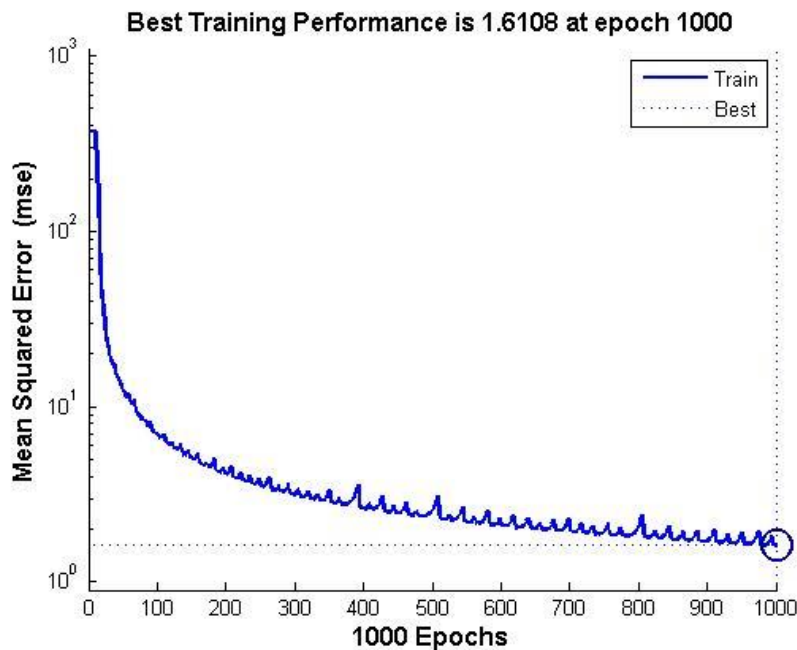
جدول ۲-۵: نتیجه ارزیابی شبکه عصبی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده.

خطا (درجه)	داده‌ها
۰,۶۴۱۵	داده‌های آموزشی (۷۰٪)
۱,۶۹۴۶	داده‌های تست (۳۰٪)
۰,۹۵۵۰	کل داده‌ها



شکل ۲-۵: مقایسه خروجی شبکه عصبی با داده‌های هدف.





شکل ۴-۵: نمودار انحراف معیار بر حسب تعداد تکرار شبکه عصبی

## ۳.۵ تحلیل روش پیشنهادی

در این قسمت می‌خواهیم به بررسی معایب و مزایای روش‌های پیشنهادی بپردازیم. ابتدا به مزایا و سپس به معایب روش‌های پیشنهادی می‌پردازیم.

### ۱.۳.۵ مزایا

همان‌طور که در فصل ۳ نشان دادیم، حرکت گلوله و مسیر حرکت آن و تمام پارامترهای تاثیرگذار بر روی حرکت گلوله را می‌توان با استفاده از قوانین فیزیکی مدل‌سازی نمود. این مدل‌سازی منجر به دقت بالای شلیک گلوله می‌شود. همچنین مدل‌سازی تاثیر تمام پارامترهای موثر در سمت و فراز نهایی گلوله یکی دیگر از مزیت‌های روش پیشنهادی در فصل ۳ است.

اما حسن روش پیشنهادی در فصل ۴ که مبتنی بر شبکه عصبی MLP است، این است که بدون اینکه زمان را صرف مدل‌سازی کند، با استفاده از شبکه‌های عصبی به تخمین جهت شلیک می‌پردازیم. در اینجا شبکه‌های عصبی همچون یک انسان عمل می‌کند که بر اساس تجربه و شلیک‌های متعدد با توپ

۷۶ میلی متری به اطلاعاتی دست یافته که در شرایط مختلف همچون تغییرات دما، فشار، باد و غیره چگونه به درستی به هدف گلوله شلیک نماید.

یکی دیگر از مزایای روش پیشنهادی، تهیه نرم‌افزاری است که می‌تواند برای آموزش نحوه شلیک توپ‌های ۷۶ میلی متری به نظامیان تحت تعلیم مورد استفاده قرار گیرد. این نرم‌افزار شبیه‌سازی واقعی از توپ ۷۶ میلی متری است.

