

طراحی و ساخت بخش کنترل موشک با قابلیت رهگیری هدف به وسیله پردازش ویدیو

تاریخ دریافت:

۶ شهریورماه ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش:

۲۲ دیماه ۱۴۰۱

فرصاد حیدری^{۱*}، فریبرز پرندین^۲

۱. کارشناسی ارشد، دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سنندج، ایران

۲. استاد یار، دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

چکیده

هدف این پژوهش طراحی و اجرای ایده‌ای جدید با استفاده از پردازش تصویر به منظور بهبود عملکرد بخش کنترل موشک هوا پایه است. در طرح پیشنهادی دوربینی در دماغه موشک تعبیه شده که تصاویر ثبت شده را به وسیله فرستنده به گیرنده‌های سیستمی در ایستگاه زمینی ارسال می‌کند و پس از پردازش تصاویر دریافتی، به منظور هدایت موشک به سمت هدف، دستورات کنترلی به بخش کنترل موشک ارسال می‌شود. علاوه بر این، شناسایی و تشخیص هدف در آسمان، هدایت موشک تا لحظه اصابت، قرارگیری موشک و هدف در یک راستا و تعقیب و رهگیری هدف توسط موشک در هر محور در این پژوهش بررسی شده است. برای تشخیص نوع اهداف هوایی، ابعاد آنها در فواصل مختلف مورد بررسی قرار گرفته است این عمل باعث می‌شود تا اهداف نظامی و غیر نظامی در فواصل مختلف تشخیص داده شوند. همچنین پرتاب و هدایت موشک در شرایط آب و هوایی خیلی گرم، خیلی سرد و معتدل بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: موشک زمین به هوا، پردازش ویدیو، فرستنده و گیرنده ویدیو و دیتا، لب ویو

Designing and Implementing of Missile Control Section with the Capability of Tracking the Target by Video Processing

Abstract

The goal of this study is to design and implement a new idea for an air-launched missile control unit using digital video processing. In this study, it endeavored to transmit the captured videos through a camera embedded in the nose of the missile via a video transceiver and after processing, the ground station relays the appropriate command to the missile to steer toward its target. Moreover, it's desired to detect a target in the sky and both stay in one direction until hit the target when intercepting toward the target and the missile intercepts the target in every direction. Additionally, we intend to investigate the launch of a missile in various weather conditions. To identify the type of aerial targets, the dimensions are studied at different intervals, which makes military and non-military goals detected at different intervals. In this investigation, it's endeavored to study the launch of a missile in three weather conditions including cold, hot, and mild.

Key words: Surface-to-Air Missile, Digital Video Processing, Video and Data Transceiver, Labview

موشک، قابلیت شلیک موشک و رهگیری خودکار هدف به کمک پردازش ویدیو است.

شکل ۱ نمای کلی سیستم پیشنهادی را نشان می‌دهد. تصاویر توسط دوربین تعبیه‌شده در دماغه موشک ثبت و به‌وسیله فرستنده چندین کیلومتری به سیستم رایانه‌ای در ایستگاه زمینی ارسال می‌شوند. پس از پردازش تصاویر دستورات لازم به‌منظور هدایت موشک به‌وسیله فرستنده دیتای چندین کیلومتری به آن باز ارسال می‌گردد. با این روش می‌توان موشک را کنترل کرده و عمل هدایت را با دقت بالایی انجام داد. موشک دوربینی با خروجی سیگنال ویدیویی با سیستم PAL دارد.



شکل ۱- نمای کلی سیستم

۲- مدل سیستم

در این پژوهش سیستمی بر مبنای موارد پیشنهادی، طراحی و پیاده سازی شده است. تصاویر ثبت شده از هدف به‌صورت آنلاین به سیستم رایانه‌ای در ایستگاه زمینی ارسال می‌شوند. این تصاویر به کمک نرم‌افزار LABVIEW2016 پردازش می‌شوند. این نرم‌افزار می‌تواند با استفاده از فرستنده و گیرنده بی‌سیم APC220 کدهایی را که شامل محور X و Y هدف در صفحه‌نمایش سیستم هستند از طریق پورت USB به پردازنده MEGA2560 ارسال کند. سروموتورها پس از دریافت کدهای ارسالی که حاوی پارامترهای مربوط به محورهای X و Y هستند به حرکت درمی‌آیند تا عمل هدایت موشک به سمت هدف انجام شود؛ به این معنی که با هر حرکت هدف موشک نیز به کمک پردازش تصاویر ارسالی و حرکت سروموتورها، و باله‌ها بر مبنای کدهای دریافتی به سمت آن حرکت کرده و روی هدف قفل می‌شود. شکل ۲ عملکرد سیستم را حین انجام این مراحل از دریافت تصاویر ارسالی تا باز ارسال فرمان به موشک نشان می‌دهد. شکل ۳ معماری کلی سیستم را نمایش می‌دهد.

