

فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل
سال، ششم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، (سپتامبر): صص ۶۹-۵۹

ارائه روش نوین برای محافظت از اهداف هوایی در برابر سامانه

ردیاب دو کانال IR/UV

علی هاشمی پور^۱، ابوالفضل چمن مطلق^{۲*}، عباس بشیری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۸

چکیده

در این مقاله، ساز و کار دقیق یک سامانه MANPAD هدایت شونده با یک ردیاب دو کانال IR/UV پویا گلبه‌گی مورد بررسی قرار گرفته است. توزیع شدت طیفی بالگرد در ناحیه IR مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفته و همچنین شدت طیفی فلر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده است. مبنای ردیابی این ردیاب بر عدم تابش UV هدف استوار است به همین دلیل برای آن که از دید ردیاب، بالگرد دارای تابش UV باشد پیشنهاد می‌شود که بر بدنه بالگرد لامپ UV نصب شود. با این فرض که فلر در موقعیت‌های مناسب از بالگرد پرتاب می‌شود، نشان داده شده است که با نصب لامپ UV با تابندگی مناسب در چهار زاویه سمتی ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه بر بدنه بالگرد، شرایط اختلال در سامانه ردیاب دو کانال IR/UV به وجود می‌آید.

کلیدواژه‌ها: بالگرد، ردیاب دو کانال IR/UV، فلر، توزیع شدت تابش، طیف‌سنجی.

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه جامع امام حسین^(ع)

۲- استادیار، دانشگاه جامع امام حسین^(ع)، (Achaman@ihu.ac.ir) - نویسنده مسئول

۳- کارشناسی ارشد، دانشگاه جامع امام حسین^(ع)

۱- مقدمه

برای انجام درست مأموریت‌های محوله توسط هواپیما و بالگرد، اقدامات پدافند غیرعامل برای انواع پرنده‌ها امری حیاتی است. یکی از مؤثرترین این اقدامات، فریب موشک‌های دشمن برای حفاظت از اهداف هوایی می‌باشد.

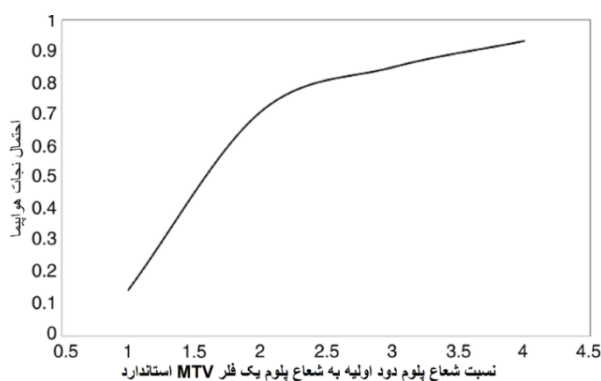
موشک‌های دوش پرتاب^۱ اولیه از سال ۱۹۵۰ با معرفی سامانه ردای^۲ آمریکایی نسل اولی مورد استفاده قرار گرفتند. موشک‌های دوش پرتاب اولیه نسبتاً ارزان بودند و همین باعث گسترش جهانی آن‌ها شد [۱].

موشک‌های دوش پرتاب نسل اول و دوم فقط از یک آشکارساز فروسرخ در ناحیه موج کوتاه فروسرخ و یا موج متوسط فروسرخ استفاده می‌کنند که به سامانه موشک اجازه می‌دهد تا تابش منبع نقطه‌ای منتشر شده از قسمت‌های داغ هدف (مثل موتور و پلوم موتور) را شناسایی و ردیابی کند. گسترش اقدام متقابل فروسرخ با ایجاد امضاء فروسرخ با شدتی بیشتر از خود هدف تأثیر بسزایی در منحرف ساختن این نوع سامانه موشکی از تعقیب هدف دارد. به منظور غلبه بر به کارگیری این اقدام متقابل، از ردیاب‌های موشکی با دو یا چند آشکارساز در ناحیه‌های مختلف استفاده می‌شود که باعث تفکیک طیفی بین هدف و فلر می‌شود [۲]. هدف با توجه به دمای سطح، عمدتاً در ناحیه IR^۳ انرژی تابش می‌کند در حالی که فلر در هر دو ناحیه UV^۴ و IR تابش می‌کند. استفاده از انرژی تابشی فلر در ناحیه UV می‌تواند به جدایی دقیق سیگنال هدف از فلر منجر شود [۳].

در سال ۲۰۱۴ آقای کومار^۵ و همکاران به منظور بررسی آسیب‌پذیری هواپیمای C-130 در برابر موشک دو کانال IR/UV، درگیری این دو را شبیه‌سازی کرده‌اند. فرض شده که این هواپیما در یک ارتفاع ثابت (m) ۱۰۰۰ و با سرعت (m/s) ۱۵۰ در حالی حرکت می‌کند که موقعیت پرتاب موشک در محدوده افقی و در محیط اطراف هواپیما در حال تغییر است. محدوده افقی از (m) ۱۰۰۰ تا (m) ۵۵۰۰ با گام (m) ۵۰۰ در حال تغییر است و زاویه سمتی با گام ۳۰°، محیط اطراف هواپیما را پوشش می‌دهد. به محض شلیک موشک، هواپیما بدون مانور اقدام به پرتاب یک نوع فلر (K) ۱۸۷۳/۱۵ کرده و در پایان هر درگیری کمترین فاصله خطا ثبت شده است.

مشاهده شد که این نوع فلر (K) ۱۸۷۳/۱۵ در غلبه بر این نوع موشک، مؤثر واقع شده است [۴].

در اوت ۲۰۱۵ میلادی، آقای اسمیت^۶ و همکاران در پی مقابله مؤثر در برابر ردیاب دو کانال IR/UV به بررسی پلوم اولیه حاصل از سوختن فلر پرداختند. پلوم فلر متناسب با جرم سوختن فلر بر واحد زمان یا همان نرخ سوختن^۷ گسترش می‌یابد. با گسترش پلوم دود فلر، شفافیت آن کاهش می‌یابد و منجر می‌شود که فلر در ناحیه UV تاریک به نظر برسد. برای تولید فلر تاریک مؤثر، باید نیروی اصطکاک وارده بر فلر که به نوبه خود بر نرخ گسترش پلوم دود فلر مؤثر است افزایش پیدا کند. به همین منظور باید مساحت اولیه پلوم دود افزایش پیدا کند. شکل ۱ تأثیر افزایش مساحت اولیه پلوم دود بر "احتمال نجات"^۸ هواپیما وقتی در ارتفاع ۱ Km در حال پرواز است و از فلر MTV^۹ استفاده کرده است را نشان می‌دهد. محور x بیانگر شعاع اولیه پلوم دود در مقایسه با یک فلر MTV استاندارد است. مشاهده می‌شود که وقتی شعاع اولیه پلوم دود ۴ برابر فلر MTV استاندارد می‌شود احتمال فرار از برخورد هواپیما از ۱۵٪ به ۹۳٪ افزایش می‌یابد [۵].



