فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، (پیاپی ۸): صص ۹-۱۷

بررسی روش‌های عملیاتی استتار در حین طراحی و ساخت

فیروز قنبری[۱]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۸/۰۸
تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۲۶

چکیده

اقدامات پدافند غیرعامل بر روی یک هدف ثابت یا متحرک از زمان طراحی مفهومی و مطالعاتی تا زمان پایان و بهره‌برداری هدف، قابل اجرا بوده و این اقدامات در مراحل مختلف چرخه عمر هدف، روش‌ها و فنون ویژه‌ای را شامل می‌گردد. اقدامات استتاری نیز که یکی از محورهای مهم پدافند غیرعامل می‌باشد، در مراحل مختلف چرخه عمر هدف، قابل اجرا می‌باشد. بخشی از این اقدامات به هنگام طراحی و ساخت هدف لحاظ می‌گردد که شامل شکل‌دهی، به‌کار بردن زیرساخت‌ها و طرح‌های ویژه در سازه جهت مدیریت علایم سامانه و به‌کار بردن مواد ساختاری خاص در سازه سامانه بوده و به‌عنوان استتار درون‌ساخته شناخته شده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

شناخت روش‌ها و فناوری‌های نوین و به‌کار بردن آن در استتار درون‌ساخته اهداف در زمان مناسب خود، هزینه اقدامات استتاری و حفظ و بقای هدف را کاهش داده و اثربخشی اقدامات پدافند غیرعامل را افزایش می‌دهد. در بسیاری از موارد با استفاده صحیح و به‌موقع اقدامات درون‌ساخته در پدافند غیرعامل، نیاز به روش‌های دیگر به حداقل رسیده و در غیاب اقدامات به‌موقع درون‌ساخته ضمن افزایش هزینه پدافند غیرعامل، حفظ و بقای ایجاد شده نیز رضایت‌بخش نخواهد بود.

در نتیجهٔ اقدامات استتار درون‌ساخته که در حین طراحی و ساختن هدف به‌کار می‌رود غالباً به لحاظ اینکه از مواد و طرح‌های مشابه طرح‌های اولیه ولی با نگرش پدافند غیرعامل استفاده می‌نماید، نسبت به استفاده از روش‌های افزودنی استتار مانند رنگ یا تور استتار و...، دارای اثربخشی بیشتری بوده و اینرسی کمتری را برای کاربر جهت اجرای اقدامات پدافند غیرعامل ایجاد می‌نماید. ضمن اینکه برای طراحان، اهداف ثابت و بزرگ غیرنظامی و راهبردی مانند صنایع هسته‌ای، نفت، گاز و پتروشیمی، استتار درون‌ساخته پذیرفتنی و قابل قبول‌تر می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: استتار درون‌ساخته، استتار سخت‌افزاری، طراحی شناساگریزی، شکل‌دهی هندسی، کامپوزیت‌های استتاری

۱- ساصد، پژوهشکده علوم و فناوری خودرویی، Email: FQANBARI@YAHOO.COM

۱- مقدمه

شاید بارها این جملات را شنیده‌ایم «دیگر دیر شده است»، «فایده‌ای ندارد»، «هزینه بالایی را می‌طلبد»، «امکان‌پذیر نیست» یا «کلیات و جزئیات هدف شناسایی شده است» و البته همه این جملات حاصل درک سطحی از مفهوم عامی استتار است که به اشتباه فقط تدابیری مانند کشیدن چادر یا تور استتار بر روی هدف یا رنگ‌آمیزی آن و یا استفاده از اقلام طبیعی به‌عنوان تدابیر استتاری جا افتاده است. به‌راستی آیا معنی استتار همین است؟

یک هدف نظامی یا غیر نظامی که قرار است در مقابل تهدید حفظ شود، از ابتدای شروع چرخه عمر خود تا مرحله پایان مراحلی را می‌گذراند که می‌توان به طراحی مفهومی، طراحی تفصیلی، ساخت و اجرا، آماده بهره‌برداری و در حال بهره‌برداری اشاره نمود. به‌کار بردن هرگونه الزام یا اقدام دفاع غیرعامل بر روی هدف، زمانی حداکثر اثربخشی خود را ایفا می‌نماید که الزامات آن در تمام چرخه عمر هدف مورد نظر لحاظ گردد و این الزامات برای هر مرحله از چرخه عمر، روش‌ها و فنون مختص خود را می‌طلبد. لذا تاکنون با برداشت نادرست از تدابیر استتاری، نتیجه‌ای که حاصل گردیده است این است که طراحان سامانه‌های دفاعی برای لحاظ کردن استتار، زمانی به سراغ هدف رفته‌اند که هدف، ساخته شده و در حال بهره‌برداری می‌باشد.