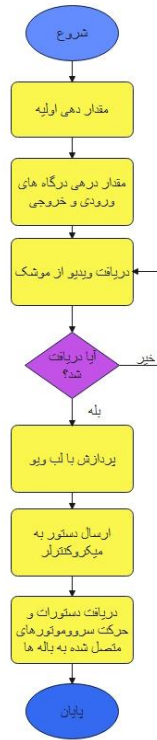


شکل ۲- عملکرد کلی سیستم

وظیفه حفاظت از ثروت‌ها، منابع و دارایی‌های دریایی و زمینی در مقابل حملات هوایی به عهده پدافند هوایی است. انواع گوناگون تهدیدات هوایی عبارت‌اند از: موشک‌های هوا به سطح، موشک‌های سطح به سطح و هواپیماهای سرنشین دار و بدون سرنشین. از انواع مختلف سامانه‌های پدافند هوایی و موشکی در مقابله با این تهدیدات استفاده می‌شود. موشک‌ها که نوعی هواگرد هستند به سمت تهدیدات شناسایی شده پرتاب شده و به‌وسیله مواجهه با شوک فشار بالای گذرا و یا برخورد گلوله یا ترکش‌های انفجاری، آن‌ها را از بین می‌برند. نیروی پیشران یا Thrust موشک از موتور تأمین می‌شود. سیستم‌های هدایت‌لیزری مثل Starstreak بریتانیایی و یا شناسایی و رهگیری گرمایی موتور تهدیدات هوایی مثل Type 91 surface-to-air missile ژاپنی و FIM-92 Stinger آمریکایی. از آنجا که هواپیماها و بالگردها از چف و فلر استفاده می‌کنند، موشک‌های حرارتی به‌سادگی منحرف می‌شوند که همین امر مهم‌ترین عیب این سیستم‌ها به شمار می‌رود [۱۰-۱]. هدف این پژوهش رهگیری و تعقیب هدف هوایی با استفاده از سنسور حرارت یاب در یک آسمان ابری و صاف است [۱۱]. اهداف مطالعه شده در این پژوهش رهگیری یک هدف هوایی با استفاده از دوربین و نرم افزار متلب بوده که بعد از دریافت تصاویر دو موتور باله های محور X را به حرکت در می آورد و باعث هدایت موشک به سمت هدف خواهد شد [۱۲]. در این پژوهش یک موشک در هوا با استفاده از فریم و سرعت آن رهگیری شده است و یک جعبه مستطیلی شکل در قسمت خروجی گازهای موشک تعبیه شده تا با استفاده از آن سرعت موشک را برآورد نمایند [۱۳]. در این قسمت سعی شده تا با استفاده از دوربین و جوی استیک هدف شناسایی و سپس تعقیب شود. ابتدا دوربین بعد از چرخیدن و جست و جو کردن هدف محیط اطراف را رصد کرده سپس با ظاهر شدن هدف بروی آن قفل کرده و موشک با هدف درگیر خواهد شد [۱۴]. استفاده از ژنتیک الگوریتم باعث شده است تا خود اهداف به رنگ خاکستری و زمینه به رنگ سفید تبدیل شده و موشک به راحتی بتواند آن هدف را شناسایی نماید و با آن درگیر شود [۱۵].

در این پژوهش سیستمی جدید مبتنی بر پردازش تصویر به‌منظور هدایت خودکار موشک هوا پایه ارائه شده است. این سیستم شامل دوربین تعبیه‌شده در دماغه موشک، فرستنده‌های ویدیو و دیتای چندین کیلومتری است. فرستنده چندین کیلومتری ویدیو را از موشک به سیستم رایانه‌ای قابل حمل در زمین ارسال می‌کند و پس از پردازش ویدیوی دریافتی به کمک نرم‌افزار، دستورات برای حرکت باله‌های موشک و هدایت آن به سمت هدف به کمک فرستنده دیتای چندین کیلومتری مجدداً به موشک ارسال می‌گردد. در این پژوهش یک موشک زمین به هوا (MANPADS) طراحی و پیاده‌سازی شده است. قطعات اس ام ادی و کم‌وزن و ارزان‌قیمت در طرح ارائه شده به کار گرفته شده‌اند. وجه تمایز طرح پیشنهادی با سیستم‌های قبلی هدایت

شکل ۶ روندنمای سخت‌افزاری و عملکرد کلی سیستم را نشان می‌دهد.



شکل ۶- روندنمای سیستم

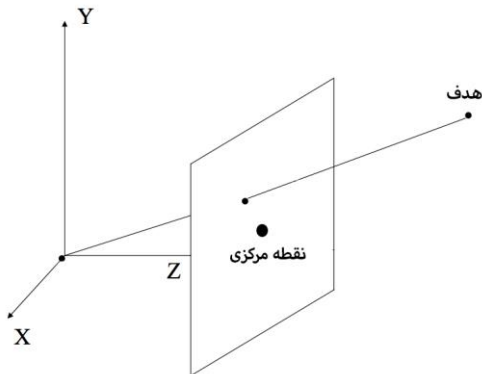
برای کالیبراسیون از دوربین با رزولوشن 510×492 پیکسل و مدل استاندارد زیر استفاده شده است:

$$p=R(P+t) \quad (1)$$

در این قسمت p نقطه ای بر روی صفحه تصویر بوده و R برابر ماتریکس چرخش است و همچنین P نقطه ای در World Frame و t برابر translation vector است که به صورت زیر بدست می‌آید:

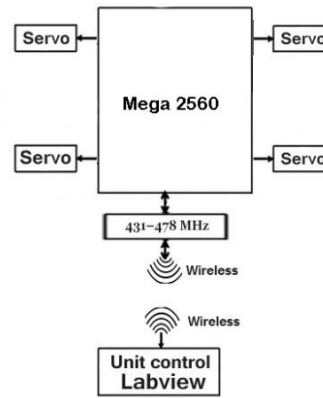
$$t=[x_{CAM} \ y_{CAM} \ 0] \quad (2)$$

شکل ۷ نحوه تنظیم کالیبراسیون دوربین از قبیل تنظیم محورها، هدف و نقطه مرکزی تصویر را نشان می‌دهد.