شکل ۱- عملکرد فلر با تغییر اندازه پلوم دود [۵]

در این مقاله در ابتدا، ساز و کار دقیق ردیاب‌های دو کانال IR/UV مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ اصول کار این ردیاب به طریقی است که اگر شیئی را که در میدان دید لحظه‌ای خود پوشش می‌کند، تابش UV داشته باشد آن را به‌عنوان هدف تشخیص نمی‌دهد. حال اگر بالگرد که همان هدف است، همانند فلر تابش UV داشته باشد و این تابش UV شدتش بیشتر از تابش UV آسمان صاف باشد ردیاب از تعقیب هدف منحرف خواهد شد. سپس به اندازه‌گیری و تحلیل

6- Leon Smith

7- MFR(Mass Flow Rate)

8- Probability of Escaping a Hit

9- Magnasim Teflon Viton

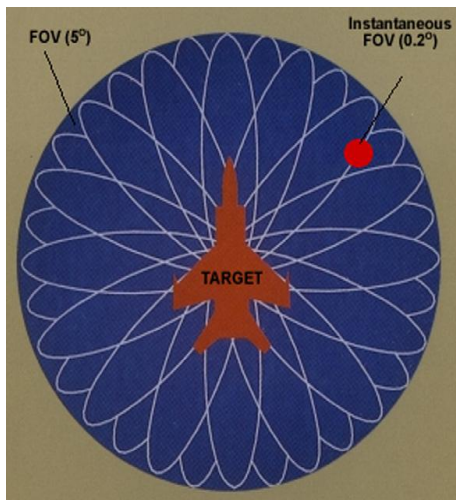
1- MANPAD

2- Redeye

3- Infrared

4- Ultraviolet

5- Devinder Kumar



شکل ۳-IFOV در حال حرکت در سرتاسر الگوی پوشش گلبهرگی [۷]

۲-۱-۲- آشکارساز دو کانال IR/UV

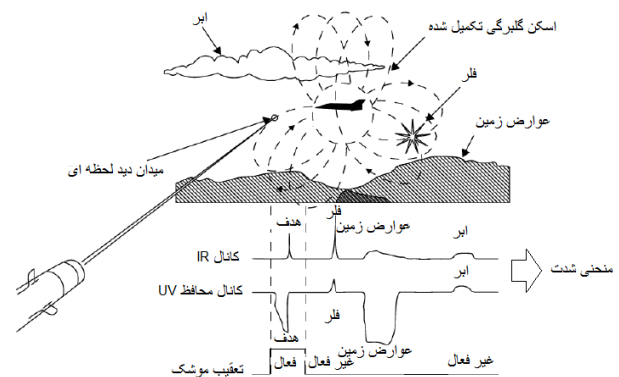
تفاوت‌های زیادی در توزیع انرژی تابشی هدف و فلر در همه ناحیه‌ها از جمله IR، مرئی، UV و غیره وجود دارد؛ به عبارت دیگر، هدف با توجه به دمای سطح، عمدتاً تابش انرژی در ناحیه IR می‌کند در حالی که فلر در هر دو ناحیه UV و IR تابش می‌کند؛ بنابراین، خروجی آشکارساز UV ممکن است که انرژی تابشی مربوط به فلر در نظر گرفته شود. استفاده از انرژی تابشی فلر در ناحیه UV می‌تواند به جدایی دقیق سیگنال هدف از فلر منجر شود. به منظور انتخاب ناحیه UV برای آشکارسازی دقیق هدف تحت کارکرد فلر، امضاء تابشی فلر و هدف مورد بررسی قرار گرفته شده است.

همان‌طور که در شکل (۴-الف) و (۴-ب) نشان داده شده است؛ اگر دامنه پالس‌ها در هر دو ناحیه و در موقعیت زمانی یکسان علامت مخالفی داشته باشند می‌توان آن‌ها را به‌عنوان سیگنال هدف در نظر گرفت. جدول (۱) علامت لگاریتم نسبت توان هدف به آسمان صاف و فلر به آسمان صاف را نشان می‌دهد. هم هدف و هم فلر در ناحیه IR شدت تابش بیشتری از آسمان صاف دارند؛ بنابراین دارای علامت مثبتی هستند. سیگنال هدف در ناحیه UV انرژی کمتری از آسمان صاف گسیل می‌کند، بنابراین دارای علامت منفی است، در حالی که فلر انرژی بیشتری گسیل می‌کند. وقتی که پالس‌ها در هر دو ناحیه علامت مخالف داشته باشند، مدار ضد اقدام متقابل^۱ پالس هدف را استخراج می‌کند. در صورتی که هر دو ناحیه دارای علامت یکسانی باشند، مدار هدفی کاذب مانند فلر را تشخیص می‌دهد [۳].

طیف بالگرد و فلر در دو ناحیه IR و UV پرداخته می‌شود. در نهایت، یک روش جدید و به‌صرفه برای مقابله با این نسل از ردیاب‌های موشکی ارائه داده شده است برای دستیابی به این هدف باید چهار لامپ UV در چهار زاویه سمتی ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه بر بدنه بالگرد نصب شود تا از دید ردیاب همواره بالگرد دارای تابش UV باشد.

۲- بررسی ساز و کار یک سامانه MANPAD هدایت شونده با یک ردیاب دو کانال IR/UV پوشش گلبهرگی

سامانه موشکی معرفی شده در این بخش یک پوششگر گلبهرگی را با آشکارساز دو کانال IR و UV ترکیب کرده است. چگونگی عملکرد این نوع از تهدید موشک نسل سومی در شکل ۲ مشاهده می‌شود. با استفاده از مشخصات شدت در هر دو ناحیه، ردیاب می‌تواند هدف واقعی را از شبه هدف تشخیص دهد [۴].



شکل ۲- تئوری یک ردیاب موشک دو ناحیه IR/UV پوشش گلبهرگی [۴]

۲-۱- اجزاء موشک

۲-۱-۱- پوششگر گلبهرگی

الگوی گلبهرگ معمولاً با چرخش دو منشور شیشه‌ای در جهت مخالف با فرکانس‌های چرخشی متفاوت f_1 و f_2 ایجاد می‌گردد. معادلات (۱) و (۲) مختصات دکارتی میدان دید لحظه‌ای را در زمان t در حین پوشش نشان می‌دهد. در شکل ۳ معادلات (۱) و (۲) در حوزه زمان رسم شده‌اند و دایره قرمز موجود در شکل میدان دید لحظه‌ای در یک لحظه خاص را نشان می‌دهد [۶].

$$x(t) = \delta/2 (\cos 2\pi f_1 t + \cos 2\pi f_2 t) \quad (1)$$

$$y(t) = \delta/2 (\sin 2\pi f_1 t - \sin 2\pi f_2 t) \quad (2)$$

است. عنصر کنترل بهره اجازه می‌دهد تا مقادیر درخشندگی بالا هنگامی که موشک به هدف نزدیک می‌شود مدیریت شوند.

مستطیل شماره ۲ شامل دو مولد موج سینوسی و دو مولد موج کسینوسی است که بیانگر فرکانس‌های چرخش ایجاد شده توسط عناصر اپتیکی است و الگوی پویا گلبگی را ایجاد می‌کنند. مولدها به شیوه‌ای با هم ترکیب شده که خروجی‌شان مختصات دکارتی میدان دید لحظه‌ای مطابق معادله (۱) و (۲) است.