۲- فرضیه تحقیق

تدابیر CCD[1] که یکی از محورهای دفاع غیرعامل می‌باشد برای هر مرحله از فرایند چرخه عمر هدف تدابیر ویژه‌ای دارد و استتار درون‌ساخته به‌عنوان یکی از تدابیر CCD، نقش کلیدی در مراحل اولیه چرخه عمر هدف(مرحله طراحی) دارد.

۳- پرسش‌های تحقیق

- جایگاه استتار درون‌ساخته در این فرایند کجاست و چه اهمیتی برای دفاع غیرعامل دارد؟
- روش‌های استتار درون‌ساخته چیست؟
- اولویت استفاده از روش‌های استتار درون‌ساخته برای اهداف مختلف زمینی، هوایی و دریایی چیست؟

۴- روش تحقیق

در این تحقیق از روش‌های دیدبانی فناوری‌ها (بررسی ثبت اختراعات، مقالات و سوابق متولیان استتار در دنیا) و پیمایش محیطی استفاده گردیده است.

۵- متغیرهای تحقیق

در این تحقیق، «استتار درون‌ساخته» به‌عنوان متغیر وابسته و «ارتقا توان پدافند غیرعامل» به‌عنوان متغیرمستقل مورد بحث قرار گرفته است.

۶- سابقه

سابقه استفاده از روش‌های استتار، به قدمت خلقت موجودات زنده می‌باشد. خداوند قادر و متعال این غریزه حفظ و بقا را مثل سایر موجودات زنده در انسان نیز قرار داده است. مطالعه و بررسی روش‌های استتاری در جانوران دریایی و خشکی برای انسان درس‌های خوبی را به ارمغان آورده است. در این تجارب، مصادیق هر یک از روش‌های اختفا، ترکیب، تغییر ظاهر(قیافه) و فریب مشهود است. پرتاب شن و ماسه توسط هشت پای آبی و فرار کردن در پناه آن به مثابه استفاده از دود استتار، کاشت گیاهان دریایی بر روی پوست خود توسط نوعی خرچنگ دریایی به‌عنوان استفاده از روش ترکیب، استقرار نوعی دیگر از خرچنگ دریایی در پوسته سخت و خالی صدف‌های دریایی به‌مثابه استفاده از جان‌پناه ایمن و تغییر قیافه و یا استفاده از حفره طبیعی صخره‌ها به‌عنوان لانه برای برخی از پرندگان و جانوران از مثال‌های دیگر استفاده از روش‌های استتاری توسط جانوران می‌باشد.

مطالعه جنگ‌های تاریخ بشر، مصادیق زیادی از استفاده از شیوه‌های استتار توسط انسان‌ها را نشان می‌دهد و انسان‌ها نیز از زمان‌های گذشته به مراحلی از استتار مانند مکان‌یابی و استفاده از عوارض طبیعی، ابعاد و شکل اهداف، مطابقت با پس‌زمینه و برخی از اقدامات سخت‌افزاری و درون‌ساخته متناسب با سطح فناوری‌های هر برهه از زمان اولویت داده است.

۷- طبقه‌بندی استتار از لحاظ ماهیت تدابیر استتاری [۱]

۷-۱- استتار عملیاتی

استتار عملیاتی، در میدان نبرد توسط رزمندگان صورت می‌گیرد و به وضعیت تاکتیکی منطقه و سطح استتار مورد نظر فرماندهٔ نبرد بستگی دارد. چند نمونه از استتار عملیاتی عبارت است از:

- به‌کارگیری مواد کاهندهٔ صدا و نور؛
- استفادهٔ مناسب از زمین و سایه در هنگام حرکت؛
- استقرار مناسب یگان؛
- اختفای آثار و نشانه‌ها، دفن صحیح زباله و....

سطح آموزش و انضباط نیروهای رزمنده بر موفقیت این نوع استتار تأثیر می‌گذارد.