بلادرنگ بودن سیستم پیشنهادی یکی دیگر از مزیت‌های این سیستم است. این نرم‌افزار با استفاده از C# و OpenCV آماده شده است. بلادرنگ بودن و همچنین زبان برنامه‌نویسی انتخاب شده باعث شده است که این سیستم برای پیاده‌سازی سخت‌افزاری بسیار مناسب شود.

## ۲.۳.۵ معایب

به علت اینکه موضوع این پایان‌نامه مربوط به تسلیحات نظامی است، بنابراین منابع و اطلاعات کمی در این زمینه وجود دارد. عدم وجود منابع مناسب و پایگاه داده استاندارد باعث شده است که نتوان این روش را از نظر کارایی، نوآوری و سرعت با دیگر روش‌ها مقایسه نمود.

نتیجه گیری

فصل ۶

## مقدمه

در فصل‌های گذشته در مورد روش‌های پیشنهادی و نرم‌افزار تهیه شده به صورت کامل توضیح داده شد. همچنین روش پیشنهادی شبکه عصبی MLP در فصل پنجم مورد ارزیابی قرار گرفت، همچنین معایب و مزایا در روش پیشنهادی بررسی شد. حال در این فصل می‌خواهیم، توضیح مختصری در مورد روش‌های پیشنهادی داده و همچنین پیشنهادهایی برای ادامه کار ارایه دهیم.

## ۱.۶ خلاصه روش پیشنهادی

در فصل ۲ توضیحات جامعی در مورد رابط کاربر گرافیکی ساخته شده، داده شد. تمام پنجره‌ها و کلیدها در این فصل معرفی و بررسی گردید. در این رابط گرافیکی سعی شده است که تمام جوانب کار لحاظ شود تا نرم‌افزار دچار کمبودی نشود.

در این پایان‌نامه دو روش پیشنهاد شد. روش اول، مبتنی بر روابط ریاضی و مدل‌سازی حرکت گلوله و نحوه تاثیر پارامترهای جانبی بر روی حرکت گلوله بود که با استفاده چندین الگوریتم در شرایط مختلف انجام شد. در روش دوم، ادعا نمودیم که از شبکه‌های عصبی نیز می‌توان در این مورد استفاده نمود و شبکه عصبی MLP را همچون انسان به گونه‌ای تعلیم دهیم که بتواند با داده‌های ورودی مختلف سمت و فراز نهایی گلوله را تعیین نماید.

در فصل ۵ نیز با استفاده از روش پیشنهادی فصل ۲ داده‌هایی جمع‌آوری و بر روی شبکه عصبی MLP ارزیابی نمودیم. نتایج ارزیابی رضایت‌بخش بوده و نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌ها حاکی از اینکه شبکه‌های عصبی همچون بسیاری از زمینه‌ها در این زمینه نیز عملکرد خوبی خواهند داشت، درست بوده است.

## ۲.۶ پیشنهادها برای ادامه کار

اگرچه زمینه‌های کاری همچون زمینه کاری این پایان‌نامه با مشکلات متعددی همچون نبود منابع متعدد، عدم وجود پایگاه داده‌ها استاندارد و غیره مواجه است. اما در صورت پشتیبانی مناسب از این زمینه‌ها در کشور شاهد رشد چشم‌گیری در زمینه تسلیحات نظامی و همچنین پیوند بین دانشگاه و صنعت خواهیم بود.

به عنوان پیشنهاد برای کارهای آینده، سه‌بعدی سازی روش پیشنهادی برای اینکه نرم‌افزار تهیه شده به یک نرم‌افزار آموزشی کامل تبدیل شود، پیشنهاد می‌شود. همچنین کار بر روی دیگر سلاح‌های نظامی همچون سلاح‌های زمینی که اهداف هوایی را مورد شلیک قرار می‌دهند، یکی دیگر از زمینه‌های پیشنهادی است. مسلماً ردیابی اهداف هوایی چالش‌های بیشتری نسبت به موضوع این پایان‌نامه دارد؛ چون، اهداف هوایی از قدرت مانور و سرعت بیستری نسبت به اهداف دریایی برخوردار هستند، در نتیجه ردیابی این اهداف بسیار مشکل خواهد شود. همچنین، بجای استفاده از رادار، می‌توان از الگوریتم‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین برای ردیابی اهداف هوایی استفاده نمود.