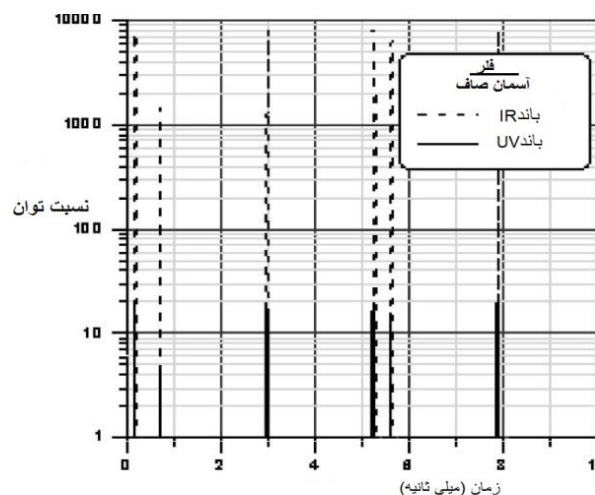
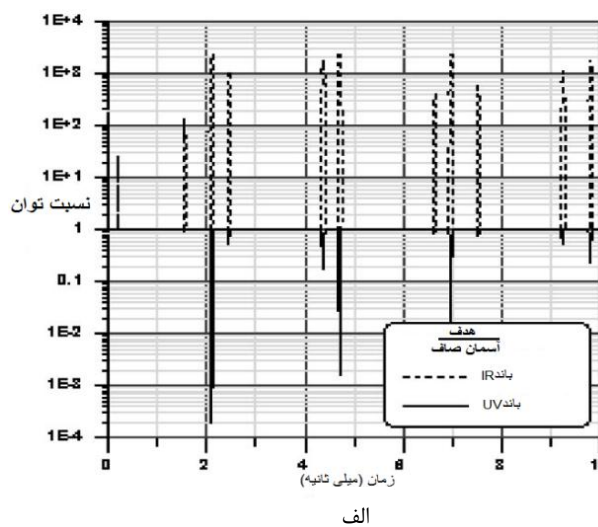
مستطیل شماره ۳ شامل مدار قفل‌شدگی است. مقدار ورودی IR گذرنده از این بخش پردازنده سیگنال با یک مقدار آستانه مقایسه می‌شود. اگر از مقدار آستانه بیشتر باشد این پیکسل به نظر می‌آید که نمایانگر هدف واقعی باشد و بنابراین حالت قفل‌شدگی فعال می‌شود [۴].

در مستطیل شماره ۴ مقدار ورودی IR با مختصات دکارتی ایجاد شده در مستطیل شماره ۲ مخلوط می‌شود تا موقعیت هدف آشکارسازی شود. دو عنصر انتگرال‌گیر برای کاهش انحراف موشک است هنگامی که پیکسل از بخش‌های مختلف صحنه پویا می‌شود. مختصات دکارتی به مختصات قطبی تبدیل شده و پس از آن بیانگر دامنه و فاز ردیابی است که به واحد هدایت ارسال می‌شوند.

در نهایت مستطیل شماره ۵ شامل ضد اقدام متقابل موشک در برابر فلر به کار گرفته شده توسط هدف است. مقدار ورودی UV با یک مقدار آستانه مقایسه می‌شود که تعیین می‌کند اگر پیکسل به اندازه کافی تاریک باشد یک هدف واقعی در نظر گرفته می‌شود و خروجی متناسب با این یا "۰" یا "۱" می‌شود. این عدد در مقدار آشکارساز IR قبل از ورود به بقیه بخش‌های پردازنده سیگنال ضرب می‌شود. در مورد یک فلر که در اینجا مقدار زیادی UV دارد، سوئیچ آستانه "۰" را نشان می‌دهد، پس مقدار ورودی IR صفر می‌شود و از این رو ردیابی وارد شده به واحد هدایت صفر می‌گردد [۵].

۳- توزیع شدت تابش فرسرخ بالگرد

در بخش زیر مشخصات شدت تابش فرسرخ در ناحیه ۳-۵ um و ۱۴-۸ um مربوط به بالگرد در صفحه Oxz بحث خواهد شد. در این صفحه، ۳۶ آشکارساز شدت تابشی فرسرخ به‌طور یکسان در یک دایره به شعاع ۱۰۰ (m) بالگرد قرار گرفته شد و از یک روش ردیابی در جهت‌های رو به جلو و پشت سر^۱ برای محاسبه شدت تابش استفاده شده است.



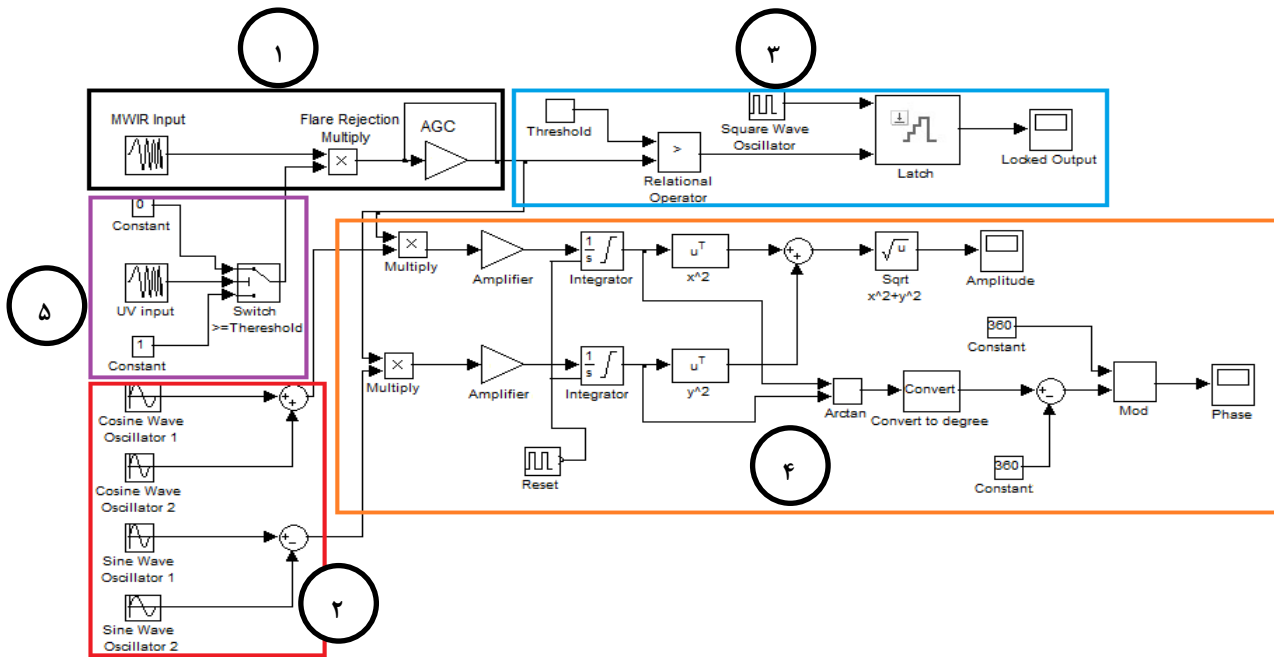
شکل ۴- مقایسه سیگنال‌های ورودی در ناحیه UV و IR. نسبت توان (الف) هدف (هوایما) و (ب) فلر به پس‌زمینه [۳]