1- Camouflage, Concealment & Deception

۷-۲- استتار میدانی

استتار میدانی عبارت است از به‌کارگیری مواد طبیعی یا مصنوعی موجود و همراه سامانه مانند گِل، شاخ و برگ و علفزار یا تجهیزات مخصوص مانند رنگ و تور استتار که جهت پنهان‌سازی و همرنگ نمودن نیروها، تجهیزات، مواضع و فعالیت‌ها با محیط اطراف توسط نیروهای رزمنده استفاده می‌گردد.

۸- طبقه‌بندی استتار متناسب با نحوه کاربرد بر روی هدف

۸-۱- استتار به‌کاررفته یا اعمال‌شده در هدف

اولین وظیفهٔ استتاری که مستقیماً بر روی اهداف به‌کار می‌رود ایجاد آمیختگی است. ایجاد تغییر شکل نیز به‌عنوان نقش دیگر استتاری است که بر روی هدف اعمال می‌شود؛ اما قبل از اینکه سعی شود هدف را چیز دیگری جلوه دهیم، خوب است که تا حد ممکن آن را پنهان سازیم. رؤیت‌پذیری و تشخیص هدف کاملاً وابسته به خصوصیات سطحی آن یعنی ترکیب روشنی یا براقیت، رنگ، بافت و شکل و سرنخ‌های حرکتی و الگویی می‌باشد. فناوری مناسب شامل رنگ‌ها، پوشش‌ها، عمل‌آوری‌های سطحی[1]، اصلاحات شکل سطحی جهت دست‌یابی به آمیختگی مطلوب با پس‌زمینه و اقداماتی جهت تغییر شکل می‌باشد. تمام این تکنیک‌ها به‌طور معمول استفاده می‌شوند. نمونه‌هایی از این نوع استتار عبارت‌اند از:

- رنگ‌ها، عمل‌آوری‌های سطحی و پوشش‌ها؛
- جایگزین شدن موادی که به لحاظ پخش یا پراکنده‌سازی راداری، انعکاس و تابش خصوصیات نامطلوب کمتری دارند؛
- از بین بردن، مخفی کردن یا تبدیل علائم از طریق تغییرات سطحی؛
- تغییر در شکل یا ساختار هدف مورد استتار جهت کاهش علائم.

۸-۲- استتار به‌کاررفته در نزدیکی هدف

این نوع از استتار بیشتر به پوشش‌ها و تورهای استتار که بر روی اهداف ثابت یا متحرک نصب می‌شوند، اطلاق می‌گردد. توری که هدف را مخفی کرده و آن را با پس‌زمینه ترکیب می‌کند اقدامی مؤثر خواهد بود. ولی معمولاً نسبت به روش استتار به‌کاررفته بر روی هدف، نیاز به فعالیت و صرف زمان توسط نیروی به‌کار برنده استتار دارد. یکی از مزایای این روش، انعطاف‌پذیری بیشتر آن در ترکیب با محیط است. نمونه‌هایی از این نوع استتار عبارت‌اند از:

- پتوها[2]، پوشش‌ها و تورها؛
- پوشش طبیعی، آرایش نظامی، استقرار تاکتیکی و غیره.

۸-۳- استتار دور از هدف

ابری از دود، افشانه‌ها یا چف جاذب و پخش‌کننده‌های راداری در بین هدف و حسگر، هم موجب کاهش قدرت علائم هدف و هم موجب افزایش انرژی پخش‌شده به سمت گیرنده می‌شود؛ بنابراین هر دو آن‌ها به استتار و کاهش کنتراست کمک می‌کنند. از نظر فیزیکی، ایجاد ابرهای مات‌کننده در این نواحی طیفی امکان‌پذیر است. در این نوع استتارها دو عیب عمده وجود دارد که استفاده از آن‌ها را محدود می‌سازد. اولاً خود ابر به‌میزان زیادی قابل شناسایی بوده و حضور آن نشانگر فعالیتی است که ترجیح می‌دهیم به‌طور مخفی انجام شود. ثانیاً لازم است که این ابرها دائماً تولید شوند. استفاده از آن‌ها به دوره‌های کوتاه محدود می‌شود، یعنی هنگامی که دشمن احتمالاً به‌طور کامل می‌داند کجا و چه وقت برخی فعالیت‌ها در حال انجام است، اما جزئیات بیشتر در مورد عملیات را نادیده می‌گیرد. نمونه‌هایی ازاین نوع استتار عبارت‌اند از:

- افشانه‌ها، دود و چف[3] (chaff)؛
- پراکنده‌سازهای مصنوعی جهت افزایش علائم پس‌زمینه.