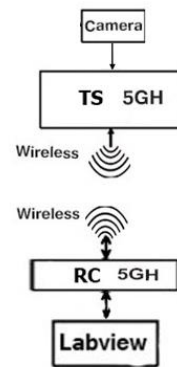
شکل ۷- تنظیم کالیبراسیون دوربین

همان گونه که در تصویر برد مشاهده می‌شود، پس از دریافت اطلاعات از نرم‌افزار Labview که پردازنده اصلی در ایستگاه زمینی است،



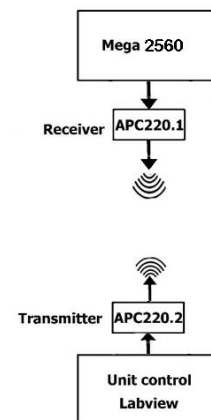
شکل ۳- معماری بخش کنترلی سیستم (بخش کنترل موشک)

شکل ۴ معماری بخش فرستنده و گیرنده تصاویر بی‌سیم را نشان می‌دهد.



شکل ۴- معماری بخش فرستنده و گیرنده بی‌سیم تصاویر سیستم

فرمان‌های هر یک از محورهای X و Y به کمک یک فرستنده و گیرنده دیتای APC220 به موشک ارسال می‌گردد. فرکانس کاری برای هر یک از این فرستنده‌ها و گیرنده‌ها متفاوت است؛ مثلاً فرکانس کاری محور x (433 مگاهرتز) و فرکانس کاری محور y (434 مگاهرتز) است. در نتیجه هیچ تداخلی بین فرستنده و گیرنده رخ نخواهد داد و اطلاعات ارسالی به میکروکنترلر MEGA2560 که چندین پورت سریال برای ارسال و دریافت اطلاعات دارد، به صورت مجزا فرستاده می‌شود. شکل ۵ معماری بخش فرستنده و گیرنده بی‌سیم دیتای سیستم را نشان می‌دهد.



شکل ۵- معماری بخش فرستنده و گیرنده بی‌سیم دیتای سیستم

تابع کرنل گوسی استفاده می‌کنیم که وزن همسایگی X_i به صورت زیر است:

$$K(X_i - X) = e^{-c\|X_i - X\|^2} \quad (3)$$

حال حدس جدید از مد را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$m(x) = \frac{\sum_{X_i \in N(x)} K(X_i - x) X_i}{\sum_{X_i \in N(x)} K(X_i - x)} \quad (4)$$

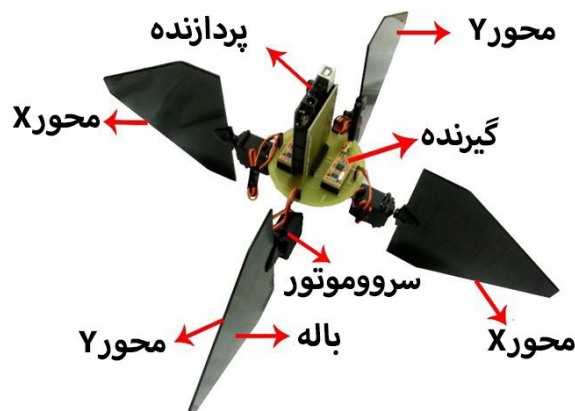
که در آن، $m(x)$ حدس جدید است. حال $m(x)$ را می‌توان به جای X قرار داد و الگوریتم را تکرار کرد. شرط پایان آن است که تغییر یافت شده در $m(x)$ در دو تکرار این الگوریتم ناچیز باشد. همان گونه که پیش‌تر بدان اشاره شد، در این پژوهش از نرم‌افزار LABVEIW2016 و الگوریتم انتقال میانگین برای پردازش ویدیو استفاده شده است. نرم‌افزار LABVEIW این قابلیت را دارد که پردازش تصاویر و ارسال دستورات لازم از طریق پورت سریال را به صورت هم‌زمان انجام دهد. در شکل زیر رابط گرافیکی برای کنترل و پردازش هدف که یک هواپیما را به صورت آنلاین رهگیری می‌کند نشان می‌دهد. پس از مشاهده و انتخاب هدف، کادری به رنگ قرمز پیرامون آن توسط نرم‌افزار رسم می‌شود و سپس اطلاعات محورهای X و Y آن که حاوی دو کد هستند را به پورت سریال ارسال می‌کند. سروموتورها به واسطه این دو کد حرکت داده می‌شوند و به این ترتیب موشک به سمت هدف هدایت می‌شود. تصویر دریافت شده از موشک درون کادر اصلی به دو محور اصلی X و Y تقسیم شده که محور X از چپ به راست از ۰ تا ۱۵۹۳ و محور Y از بالا تا پایین از ۰ تا ۱۱۵۵ تقسیم بندی شده‌اند. جدول ۱ اعداد متناظر با هر بخش تصویر را نشان می‌دهد.

جدول ۱- پارامترهای تقسیم‌بندی صفحه نمایش

محور	کمترین مقدار (سمت چپ و بالا)	بیشترین مقدار (سمت راست و پایین)
X	۰	۱۵۹۳
Y	۰	۱۱۵۵

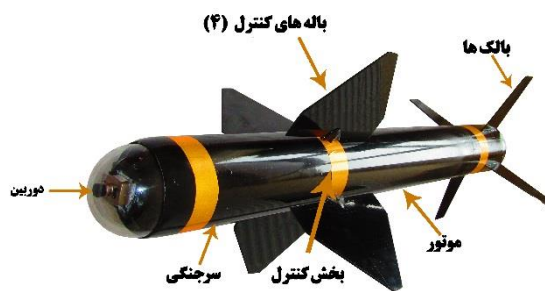
برای هر کدام از محورهای X و Y دوباله تعیین شده است. اعداد ارسالی محورهای X و Y به ترتیب به پورت سریال برای چپ و راست و بالا و پایین کردن موشک به کار می‌روند. جهت روشن‌تر شدن موضوع حرکت هدف در دید موشک را با استفاده از گراف بررسی می‌کنیم. شکل ۱۰ موقعیت‌های مختلف هدف را در نقاط مشخص شده نشان می‌دهد؛ اهداف هوایی در این نقاط نشان داده شده و بررسی می‌شوند.