جدول ۱- ویژگی‌های سیگنال پالس [۳]

اثر	فلر	هدف	پالس
+	+	+	پالس IR
+	+	-	پالس UV
غیرفعال	غیرفعال	فعال	ویژگی

۲-۲- پردازش سیگنال ردیاب موشک

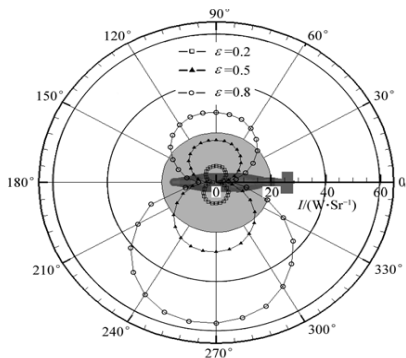
عنصر ردیاب یک الگوی دو بعدی برای کانال IR و کانال UV ایجاد می‌کند. در این عنصر محدوده طول موج‌های ۳-۵ um و ۳۰۰-۴۰۰ nm که به ترتیب مربوط به کانال IR و کانال UV است تنظیم می‌شود. شکل ۵ نمایی از پردازنده کامل سیگنال که از بخش‌های منحصر به فرد تشکیل شده را نشان می‌دهد. مستطیل شماره ۱ شامل ورودی آشکارساز فرسرخ (IR) به پردازنده سیگنال



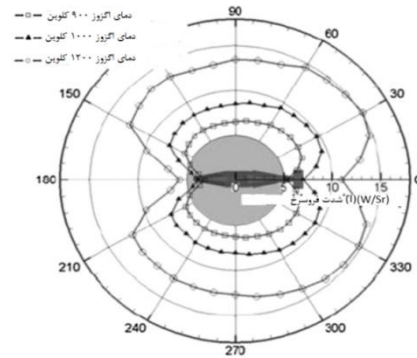
شکل ۵- پردازنده سیگنال [۴]

۳-۱- توزیع شدت تابش فروسرخ پلوم

شکل ۶ شدت تابش پلوم را تحت سه دمای مختلف آگزوز در ناحیه ۳-۵ um نشان می‌دهد. درجه حرارت آگزوز تأثیر قابل توجهی بر مشخصات تابش پلوم دارد. وقتی که دمای آگزوز از ۹۰۰K تا ۱۲۰۰K افزایش یافت، شدت تابش خروجی در ناحیه ۳-۵ um در حدود ۱۰۰٪ افزایش یافته است [۸].



شکل ۷- مشخصات شدت تابش فروسرخ در ناحیه ۳-۵ um [۹]



شکل ۶- شدت تابش فروسرخ پلوم در ناحیه ۳-۵ um [۸]

۴- طیف فلر و بالگرد

۴-۱- مشخصات طیفی فلر

اقدام متقابل فروسرخ فلر معمولاً طوری طراحی شده که تابش طیفی آن از هواپیما بیشتر باشد تا بتواند تهدید موشکی را منحرف سازد. رایج‌ترین نوع اقدام متقابل فروسرخ برای سامانه‌های هوایی، فلر MTV است. در شکل ۸ شدت تابش طیفی نسبی یک جسم خاکستری بر حسب طول موج بیان شده و بیشترین تابش در محدوده ۱-۱/۵ (um) است. فلرهای MTV به طور کلی دارای خصوصیات طیفی مشابه با شکل ۸ می‌باشند.

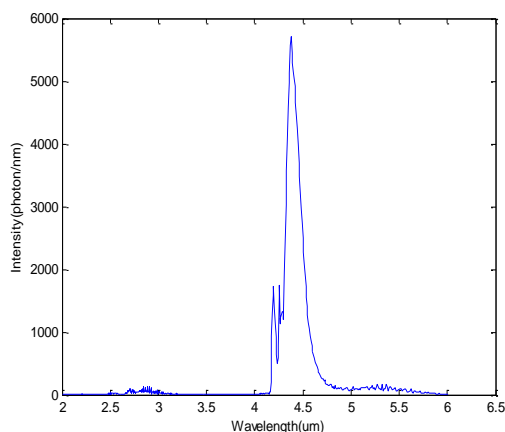
اندازه‌گیری طیفی فلرهای MTV در ناحیه IR به شکل گسترده‌ای انجام شده است ولی اطلاعات در دسترس کمی درباره‌ی انتشار فلرهای MTV در ناحیه UV وجود دارد. شواهد تصویری تابش UV مربوط به MTV در شکل ۹ مشاهده می‌شود. نواحی

۳-۲- توزیع شدت تابش فروسرخ بدنه

شکل ۷ مشخصات شدت تابش فروسرخ بدنه بالگرد را به ترتیب با قابلیت‌های انتشار $\epsilon=0/2$, $\epsilon=0/5$ و $\epsilon=0/8$ در ناحیه ۳-۵ um نشان می‌دهد. وقتی که قابلیت انتشار بدنه از ۰/۲ به ۰/۸ زیاد می‌شود شدت تابش فروسرخ در طرف آفتابی ۴/۳ برابر و در طرف سایه ۶/۸ برابر می‌شود [۹].

۴-۲- اندازه‌گیری طیفی فلر

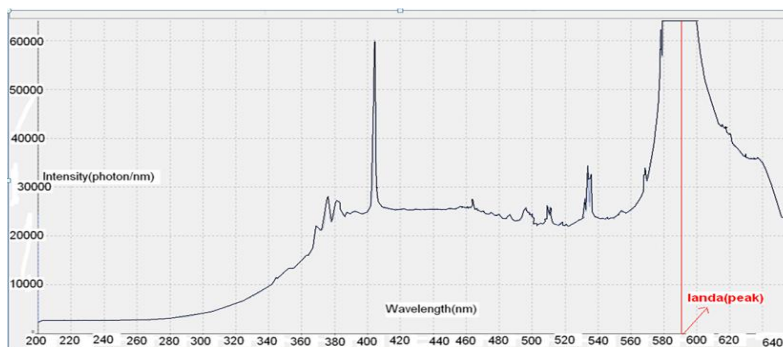
در آزمایشگاه به اندازه‌گیری طیف فلر پرداخته شد. نمودار طیفی این فلر در ناحیه ۲-۶ um با استفاده از طیف‌سنج ARC spectro به دست آمد که در شکل ۱۰ دیده می‌شود. همچنین نمودار طیفی این فلر در ناحیه ۲۰۰-۶۴۰ nm با استفاده از طیف‌سنج Maya به دست آمده که در شکل ۱۱ دیده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود پیک تابش فلر در ناحیه ۵۸۰-۶۰۰ nm است که این تأیید کننده این است که دمای سوختن فلر مطابق قانون جابجایی وین در محدوده ۴۵۰۰-۵۰۰۰ (K) است و این دمای زیاد مسئول ایجاد تابش شدید در ناحیه UV است. این کار برای ۱۰ نمونه فلر پیروتکنیک انجام شده است.