۹- استتار درون‌ساخته [1]

این نوع استتار، بخشی از استتار انجام شده بر روی هدف است. استتار درون‌ساخته، جزئی از طراحی سامانه و همیشه همراه آن است و برای به‌کارگیری آن به اقدامی از سوی نیروهای رزمنده نیاز نیست. استتار درون‌ساخته، هنگام طراحی سامانه‌های جدید و همراه با آن‌ها طراحی می‌شود که در مقایسه، «استتار افزودنی[4]» برای سامانه‌هایی به‌کار می‌رود که قبلاً وجود داشته‌اند.

استتار درون‌ساخته، اشاره به این موضوع دارد که اگر طراحان، هنگام طراحی سامانه‌ها برای استتار آن‌ها چاره‌ای بیندیشند، هزینهٔ استتار سامانه‌ها کمتر و سطح استتار آن‌ها بالاتر از حالتی خواهد بود که سامانه به‌صورت معمول تولید شود و سپس با روش‌های متعارف برای استتار آن اقدام گردد. البته معنای این سخن آن نیست که در شرایط مختلف به هیچ اقدامی برای استتار تجهیزات نیاز نیست. اقدامات استتاری خاصی همچون گزینش دقیق محل استقرار تجهیزات(مکان‌یابی)، و به‌کارگیری شبکه‌ها و تورهای استتار و استفاده از شاخ و برگ گیاهان هستند که استتار درون‌ساخته جای آن‌ها را نمی‌گیرد.

تحقق اهداف استتار درون‌ساخته، بستگی مستقیم به این موضوع دارد که سامانه در چه مرحله‌ای از چرخهٔ عمر قرار دارد. سامانه‌هایی که در مراحل اولیهٔ طراحی هستند، بهترین شرایط را برای اتخاذ تدابیر استتار درون‌ساخته دارند. اما در مورد سامانه‌هایی که در

1- Surface treatments
2- Blankets
3- Chaff (افشانه‌های کوچک فلزی)
4- Add - On Camouflage

مراحل پایانی طراحی هستند و امکان اتخاذ تدابیر استتار درون‌ساخته برای آن‌ها تا حدی مشکل شده است نیز راه‌های زیادی مانند استفاده از «استتار افزودنی» که انواع پوشش‌های استتار را شامل می‌شوند، برای افزایش میزان استتار وجود دارد.

۹-۱- روش‌های کلی استتار درون‌ساخته

۹-۱-۱- شکل‌دهی[1] هدف

از روی‌کردهای این روش جهت کاهش رؤیت‌پذیری، طراحی هدف در ابعاد کوچک و ارتفاع کم می‌باشد. این مسئله در اهداف متحرک مانند خودروها (مثلاً ارتفاع خودروهای زرهی را کوچکتر طراحی می‌کنند تا تضعیفی در ردیابی آن ایجاد گردد) و تجهیزات هوایی مصادیق بیشتری پیدا نموده است. در اهداف ثابت نیز روی‌کرد کاهش ارتفاع موجب جهت‌گیری برای طراحی‌های اهداف مدفون و نیمه مدفون گردیده است و در این راستا تغییر شکل هدف نیز که یکی از شیوه‌های استتار می‌باشد به نحوی که هدف به‌عنوان یکی از اجزای پس‌زمینه دیده شود یا به شکل یک یا چند هدف کوچک کم اهمیت به نظر رسد، لحاظ می‌گردد.

از روی‌کردهای دیگر این روش، طراحی شکل هدف به‌منظور ایجاد زوایای خاص یا اجتناب از ایجاد زوایای مضر برای پراکنش امواج راداری می‌باشد. از مصادیق قدیمی این روش می‌توان به شکل خاص هواپیمای شناسا‌گریز F117[2] اشاره نمود. این روی‌کرد امروزه در تجهیزات زمینی و شناور دریایی نیز توسعه پیدا نموده است. در این نوع طراحی‌ها کاهش و یا مدیریت برگشت امواج راداری به سوی فرستنده، سایر علایم الکترومغناطیسی و مکانیکی مانند صوت و لرزه نیز مدیریت می‌گردد. شکل هندسی تجهیزات، سایت‌ها، سنگرها و اماکن حساس در میزان برگشتی امواج راداری بسیار موثر می‌باشد. سطوحی که هادی الکتریکی هستند مثل فلزات، بیشترین انعکاس را داشته و سطوح عایق از انعکاس راداری کمتری برخوردار هستند. انعکاس آینه‌ای، منبع اصلی بازتاب امواج رادار است و تقلیل آن اولین وظیفه فناوری رؤیت‌پذیری پایین می‌باشد. یک صفحه تخت، امواج رادار را مانند یک آینه منعکس می‌کند [۱].