سروموتورهای باله‌های محورهای X و Y چرخش خواهند داشت. برای حرکت دادن موشک در راستای چپ و راست (محور X) دو سروموتور و برای حرکت در راستای بالا و پایین (محور Y) نیز دو سروموتور تعیین شده‌اند. در شکل ۸ بخش کنترل و هر یک از این سروموتورها که به باله‌ها متصل شده‌اند نشان داده شده است.



شکل ۸- نصب باله‌ها به سروموتورهای بخش کنترل

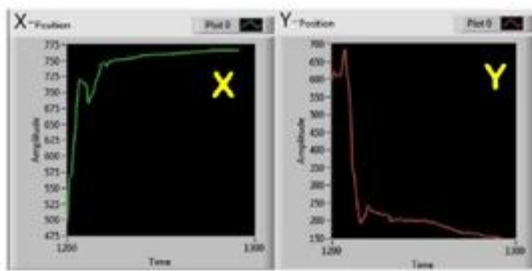
در شکل ۹ می‌توان نمونه کامل موشک ساخته شده را همراه با معرفی قسمت‌های مختلف آن مشاهده کرد.



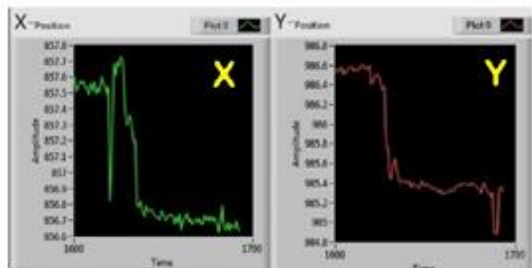
شکل ۹- موشک طراحی شده

۳- ساختار پیشنهادی

انتقال میانگین تکنیکی برای یافتن نقاط بیشینه در یک تابع توزیع احتمال است. کاربرد این روش هنگامی هست که نمونه‌های گسسته‌ای از تابع مورد نظر موجود باشد. این تکنیک دارای ساختار تکرارشونده است و با شروع از یک حدس اولیه، به نقاط بیشینه همگرا می‌شود. بادر نظر گرفتن این که هدف ما یافتن مد بوده و حدس اولیه‌ی ما از مکان آن، X است. حال مجموعه نقاطی که در همسایگی حدس کنونی هستند را در نظر گرفته، یعنی کمی بزرگتر و کمی کوچکتر از X . این مجموعه نقاط همسایگی را $N(X)$ می‌گویند. حال فرض بر این است تابعی داریم که برای تخمین بهتر از مکان بیشینه، اهمیت نقاط همسایگی را نشان می‌دهد، یعنی به نقاط همسایگی، وزن می‌دهد. این تابع را در آمار، کرنل می‌نامند. واضح است که یک تابع کرنل می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد. ما در ادامه، از



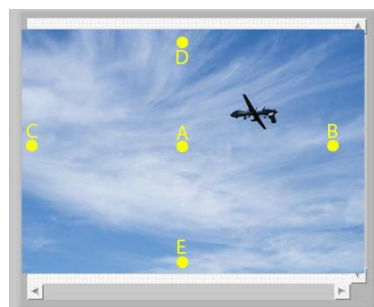
(ب)



(ج)