شکل ۱۰. طیف IR فلر پیروتکنیک با استفاده از طیف‌سنج ARC spectro FT-MIR

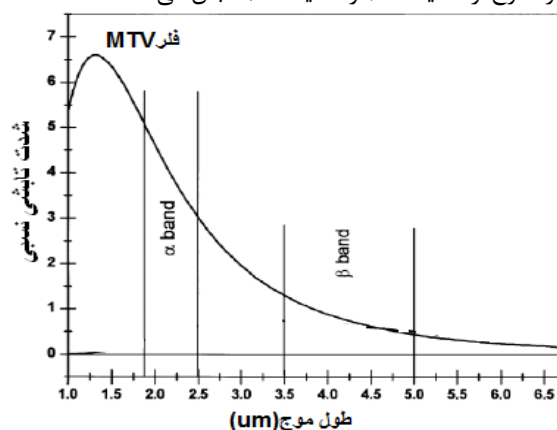
شکل ۱۱ طیف اندازه‌گیری شده از فلر در حال سوختن توسط طیف‌سنج Maya را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که دمای سوختن فلر با توجه به قانون جابجایی وین مطابق زیر به دست می‌آید:

$$T = \frac{2897.8}{\lambda_{\text{peak}}} = \frac{2897.8}{.59} = 4911 (K) \quad (3)$$

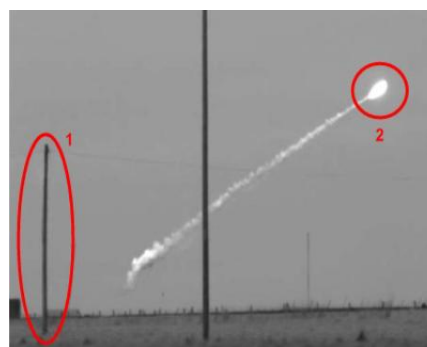


شکل ۱۱- طیف UV فلر پیروتکنیک با استفاده از طیف‌سنج Maya

مشخص شده در شکل، دو نقطه مورد نظر هستند. شماره ۱ کنتراست منفی یک دکل که توسط مسدود کردن UV پس‌زمینه ایجاد شده را نشان می‌دهد. شماره ۲ یک گلوله MTV در حال سوختن را نشان می‌دهد که به اندازه کافی تابش UV دارد تا مجموعه‌ای از پیکسل‌ها را به اشباع برساند و در نتیجه باعث ایجاد یک کانون قابل تشخیص در ناحیه UV می‌شود و این در حالی است که دمای سوختن یک فلر MTV معمولی تقریباً ۲۰۰۰ (k) است. یک توجه برای این پدیده این است که گازهای تولید شده در اثر احتراق فلر در خارج از ناحیه IR (در ناحیه UV) تابش می‌کنند [۱۰].



شکل ۸- تابش طیفی یک فلر MTV [۱۱]



شکل ۹- تصویر UV از یک فلر MTV [۱۲]

۵-۱- پیشنهاد لامپ UV مناسب برای نصب بر بدنه بالگرد

تابش UV آسمان صاف بر حسب فاصله آشکارساز ثابت است و این مقدار $(W/m^2) 6 \times 10^{-6}$ می‌باشد. برای یک نمونه لامپ UV مدل B-100AP، با توان $(w) 100$ که دارای طول عمر ۵۰۰۰ ساعت است در فاصله $(m) 1000$ مقدار تابش UV $(W/m^2) 6 \times 10^{-6}$ به دست می‌آید که این مقدار تقریباً ۴ برابر مقدار تابش UV آسمان صاف است.

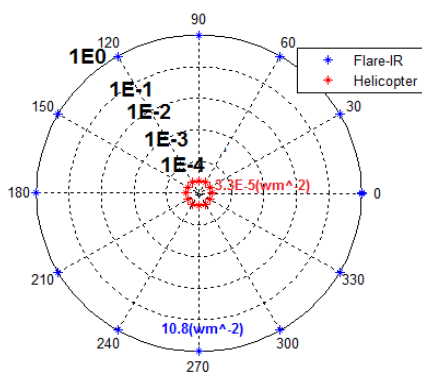
۵-۲- شبیه‌سازی نهایی

برای محاسبه شدت تابش فلر و بالگرد در فاصله $(m) 1000$ باید از فرمول زیر استفاده شود:

$$E = I / (4\pi R^2) \quad (۴)$$

که در آن، E شدت تابش بر حسب (Wm^{-2}) ، I انتگرال تابش طیفی بر حسب $(Wm^{-2}sr^{-1})$ ، به‌دست‌آمده از جدول (۲)، R، فاصله بین بالگرد و آشکارساز بر حسب (m) است.

فرض می‌شود که آشکارساز در فاصله $(m) 1000$ بالگرد قرار دارد و فلر بررسی شده در بخش ۵ در موقعیت‌های مناسب از بالگرد پرتاب می‌شود. شکل ۱۲ رسم قطبی شدت تابش بالگرد و فلر را برحسب $(W.m^{-2})$ در ناحیه $(\mu m) (3-5)$ در زوایای سمتی مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شدت تابش فلر در تمام زوایا از بالگرد بیشتر است.



شکل ۱۲- رسم قطبی شدت تابش بالگرد و فلر برحسب $(W.m^{-2})$ در ناحیه $3-5(\mu m)$

شکل ۱۳ رسم قطبی شدت تابش بالگرد، فلر و آسمان صاف را برحسب $(W.m^{-2})$ در ناحیه UV $(nm) (300-400)$ در زوایای سمتی مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شدت تابش بالگرد در تمام زوایا از آسمان صاف کمتر است.

این دما تأییدکننده این است که چرا فلر در ناحیه UV تابش قابل توجهی دارد. حال برای محاسبه شدت تابش فلر در نواحی $(\mu m) 2-6$ و $(nm) 300-400$ فرض می‌شود که فلر تقریباً یک جسم سیاه است؛ بنابراین به محاسبه تابش جسم سیاه با دمایی معادل با دمای فلر پرداخته می‌شود. نتایج تجربی از مرجع [۳] نشان می‌دهد که فلر به هنگام سوختن ناحیه‌ای به مساحت حدوداً $(m^2) 1$ ایجاد می‌کند. از طرفی بالگرد معرفی شده در بخش ۳ مساحتی به میزان تقریب $(m^2) 40$ دارد. با توجه به نتایج مراجع [۸ و ۹] میانگین دمای بدنه و پلوم بالگرد به ترتیب $(K) 302$ و $(K) 348$ است. برنامهنویسی در متلب، انتگرال تابش طیفی برای فلر بررسی شده در بخش ۲، ۴ و همچنین مدل بالگرد معرفی شده در بخش ۳ در گستره $(nm) 300-400$ و $(\mu m) 3-5$ محاسبه گردیده است. نتایج حاصل از محاسبه این انتگرال برای فلر و بالگرد در جدول ۲ آورده شده است:

جدول ۲- نتایج محاسبات تابش بالگرد و فلر

	انتگرال تابش طیفی $(Wm^{-2}sr^{-1})$		میانگین دما (K)
	$300-400(nm)$	$3-5(\mu m)$	
پلوم بالگرد	37×10^{-3}	$1.1/3$	۳۴۸
بدنه بالگرد	43×10^{-4}	$317/9$	۳۰۲
فلر	6×10^{-6}	8×10^{-8}	۴۹۰۰

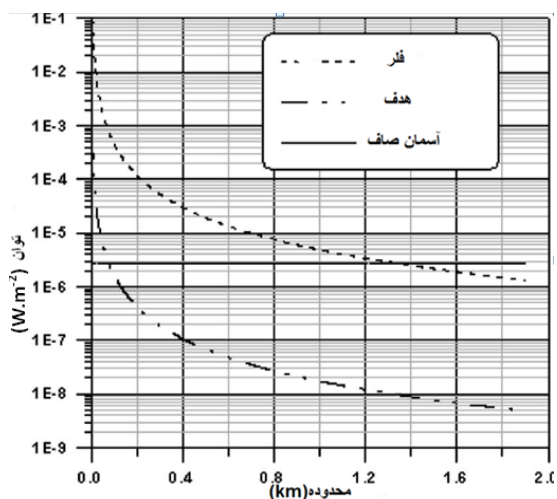
۵- اختلال ردیاب دو کانال IR/UV

با توجه به بخش ۲-۲، مستطیل شماره ۵ شامل ضد اقدام متقابل موشک در برابر فلر است و مقدار ورودی UV با یک مقدار آستانه مقایسه می‌شود که تعیین می‌کند اگر پیکسل به اندازه‌ی کافی تاریک باشد (مقدار تابش UV آن پیکسل خیلی کم باشد) یک هدف واقعی در نظر گرفته می‌شود و خروجی متناسب با آن "۱" می‌شود. این عدد در مقدار آشکارساز IR قبل از ورود به بقیه‌ی بخش‌های پردازنده سیگنال ضرب می‌شود. در مورد یک فلر پیروتکنیک که در اینجا مقدار زیادی UV دارد، سوئیچ آستانه "۰" را نشان می‌دهد، بنابراین، مقدار ورودی IR صفر می‌شود و از این رو ردیابی وارد شده به واحد هدایت صفر می‌گردد و روند ردیابی مختل می‌شود.

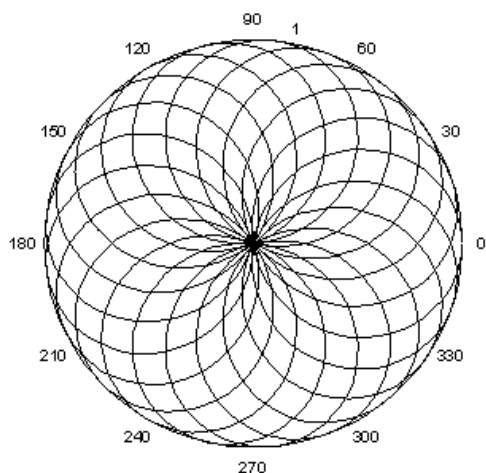
در نتیجه اصول کار این ردیاب به طریقی است که اگر شیئی را که در میدان دید لحظه‌ای خود پویش می‌کند، تابش UV داشته باشد آن را به‌عنوان هدف تشخیص نمی‌دهد. حال اگر بالگرد که همان هدف است، همانند فلر تابش UV داشته باشد و این تابش UV شدتش بیشتر از تابش UV آسمان صاف باشد ردیاب از تعقیب هدف منحرف خواهد شد. بدین منظور، شبیه‌سازی با نصب چهار لامپ UV در چهار زاویه سمتی ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه بر بدنه بالگرد انجام شده است تا از دید ردیاب، بالگرد همواره دارای تابش UV باشد.

شده در ناحیه UV در محدوده نزدیک مهم است. از شکل مشاهده می‌شود که وقتی فاصله بین هدف و سامانه ردیاب از محدوده ۱/۲km تجاوز نمی‌کند، خروجی آشکارساز UV نشان می‌دهد که تابش آسمان صاف از تابش فلر کمتر است. از طرف دیگر، تابش UV هدف همواره از آسمان صاف کمتر است. چنین ویژگی برای آشکارسازی هدف به‌وسیله ناحیه UV سودمند است.

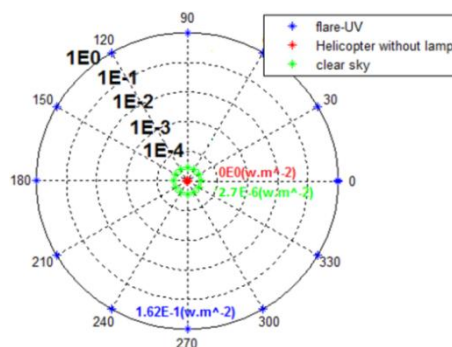
این الگو با شدت تابش دریافتی توسط آشکارساز به گونه‌ای ترکیب می‌شود که نقاط دارای کنتراست منفی نسبت به آسمان در ناحیه UV را به عنوان هدف تشخیص می‌دهد. شکل ۱۷ تصویر UV دریافتی از آسمان صاف و بالگرد و فلر را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بالگرد نسبت به پس‌زمینه (آسمان صاف) دارای کنتراست منفی است و به رنگ سیاه به نظر می‌رسد. الگوی گلبرگی مربوط به بخش پوشش ردیاب دو کانال IR/UV است که برای تعیین مختصات دقیق هدف در آسمان به‌کار گرفته می‌شود. شکل ۱۶ شبیه‌سازی این الگو را توسط نرم افزار متلب نشان می‌دهد.



شکل ۱۵- مقایسه تابش دریافتی در ناحیه UV

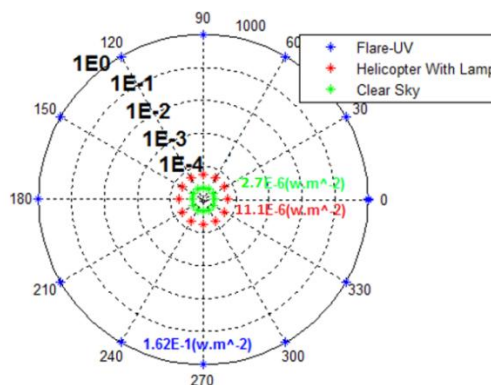


شکل ۱۶- شبیه‌سازی الگوی پوشش گلبرگی ردیاب دو کانال IR/UV با متلب



شکل ۱۳- رسم قطبی شدت تابش بالگرد، فلر و آسمان صاف برحسب ناحیه UV (۳۰۰-۴۰۰nm) (W.m⁻²)

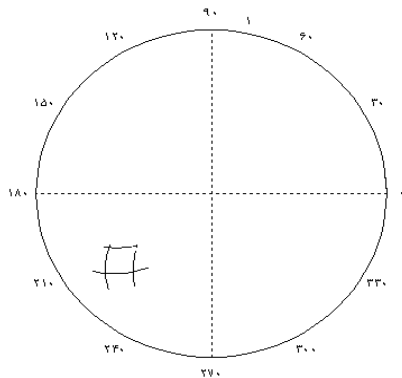
شکل ۱۴ رسم قطبی شدت تابش بالگرد دارای لامپ UV، فلر و آسمان صاف را برحسب ناحیه UV (۳۰۰-۴۰۰nm) در زوایای سمتی مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شدت تابش فلر و بالگرد در تمام زوایا از آسمان صاف بیشتر است. این بدین معنی است که با نصب لامپ UV با تابندگی مناسب شدت تابشی بیشتر از آسمان صاف ایجاد می‌شود که موجب اختلال در سامانه موشک دو کانال IR/UV و منحرف‌سازی آن شده است.