در انعکاس آینه‌ای، زاویه برخورد موج به یک شیء، زاویه بازتاب را نیز تعیین می‌کند. زمانی که موج با زاویه مستقیم به یک شیء برخورد می‌نماید، امواج بازتابی بیشتر در جهت فرستنده منعکس می‌شوند و چنانچه یک صفحه مسطح نسبت به جهت تابش شیب‌دار شود پراکندگی امواج بیشتر در جهتی خارج از سطح دید فرستنده هدایت خواهد شد.

آن‌دسته از اشکالی که بیشترین تأثیر را در سطح مقطع راداری[3] (RCS) دارند سطوح سه و دو وجهی عمود برهم هستند. این اشکال، سطوحی هستند که سه یا دو وجه آن‌ها نسبت به یکدیگر زاویه ۹۰ درجه دارند. بنابراین تجهیزات، سایت‌ها و اماکنی که حاوی چنین سطوحی باشند بیشترین انعکاس راداری را خواهند داشت. ضمناً از سطوح فلزی با اشکال هندسی یاد شده می‌توان به‌عنوان عوامل فریب راداری استفاده نمود [۲].

درک طراحی یک سایت یا سنگر با سطح مقطع راداری پایین، مستلزم فهمیدن و درک پخش امواج راداری شکل‌های اصلی از قبیل منعکس‌کننده‌های گوشه‌ای سه‌وجهی، منعکس‌کننده‌های گوشه‌ای دو وجهی و صفحه مسطح، استوانه و کره می‌باشد. شکل‌های فوق به ترتیبی قرار گرفته‌اند که مقدار انعکاس انرژی راداری در آن‌ها به صورت نزولی کاهش یافته است. در ترتیب قرار گرفتن اشکال، فرض بر این است که این اشکال نسبت به تابش موج راداری طوری قرار دارند که بتوانند شدیدترین انعکاس آینه‌ای را وقتی‌که طرف مسطح آن‌ها عمود بر جهت انرژی تابشی راداری است ایجاد نمایند.

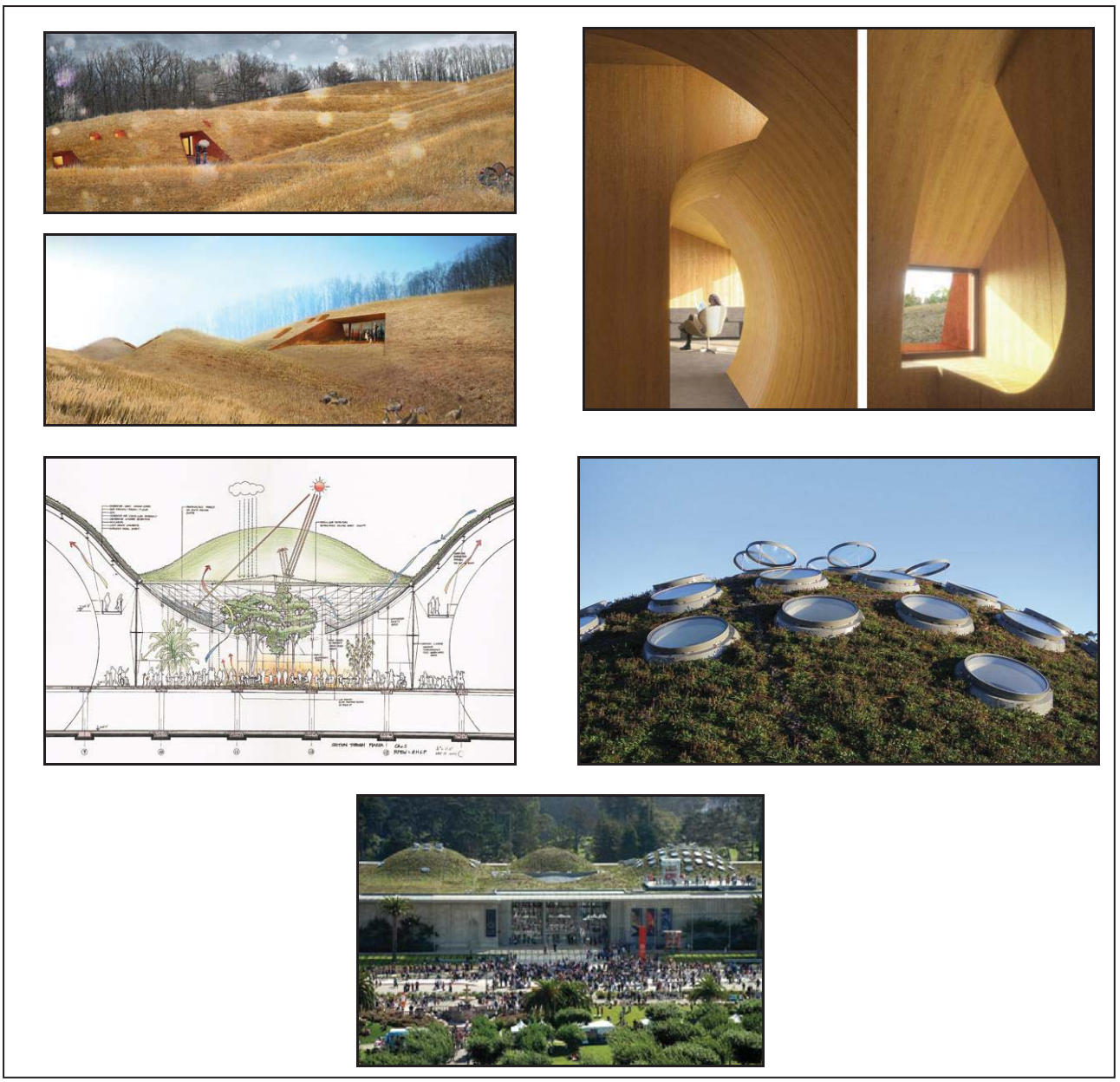
شکل‌هایی که در ایجاد سطح مقطع راداری یک هدف نقش دارند می‌توان به ترتیب میزان نقش، آن‌ها را در ایجاد سطح مقطع راداری مورد بحث قرار داد [۳]:

- منعکس‌کننده گوشه‌ای سه‌وجهی عمود برهم که بالاترین نقش را در ایجاد سطح مقطع راداری دارد.
- منعکس‌کننده گوشه‌ای دو وجهی عمود برهم که نسبت به شکل سه‌وجهی عمود برهم نقش کمتری را در ایجاد سطح مقطع راداری دارد.
- سومین رتبه در ایجاد سطح مقطع راداری را منعکس‌کننده تخت دارد، که مقدار سطح مقطع راداری آن با تغییر زاویه به‌طور ناگهانی کاهش می‌یابد.
- منعکس‌کننده استوانه‌ای بعد از منعکس کننده مسطح، بیشترین نقش را در ایجاد سطح مقطع راداری دارد. شدت پراکنش در حفره‌ها و مجراها می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای سطح مقطع راداری یک شیء را افزایش دهد، خصوصاً زمانی‌که بازتاب آینه‌ای و پراکندگی امواج کنترل شده باشد.
- بعد از سطوح استوانه‌ای، سطوح کروی حداکثر میزان سطح مقطع راداری را دارند و مقدار آن برابر مساحت سطح مقطع کره است.
- لبه‌های تیز بعد از سطوح کروی برای ایجاد سطح مقطع راداری در درجه بعدی اهمیت قرار دارد.
- بازتاب امواج رادار از لبه‌های خمیده، کمتر از لبه‌های راست است و مقدار سطح مقطع راداری آن تابعی از طول لبه و طول موج می‌باشد.
- بازتاب آینه‌ای از نوک مخروط کمتر از لبه‌های خمیده بوده و تابعی از عکس مربع فرکانس می‌باشد

1- Shaping
2- Stealth
3- Radar Cross Section (RCS)

از جهت‌گیری‌های دیگر در این روش، لحاظ نمودن الزامات خاص معماری در طراحی اهداف، بالاخص اهداف ثابت است، به‌نحوی که ضمن گزینش مکان مناسب جهت احداث اهداف، در شکل و الزامات معماری آن نیز طوری عمل می‌شود که ضمن ایجاد کمترین دستکاری در عوارض ظاهری محیط از قابلیت‌های موجود زمین مانند پستی و بلندی یا حفره‌های طبیعی آن به‌نحو بهینه استفاده گردیده و در کنار آن از فناوری‌های نوین نیز جهت سهولت طراحی‌ها استفاده می‌گردد (شکل‌های ۱ و ۲).