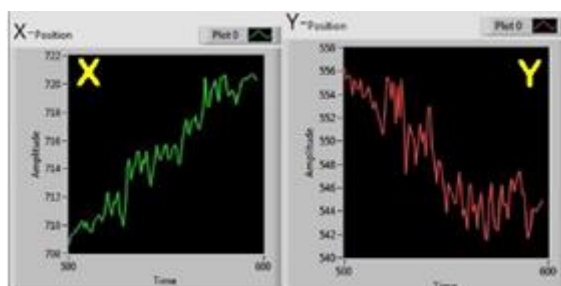
شکل ۱۲- موقعیت هدف در نقاط C، D، E و

زمینه آبی آسمان هنگام پردازش تصاویر خاکستری شده و هدف تیره می‌شود. این امر موجب ساده‌تر شدن شناسایی هدف خواهد شد. شکل ظاهری هدف و زمینه آن در این پژوهش تغییر فیزیکی نخواهند داشت. هنگام حضور هدف در نقطه B محور X عددی بین ۱۳۲۸ تا ۱۳۳۰ خواهد داشت که این اعداد از طریق پورت USB به میکروکنترلر ارسال شده و این محور متناسب با جابه‌جایی هدف حرکت کرده و تغییر می‌کند. محور Y نیز عددی بین ۶۴۰ تا ۶۶۰ دارد. به منظور حرکت سرووموتورها در این پژوهش دانستن محدوده اعداد کافی است و داشتن عددی ثابت الزامی نیست؛ یعنی حرکت سرووموتورها به سادگی با تعریف محدوده اعداد بین ۶۴۰ تا ۶۶۰ انجام می‌پذیرد و سرووموتورها از ۰ تا ۳۶۰ درجه تغییر می‌کنند. نقاط B و C مربوط به محور X بوده و موقعیت موشک با استفاده از این محور به چپ یا راست تغییر می‌کند. هنگام قرارگیری هدف در نقطه D هر دو خروجی X و Y موجود هستند. اطلاعات این نقطه از تصویر برای کنترل محور Y به کار گرفته می‌شود. همان‌گونه که در شکل قابل مشاهده است، خروجی Y در محدوده ۲۵۰ تا ۲۰۰ قرار دارد و با بالاتر رفتن آن به ۰ نزدیک‌تر می‌شود. به منظور کنترل موشک و بالا بردن آن در راستای محور Y می‌توان پارامترهای این محور را به میکروکنترلر ارسال کرد تا هدف مجدداً به نقطه A بازگردد. همچنین هنگام قرارگیری هدف در نقطه E خروجی Y عددی بین ۹۸۵ و ۹۸۶ خواهد بود. هنگام قرارگیری هدف در این نقطه سرووموتورهای مربوط به محور Y دماغه موشک را به سمت بالا حرکت می‌دهند و هدف به نقطه A بازمی‌گردد. اگر هدف هم‌زمان در هر دو محور X و Y تغییر موقعیت دهد، تمامی سرووموتورها در محورهای X و Y به صورت جداگانه حرکت کرده و موشک را در دو راستای چپ و راست، محور X

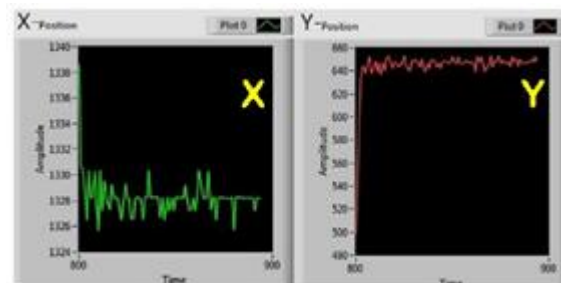


شکل ۱۰- بررسی هدف در محدوده‌های مشخص شده

شکل ۱۱ مربوط به خروجی نرم‌افزار در حالتی است که هدف در مرکز صفحه نمایش، نقطه A و نقطه B قرار دارد. قصد از انجام این پژوهش آن است که با هر جابجایی هدف در صفحه نمایش، باله‌ها نیز موشک را جابه‌جا کنند تا هدف و موشک در یک راستا قرار گرفته و در نتیجه موقعیت هدف در صفحه نمایش به نقطه A بازگردد. این فرآیند تا لحظه اصابت موشک به هدف تکرار می‌شود.



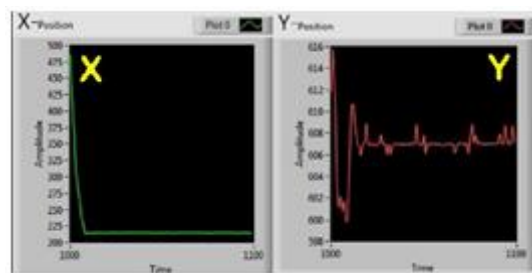
(الف)



(ب)

شکل ۱۱- موقعیت هدف در نقاط A و B

نقاط C، D و E به ترتیب در شکل ۱۲ بررسی شده‌اند. همان‌گونه که در هر شکل قابل مشاهده است موقعیت هدف محورهای X و Y را دارد.



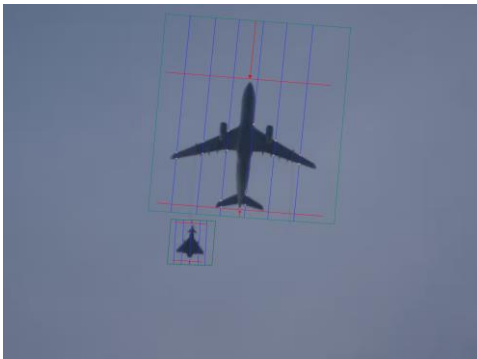
(الف)

گیری شده و به صورت یک کتابخانه برای موشک تعیین شده است تا در فواصل مختلف اهداف نظامی با غیرنظامی را تشخیص دهد. برای تشخیص مقدار فاصله هدف تا موشک می توان از لیزرهای فاصله سنج برد بلند استفاده نمود. در شکل ۱۴ می توان یک هدف هوایی اندازه گیری شده در فاصله ۲ کیلومتری را مشاهده کرد.



شکل ۱۴- اندازه گیری یک پهپاد در فاصله ۲ کیلومتری از سطح زمین

این پهپاد در فاصله ۲ کیلومتری دارای طول ۴۲.۷ میلی متر است. این اندازه در فاصله های مختلف، متفاوت بوده و با نزدیک شدن یا دور شدن از دید دوربین موشک، تغییر می کند. در شکل ۱۵ یک جنگنده در حال اسکورت یک هواپیمای مسافربری از یک فاصله برابر نسبت به موشک، تشخیص و نوع نظامی و غیرنظامی در آن مورد بررسی قرار گرفته است.



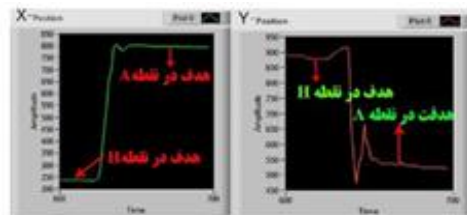
شکل ۱۵- تشخیص هواپیمای نظامی و غیرنظامی

همانطور که در شکل ۱۵ مشاهده می شود با استفاده از خاصیت اندازه گیری اشیاء در نرم افزار لب ویو، اندازه هر دو هواپیما مورد بررسی قرار گرفت که در این نمونه هواپیمای نظامی دارای اندازه طولی ۴۴.۸۶ میلی متر و هواپیمای غیرنظامی دارای طول ۱۲۷.۲۷ میلی متر است. این حالت در تمام فاصله های دید دوربین مورد بررسی قرار گرفته است و موشک توانایی تشخیص هواپیمای نظامی از غیرنظامی را مطابق طول آن ها را دارد و با استفاده از این اطلاعات با هواپیماهای نظامی درگیر خواهد شد. همچنین می توان ابعاد هواپیماها را از نظر طول باله ها مورد بررسی قرار داد.