شکل ۱۴- رسم قطبی شدت تابش بالگرد دارای لامپ UV، فلر و آسمان صاف برحسب ناحیه UV (۳۰۰-۴۰۰nm) (W.m⁻²)

۶- تجزیه و تحلیل

هدف بعد از بررسی وجود ردیاب موشک به‌وسیله سامانه هشدار تقرب موشک از فلر استفاده می‌کند. شکل ۱۵ یک مقایسه‌ای از تابش دریافتی از هدف و فلر و پس‌زمینه در ناحیه UV را نشان می‌دهد. محور عمودی بیانگر توان دریافتی بر حسب (W.m⁻²) و محور افقی بیانگر فاصله آشکارساز بر حسب (km) است. این توان توسط یک آشکارساز در فواصل مختلف دریافت می‌شود و هدف یک هواپیما با دمای پلوم (k) ۱۲۰۰ است. ردیاب پوشش گلبرگی دو رنگ وقتی که هدف در فاصله بسیار دوری از ردیاب قرار دارد آن را به‌وسیله آشکارساز IR پیدا می‌کند و سپس آشکارساز UV در فاصله نزدیک‌تر این کار را انجام می‌دهد؛ بنابراین مقایسه تابش دریافت



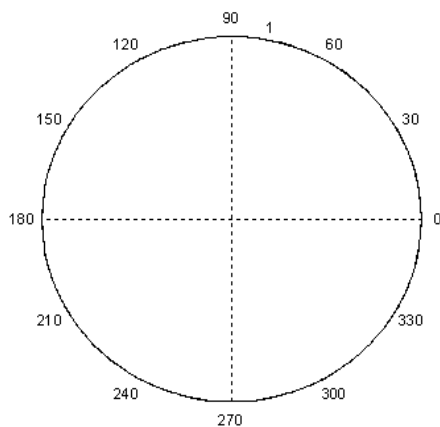
شکل ۱۹- تشخیص موقعیت بالگرد توسط ردیاب

نصب لامپ UV با تابندگی مناسب بر بدنه بالگرد باعث ایجاد یک کنتراست مثبت نسبت به پس‌زمینه شده است که در شکل ۲۰ به خوبی قابل مشاهده است.



شکل ۲۰- تصویر UV از فلر و بالگرد با نصب لامپ UV با پس‌زمینه آسمان صاف

شکل ۲۱ عدم توانایی ردیاب را برای تعیین موقعیت بالگرد نشان می‌دهد. با این وجود ردیاب برای ادامه مسیر خود مختصاتی پیدا نمی‌کند و در نتیجه دچار اختلال می‌شود.



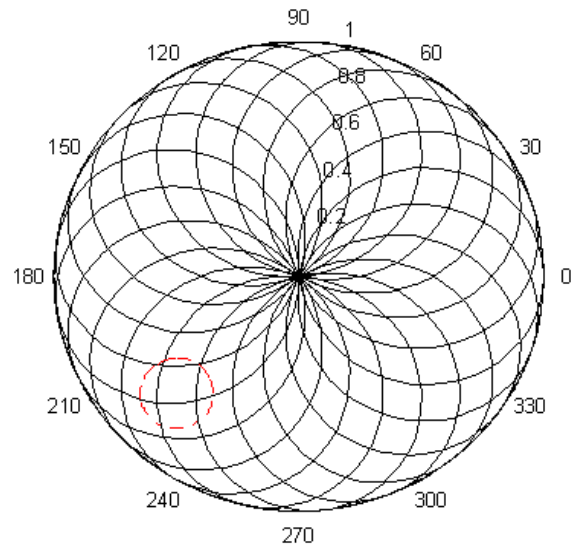
شکل ۲۱- عدم تشخیص موقعیت بالگرد توسط ردیاب

این الگو با شدت تابش دریافتی توسط آشکارساز به گونه‌ای ترکیب می‌شود که نقاط دارای کنتراست منفی نسبت به آسمان در ناحیه UV را به عنوان هدف تشخیص می‌دهد. شکل ۱۷ تصویر UV دریافتی از آسمان صاف و بالگرد و فلر را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بالگرد نسبت به پس‌زمینه (آسمان صاف) دارای کنتراست منفی است و به رنگ سیاه به نظر می‌رسد.



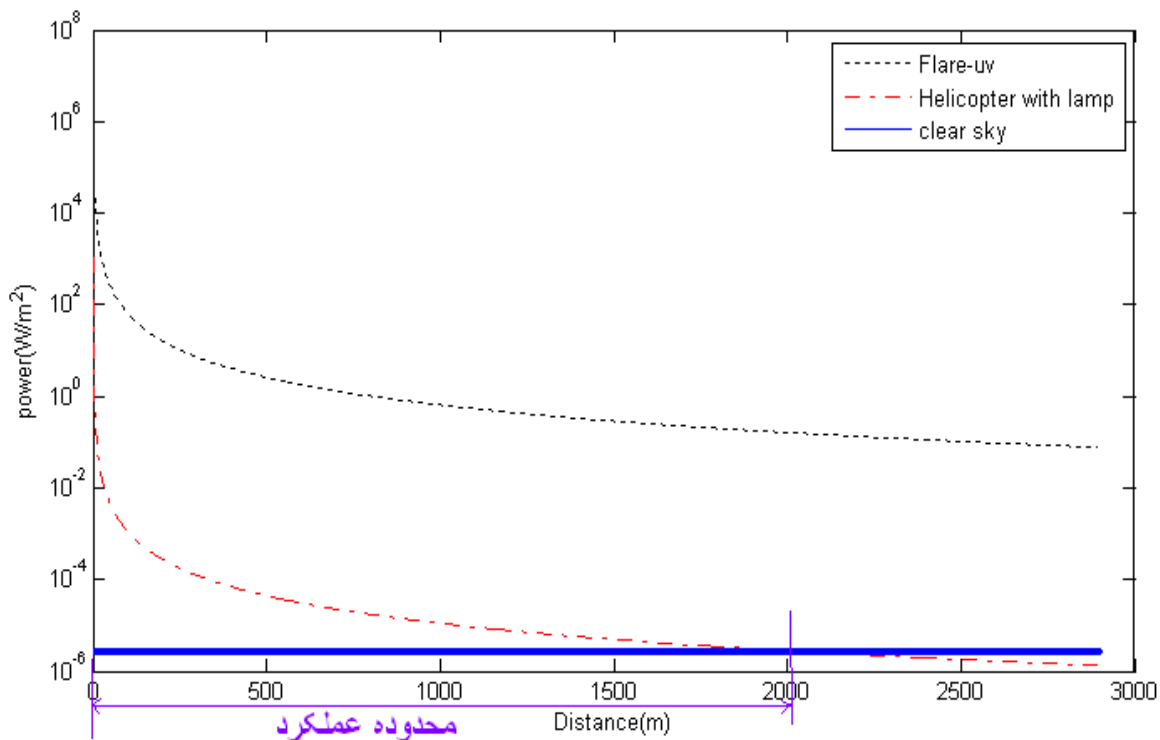
شکل ۱۷- تصویر UV از فلر و بالگرد با پس‌زمینه آسمان صاف

به دلیل همین کنتراست منفی بالگرد، ردیاب قادر است تا موقعیت هدف را مطابق شکل ۱۸ تشخیص دهد. در شکل ۱۹ خطوط مشخص شده، مختصات دقیق بالگرد را نشان می‌دهد که ردیاب با استفاده از این مختصات مسیر حرکت خود را به درستی تعیین می‌کند.