شکل ۱- تلفیق مکان‌یابی، معماری و تغییر قیافه برای استتار درون‌ساخته اهداف ثابت

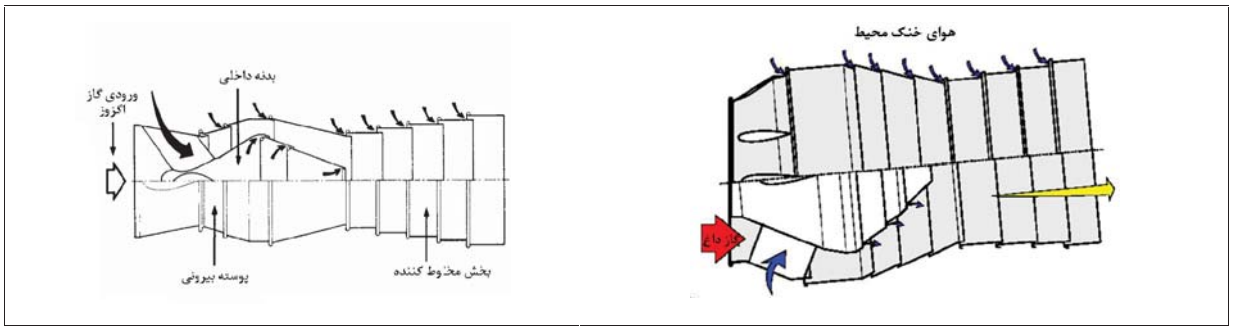


شکل ۲- استفاده از معماری‌های خاص در احداث اهداف ثابت

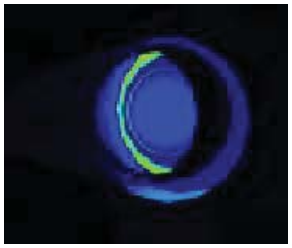
۹-۱-۲- ایجاد زیرساخت‌هایی جهت مدیریت علائم (طراحی‌های ویژه)

یکی از روی‌کردهای این روش، خنک نمودن نقاط گرم هدف با استفاده از سامانه هوای دمنده خنک یا هوای محیط می‌باشد. این سامانه‌ها بر روی خروجی‌های هوای گرم، مانند لوله‌های اگزوز تانک، بالگرد و هواپیما یا خروجی برج‌های خنک کننده و دودکش‌های تأسیسات حساس کاربرد دارند. در این سامانه، انتقال حرارت به‌روش جابه‌جایی انجام پذیرفته و موجب خنک شدن سطح در معرض دید می‌گردد (شکل‌های ۵-۳). در نوع دیگری از این سامانه به جای هوا از تزریق آب استفاده می‌گردد (شکل ۶). تزریق آب به‌واسطه تبخیر، موجب کاهش گرمای سطوح داغ گردیده و به افت دمای سامانه داغ می‌انجامد [۴].

در روش دیگری، از سامانه دوجداره حاوی هوا یا دیگر سیالات خنک استفاده می‌گردد. در این سامانه‌ها از جریان هوا جهت خنک نگه‌داشتن بدنه منبع حرارتی استفاده می‌شود. جریان هوا به‌وسیله سامانه‌های هوشمند نصب‌شده بر روی بدنه قابل کنترل است.

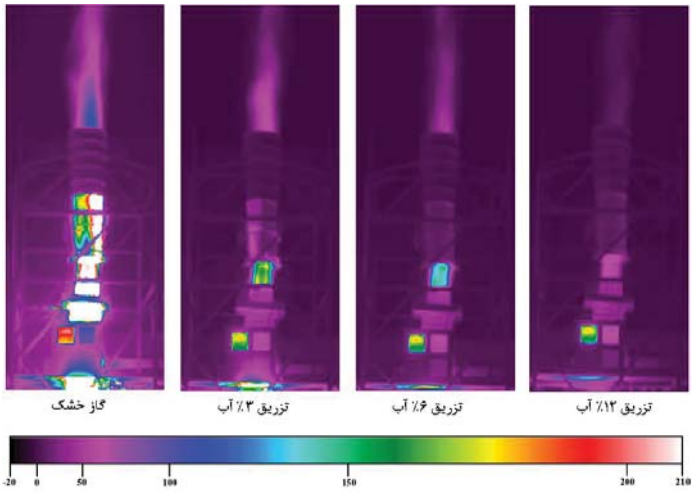


شکل ۳- طرح جدید اگزوز با ورودی‌های هوای خنک برای کاهش دمای اگزوز و در نتیجه، کاهش سیگنال‌های حرارتی از اگزوز