بالا و پایین، محور Y ، حرکت می دهند. همان گونه که پیش تر بدان اشاره شد، تلاش این پژوهش آن است که هدف تا لحظه اصابت موشک در نقطه A باقی بماند؛ یعنی برای محورهای X و Y به ترتیب مقادیر ۸۰۰ و ۵۵۰ داشته باشد. شکل ۱۳ خروجی این پژوهش هنگام حرکت هدف از نقطه A به نقطه H را نشان می دهد. اطلاعات ثبت شده و اعداد تغییر یافته به میکروکنترلر ارسال می شوند و باله های محورهای X و Y بر مبنای اعداد دریافتی می چرخند. تا هنگامی که هدف در نقطه A قرار نگیرد، چرخش باله های محورهای X و Y توسط سرووموتورها انجام می شود تا موشک هم راستا با هدف بماند. تا هنگامی که هدف در نقطه A قرار نگیرد، این فرآیند برای هر بخش از صفحه نمایش و هر موقعیت هدف انتخابی تکرار می شود.



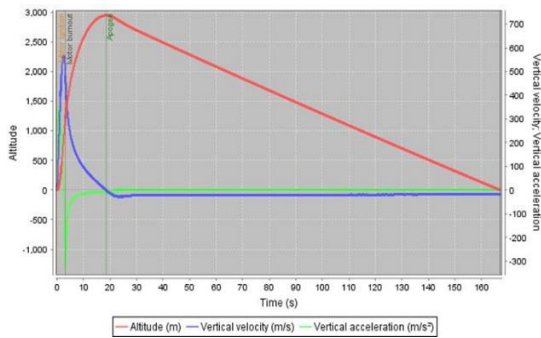
(الف)



(ب)

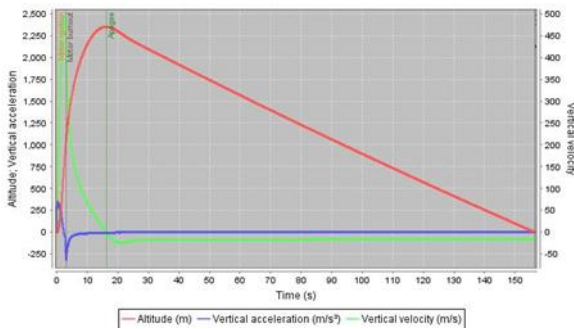
شکل ۱۳- تغییر مسیر هدف از نقطه A به نقطه H

همان گونه که در شکل بالا قابل مشاهده است پس از قرارگیری مجدد هدف در نقطه مرکزی A ، مقدار عددی دو محور X و Y به ترتیب از ۲۴۰ به ۸۰۰ و از ۸۹۰ به ۵۵۰ تغییر می کند. این فرآیند برای تمامی نقاط تصویر تکرار می شود؛ به این معنا که موشک به منظور هم راستا شدن باهدف، جهت خود را تا قرارگیری هدف در نقطه A تغییر می دهد. این اعداد به صورت بی سیم به میکروکنترلری که در موشک تعبیه شده ارسال می شوند. میکروکنترلر نیز بر مبنای برنامه ای تعریف شده سرووموتورها را راه اندازی می کند و باله های محورهای X و Y را به حرکت درمی آورد. در نتیجه عمل هدایت موشک به سمت هدف در آسمان انجام می پذیرد. در این پژوهش عمل انتخاب و رهگیری یک هدف در یک روز آفتابی با دمای ۳۰ درجه سانتی گراد انجام شده است. جهت شناسایی و تعیین نوع اهداف هوایی از بخش اندازه گیری فاصله اجسام توسط NI VISA نرم افزار لب ویو استفاده شده است. در این پژوهش اهدافی که از قبل برای نرم افزار تعیین شده اند، در فاصله های مختلف اندازه



شکل ۱۸- شبیه‌سازی پرتاب موشک در دمای ۷۱ درجه

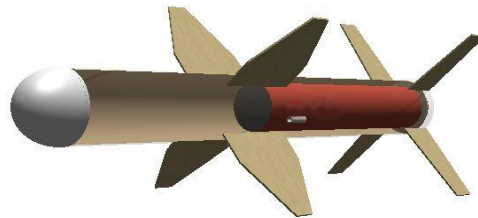
در این پژوهش شرایط آب و هوایی سرد نیز مطالعه شده است. کاهش دما تا ۴۳- درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش نقطه اوج و شتاب عمودی و افزایش سرعت موشک می‌شود. شکل ۱۹ پارامترهای حرکت موشک در شرایط آب و هوایی بسیار سرد را نشان می‌دهد.