پیوست: نمونه تصاویری از توپ‌های ناو جنگی





- [1] Rosenblatt, Frank. x., "Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms," Spartan Books, Washington DC, 1961.
- [2] Cybenko, "Approximation by superpositions of a sigmoidal function," Mathematics of Control, Signals, and Systems, 2(4), 303–314, 1989.
- [3] Boughrara, H.; Chtourou, M.; Amar, C.B., "MLP neural network based face recognition system using constructive training algorithm," Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2012 International Conference on , vol., no., pp.233,238, 10-12 May 2012.
- [4] Yi Sun, "Hopfield neural network based algorithms for image restoration and reconstruction. I. Algorithms and simulations," Signal Processing, IEEE Transactions on, vol.48, no.7, pp.2105, 2118, Jul 2000.
- [5] Chao-Yin Hsiao; Chin Kun Teng; Po Shih Hsu, "Ellipsoidal Function Modulated ART Neural Networks for Pattern Recognition," Computer, Consumer and Control (IS3C), 2012 International Symposium on , vol., no., pp.401,404, 4-6 June 2012.
- [6] Astrov, I.; Tatarly, S.; Tatarly, S.; Rustern, E., "Low-quality fingerprint recognition using three- rate hybrid Kohonen neural network," Information, Communications & Signal Processing, 2007 6th International Conference on , vol., no., pp.1,5, 10-13 Dec. 2007.
- [7] Gary B. Huang and Manu Ramesh and Tamara Berg and Erik Learned-Miller, "Labeled Faces in the Wild: A Database for Studying Face Recognition in Unconstrained Environments", University of Massachusetts, Amherst, n. 07-49, October 2007.
- [8] B. Weyrauch, J. Huang, B. Heisele, and V. Blanz., "Component-based Face Recognition with 3D Morphable Models", First IEEE Workshop on Face Processing in Video, Washington, D.C., 2004.
- [9] Fingerprint database: <http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=7>



- [10] L. Fei-Fei, R. Fergus and P. Perona., “Learning generative visual models from few training examples: an incremental Bayesian approach tested on 101 object categories”, IEEE. CVPR 2004, Workshop on Generative-Model Based Vision. 2004.
- [11] Commodore .Stephen .Saunders ., “Jane's Fighting Ships,” 2005-2006.

## **Abstract**

**One of the greatest blessings in every country is security. Thus, it is necessary to properly equip the defence forces of every country. In our country the navy as the vanguard of the armed forces during war, is of vital importance. The 76-millimeter gun is one of the most advanced of its kind in naval warfare, and is mounted on most of the sea vessels of the armed forces of the Islamic Republic of Iran. During warfare, this weapon automatically zooms on the target and fires missiles at it. One of the steps for improving military hardware is research which is the subject of this dissertation. This dissertation focuses on a study and simulation of the firing of missiles by the 76-mm gun with the help of common methods and an innovative method based on the multi-layered perceptron sensitive networks, through demonstration on a naval vessel. Meanwhile, in view of the many problems regarding training on the control system of firing of the 76-mm gun, it has been shown through simulation how to control this effective weapon through proper and easier training methods. Thus, another goal of this dissertation is development of the simulation system for proper control and use of the 76-mm gun.**

**Kewwords: Control system of firing, Improving military hardware, Zooms on the target , Fires missiles, Neural networks**



Shahrood University of Technology  
Faculty of electrical and robotic engineering

# **Analysis and Simulation Of Fire Control System Of Naval Canon 76 mm(MK- 34)**

**Hamid Reza Vafaei**

**Supervisor:**

**Omid Reza Maroozi**

**December 2014**