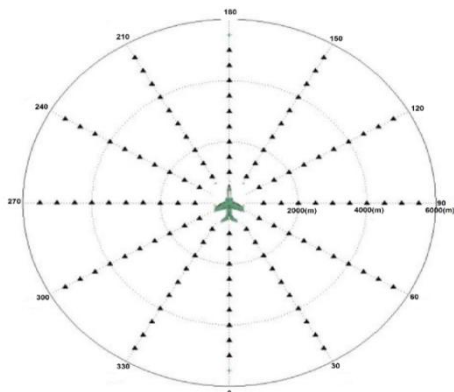


شکل ۱۸- تشخیص بالگرد توسط ردیاب دو کانال

آشکارساز بدون تضعیف جوی در ناحیه UV (۳۰۰-۴۰۰nm) از توان دریافتی مربوط به آسمان صاف بیشتر باشد. از این شکل می‌توان فهمید که این طراحی تا فاصله حدوداً ۲۰۰۰ (m) کارایی دارد.



شکل ۲۲- توان انتشاری از فلر، بالگرد و آسمان صاف در فواصل مختلف در ناحیه UV



شکل ۲۳- رسم قطبی هواپیمای C-130 با به کارگیری فلر و لامپ UV در درگیری با موشک در فواصل افقی مختلف

شکل ۲۲ توان انتشاری از بالگرد در فواصل مختلف نشان داده شده است. مطابق آنچه در قسمت قبل گفته شد، اختلال این نوع ردیاب تا زمانی است که شدت توان دریافتی از بالگرد توسط

به منظور بررسی آسیب‌پذیری هواپیمای C-130 و دارای لامپ UV در برابر موشک دو کانال IR/UV، درگیری این دو با نرم افزار Countersim شبیه‌سازی شده است. فرض می‌شود که این هواپیما در یک ارتفاع ثابت ۱۰۰۰ متری و با سرعت ۱۵۰ (m/s) در حالی حرکت می‌کند که موقعیت پرتاب موشک در محدوده افقی و در محیط اطراف هواپیما در حال تغییر است. محدوده افقی از ۱۰۰۰ تا ۵۵۰۰ متر با گام ۵۰۰ متر در حال تغییر است و زاویه سمتی با گام ۳۰ درجه، محیط اطراف هواپیما را پوشش می‌دهد. به محض شلیک موشک، هواپیما بدون مانور اقدام به پرتاب فلر و روشن کردن لامپ UV می‌کند و در پایان هر درگیری کمترین فاصله خطا ثبت می‌شود. شکل ۲۳ یک رسم قطبی از این درگیری را نشان می‌دهد. مثلث‌های سیاه موجود در شکل بیانگر عدم برخورد موشک شلیک‌شده به سمت هواپیما در فواصل مختلف ۱۰۰۰ تا ۵۵۰۰ متری است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که این روش در غلبه بر این نوع موشک، مؤثر واقع شده است.

۸- مراجع

1. I. Gander, "MANPADS - Man - portable air - defense systems," Proc. SPIE 8187, 81870S, 2011.
2. M. A. Richardson, "The anatomy of the MANPAD," Proc. SPIE 6738, 67380H, 2007.
3. K.-S. Doo, J. Oh, S. Jahng, H. Hong, J. S. Choi, and D. Seo, "Simulation of target detection in ultraviolet and infrared bands," Opt. Eng., vol. 40, no. 11, p. 2646, 2001.

4. D. Kumar, L. Smith, M. a. Richardson, R. Ayling, and N. Barlow, "Modelling a man-portable air-defence (MANPAD) system with a rosette scan two-colour infrared (IR) and ultraviolet (UV) seeker," vol. 9251, p. 92510L, 2014.
5. L. Smith, M. Richardson, R. Ayling, and N. Barlow, "Effective expendable countermeasure model against dual-band infrared and ultraviolet man-portable air-defence seeker systems," *Opt. Eng.*, vol. 54, no. 8, p. 085104, 2015.
6. H. Soltanizadeh and S. B. Shokouhi, "An Effective Simulator for the Rosette Scanning Infrared Seeker," pp. 1-5, 2007.
7. R. P. Birchenall, M. a. Richardson, B. Butters, and R. Walmsley, "Modelling an advanced ManPAD with dual band detectors and a rosette scanning seeker head," *Infrared Phys. Technol.*, vol. 55, no. 1, pp. 67-72, 2012.
8. C. X. Pan, J. Z. Zhang, and Y. Shan, "Effects of exhaust temperature on helicopter infrared signature," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 51, no. 1-2, pp. 529-538, 2013.
9. C. X. Pan, J. Z. Zhang, and Y. Shan, "Modeling and Analysis of Helicopter Thermal and Infrared Radiation," *Chinese J. Aeronaut.*, vol. 24, no. 5, pp. 558-567, 2011.
10. D. Kilpin, "Ultraviolet Emission from Rocket Motor Plumes," DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory, 1994.
11. E.-C. Koch, "Review on pyrotechnic aerial infrared decoys," *Propellants Explos. Pyrotech.*, vol. 26, no. 1, pp. 3-11, 2001.
12. G. Fargher, "UV MANPADS: Signature Collection and Analysis," M.Sc., Cranf. Univ. United Kingdom, 2010.

Presentation of New Novel for Protection from Air Targets Against Dual Channel IR/UV Seeker System

A. Hashempour, A. Chaman Motlagh^{*}, A. Bashiri

Abstract

In this paper, the precise mechanism of a MANPAD system with a dual channel IR/UV rosette scan seeker has been analyzed. The intensity spectrum distribution in IR band has been studied and analyzed and also the spectrum intensity of flare is measured in the lab. The Operation of This seeker is based on the assumption target with no UV radiation, so if one wants the seeker to detect the UV radiation from a helicopter, a UV lamp should be installed on helicopter body. It is shown that by installing the UV lamp with suitable luminance in azimuth angles 0° , 90° , 180° and 270° on the helicopter body, it will disturb the proper operation of dual channel IR/UV seeker systems.

Key Words: *Helicopter; Dual channel IR/UV seeker; Flare; Radiation intensity distribution; spectrometer*

^{*} Imam Hussein Comprehensive University (Achaman@ihu.ac.ir) - Writer-in-Charge