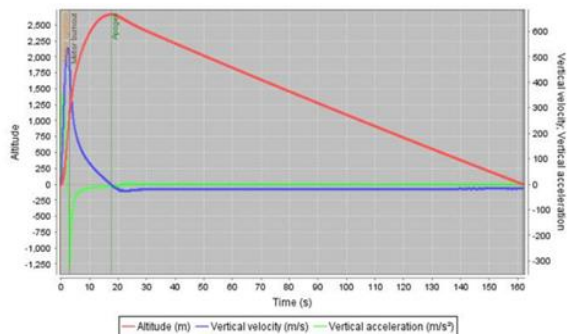
شکل ۱۹- شبیه‌سازی پرتاب موشک در دمای ۴۳- درجه سانتی‌گراد

در [16] روشی برای تشخیص اهداف پویا توسط دوربین‌های غیرثابت که در دماغه موشک تعبیه شده است، ارائه شده است. تشخیص جسم با روش تفریق و روش اختلاف فریم بعدی انجام شده است. در [17] یک الگوریتم خودنگاری که برای ردیابی هلیکوپتر هدف در هر فریم دوربین و برای متمرکز ساختن هلیکوپتر در یک قاب ثابت آرایه ارائه شده است. سه دوربین به طور مستقل در یک آرایش دلخواه مستقر شده اند که به هر دوربین اجازه می‌دهد تا حجم پرواز هلیکوپتر را مشاهده کند. سپس هلیکوپتر یک مسیر برنامه ریزی نشده را طی می‌کند که به دوربین‌ها اجازه می‌دهد تا مکان‌ها و جهت‌گیری‌های نسبی را با استفاده از یک الگوریتم خودنگاری است، کالیبره شود. در [18] یک وب‌کم که با یک پرتاب‌کننده موشک فوم اسباب‌بازی روی یک پایه ارتفاع-آزیموت ترکیب شده است را مورد بررسی قرار داده است. کنترلر از تقسیم‌بندی پیش زمینه برای شناسایی عناصر جدید در یک صحنه استفاده می‌کند. سپس از تشخیص ویژگی SURF و یک مدل دوربین سوراخ سوزنی برای تعیین موقعیت در دنیای واقعی استفاده شده است. این سیستم می‌تواند زوایای پرتاب ارتفاع و آزیموت را ایجاد کند

شبیه‌سازی حرکت و اثرودینامیک موشک با تعیین نوع موتور و سوخت آن از بارزترین ویژگی‌های نرم‌افزار OpenRocket است. ویژگی‌های مختلفی به‌ویژه نقطه اوج، حداکثر شتاب و حداکثر سرعت با استفاده از این نرم‌افزار قابل اندازه‌گیری‌اند. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان اثر پارامترهایی مانند سرعت باد و دما و ... را در شبیه‌سازی وارد کرد و مجدداً نقطه اوج و سایر پارامترها را محاسبه نمود. در نمونه موشک بررسی‌شده در این پژوهش موتور سوخت جامد ساخت کمپانی Cesaroni Technology Inc با Total Impulse برابر با ۶۲۸۷ به کار گرفته شده است. در شکل ۱۶ موشک طراحی‌شده با همان ابعاد و وزن نمونه واقعی در نرم‌افزار OpenRocket پیاده‌سازی شده و شکل ۱۷ نقطه اوج، حداکثر سرعت و حداکثر شتاب موشک شبیه‌سازی‌شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶- شبیه‌سازی موشک در نرم‌افزار OpenRocket



شکل ۱۷- نقطه اوج، حداکثر سرعت و شتاب شبیه‌سازی‌شده موشک توسط نرم‌افزار OpenRocket

همان‌گونه که در شکل بالا قابل مشاهده است، نقطه اوج، سرعت عمودی و شتاب عمودی به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی موشک پیشنهادی به کمک نرم‌افزار OpenRocket و استفاده از موتور سوخت جامد در آن به ترتیب برابر ۲۶۰۰ متر، ۲/۲۵۰ متر بر ثانیه و ۱۵۰۰ متر بر مجذور ثانیه است. با افزایش ابعاد موشک و استفاده از موتورهای بزرگ‌تر این مقادیر افزایش خواهند یافت اما در این پژوهش موشکی با ابعاد کوچک طراحی‌شده تا به‌صورت دوش پرتاب مورد استفاده قرار بگیرد. بالا بردن دما تا ۷۱ درجه سانتی‌گراد نقطه اوج موشک و مسافت پیموده شده را افزایش می‌دهد (شکل ۱۸).

OpenRocket نرم افزار آئرو دینامیکی موشک نیز به کمک نرم افزار برای موتور سوخت جامد که نقطه اوج، سرعت اولیه و شتاب اولیه مناسبی دارد شبیه سازی شد. نتایج حاکی از آن است که هر چه هوا گرم تر باشد نقطه اوج موشک بالاتر و هر چه هوای منطقه عملیاتی سردتر باشد نقطه اوج کمتر اما سرعت عمودی موشک بسیار بیشتر خواهد بود.

۵- منابع

[1] S. M. Alavi, M. Hajimohammadi, M. H. Rezayati, "New method to improve classification of radar object by different kernel of support vector machine," *Advanced Defence Sci & Tech*, vol. 5, pp. 1-8, 2014.

[2] J. H. Blakelock, "Automatic Control of Aircraft and Missiles," *John Wiley & Sons Inc*, 2005, 1-50.

[3] C. Evans. "Notes on the OpenSURF Library," *Technical Report CSTR-09-001, University of Bristol*, January 2009.

[4] M. Harville, G. Gordon, and J. Woodfill, "Foreground segmentation using adaptive mixture models in color and depth in detection and recognition of events in video," *Proceedings. IEEE*, pp. 3-11, 2001.

[5] X. Hu, Y. Tang, Z. Zhang. "Video object matching based on SIFT algorithm," *In Ne. Net. and Signal Proc.*, 2008, pp. 412-415.

[6] S. Hutchinson, G. Hager, P. Corke, "A tutorial on visual servo control," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol.12, pp. 651-670, 1996.

[7] D. G. Lowe, "Object recognition from local scaleinvariant features," *In Proc. of the IEEE Int. Conf. on Com. Vision*, 1999, vol. 2, pp. 1150 - 1157.

[8] M. Matsuoka, A. Chen, S. P. N. Singh, A. Coates, A. Y. Ng, S. Thrun, "Autonomous helicopter tracking and localization using a self-surveying camera array," *International Journal of Robotics Research*, vol. 26 pp. 205 - 215, 2007.

[9] A.C. Sanderson, L.E. Weiss, "Image-based visual servo control using relational graph error signals," *In Proc. IEEE*, pp. 1074-1077, 1980.

که به موشک اجازه می دهد هدف را رهگیری کند. در جدول ۲ می توان سیستم های ذکر شده را با کار فعلی مقایسه و بررسی کرد.

جدول ۲- بررسی و مقایسه با کارهای پیشین

شتاب(متر بر مجذور ثانیه)	حداکثر سرعت(متر بر ثانیه)	نقطه اوج(متر)	ژیرو	تعداد دوربین	الگوریتم و روش	منبع
-	-	-	دارد	۱	اختلاف فریم بعدی	۱۶
-	-	-	-	۳	تمایز پس زمینه	۱۷
-	-	-	-	۱	-	۱۸
۱۵۰۰	۲/۲۵۰	۲۶۰۰	-	۱	انتقال میانگین فعلی	کار

با توجه به جدول ۲ می توان مشاهده کرد که با توجه به متحرک بودن دوربین تشخیص دهنده که در دماغه موشک قرار می گیرد، طرح فعلی دارای یک دوربین بوده و اطلاعات دریافتی را به ایستگاه زمینی ارسال می کند. این سیستم جهت شناسایی اهداف پویا و متحرک طراحی و پیاده سازی شده است. الگوریتم به کار گرفته شده در این سیستم انتقال میانگین است که در نرم افزار لب و یو به کار رفته است. به دلیل ویژگی های نرم افزار لب و یو که شامل پردازش قوی تصاویر و برنامه نویسی آسان و گرافیکی، استفاده از آن بسیار آسان است. همچنین در این موشک از سوخت جامد بسیار ارزان قیمت استفاده شده که ساخت آن را مقرون به صرفه می کند و همچنین دارای نقطه اوج، سرعت و شتاب بسیار بالا با مقدار سوخت بسیار کم است.

۴- نتیجه گیری و بحث

در این پژوهش سیستمی جدید با استفاده از پردازش تصویر به کمک نرم افزار Labview به منظور رهگیری اهداف هوایی و هدایت موشک طراحی و اجرا شده است. فرآیند شناسایی و انتخاب هدف با پردازش تصویر انجام شده و با حرکت باله ها توسط سرو موتورها، موشک به سمت هدف هدایت شد. به عنوان نمونه در روزی آفتابی با دمای ۳۰ درجه سانتی گراد هدفی شناسایی و رهگیری شده است. تلاش بر این بود که هدف تحت هر شرایطی در مرکز صفحه نمایش، نقطه A، باقی بماند تا موشک و هدف هم راستا باشند. علاوه بر این هنگام جابجایی هدف موشک نیز با استفاده از باله های محورهای X و Y تغییر مسیر داد تا هدف کماکان در نقطه A ثابت بماند. همچنین برای تشخیص اهداف نظامی و غیر نظامی از ویژگی تشخیص فاصله استفاده شده تا ابعاد طولی هواپیماهای جنگنده و مسافربری اندازه گیری شده و نهایتا موشک با مقایسه اندازه های بدست آمده و مقایسه آن ها با مقادیر از قبل داده شده به آن، با هواپیمای نظامی درگیر خواهد شد. حالت

- [15] F. Chaumette, S. Hutchinson, “Visual servo control, Part I: Basic approaches,” *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 13, pp.82–90, December 2006.
- [16] A. Garg, R. R. Rouf, K. N. Hafiz, M. Sharna, N. Hasan,” Automated Detection, Locking and Hitting a Fast Moving Aerial Object by Image Processing (Suitable For Guided Missile)” *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, Vol.11, PP.60-68, 2016.
- [17] M. Matsuoka, A. Chen, S. P. N. Singh, A. Coates, A. Y. Ng, S. Thrun,” Autonomous Helicopter Tracking and Localization Using a Self-surveying Camera Array” *The International Journal of Robotics Research*, Vol.26, PP.205-215, 2007.
- [18] K. Axelrod, B. Itzstein, M. West,” A self-targeting missile system using computer vision” *MTRX 4700 Experimental Robotics Major Project*, Computer Science, 2009.
- [10] Z. Zhang, “A flexible new technique for camera calibration” *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Tran.*, vol. 22, pp.1330–1334, Nov 2000.
- [11] K. Axelrod, B. Itzstein, M. West, “A self-targeting missile system using computer vision,” *MTRX 4700 Experimental Robotics Major Project*.
- [12] M. Sharma, A. K. Gupta, “An algorithm for target detection, identification, tracking and estimation of motion for passive homing missile autopilot guidance,” *Mobile Radio Communications and 5G Networks*, vol. 140, pp. 57-71, 2020.
- [13] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, L. V. Gool, “Speeded-up robust features (SURF),” *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 110, pp. 346 – 359, 2008.
- [14] G. Bradski, A. Kaehler, “Learning openCV: computer vision with the openCV library,” *O’Reilly Media, Inc.*, October 2008.