شکل ۴- عکسبرداری حرارتی از خروجی اگزوز طرح جدید (رنگ آبی نشانگر دمای پایین)

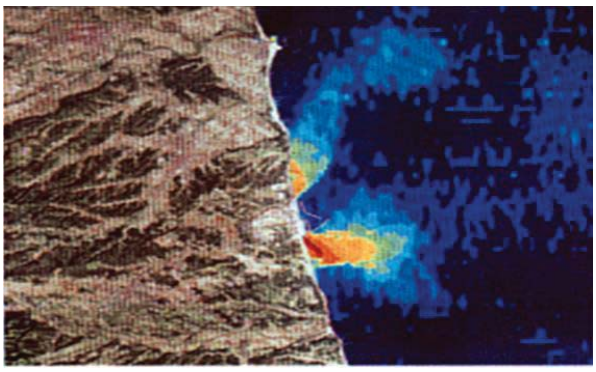
شکل ۵- عکسبرداری حرارتی از خروجی اگزوز طرح قدیم (رنگ قرمز نشانگر دمای بالا)



شکل ۶- تصاویر فروسرخ حرارتی، نمونه‌ای از سامانه اگزوز هیبریدی

همچنین در طراحی برخی از زیرساخت‌ها، جهت کنترل علایم الکترومغناطیسی یا مکانیکی، اجزاء و بخش‌های اضافی تعبیه می‌گردد. در تانک‌ها یکی از نشانه‌های فروسرخ حرارتی، ذرات داغ روغن خارج‌شده از اگزوز می‌باشد که حتی در صورت انجام استتار حرارتی برای تانک، موجب ردیابی تانک می‌گردد. لذا برای بر طرف کردن این مشکل، فیلترهای ویژه در مسیر خروجی اگزوز نصب می‌گردد. همچنین به‌خاطر اینکه معمولاً قسمت جلوی خودروهای زرهی در معرض دید دشمن قرار می‌گیرد سعی می‌گردد موتورخودروها را که علائم حرارتی ایجاد می‌نمایند در قسمت عقب خودرو طراحی نمایند و یا سمت لوله اگزوز را در بعضی از خودروها به طرف بالا منحرف می‌کنند تا باعث گرم شدن گرد و خاک و یا علف‌های اطراف خودرو نگردیده و زمینه ردیابی را کاهش دهد [۵].

یکی از علایم مشخصه واحدهای غنی‌سازی زیرزمینی، پساب گرم آن‌ها می‌باشد [۶] که به آب رودخانه یا دریاچه ریخته شده و بدون اینکه ظواهر و مشخصه‌های سایت مشخص باشد توسط تصویربرداری حرارتی ماهواره‌ها قابل تشخیص بوده و نشانگر نوع و سطح فعالیت غنی‌سازی در این محدوده می‌باشد (شکل ۷).

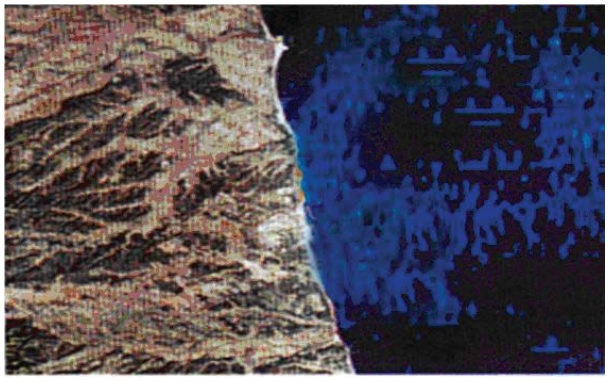


شکل ۷- تصویر حرارتی خروجی پساب یک مرکز غنی‌سازی زیرزمینی

از روش‌های درون‌ساخته و طرح‌های ویژه برای مدیریت علائم پساب گرم خارج‌شده این است که آب گرم حاصل از خنک‌کننده‌های واحد هسته‌ای به‌طور غیر متمرکز و از طریق چند کانال در عمق رودخانه یا دریاچه تخلیه گردد. در این صورت کنتراست حرارتی منطقه ورودی آب گرم با سایر مناطق رودخانه یا دریاچه به حداقل می‌رسد (شکل ۸). یکی دیگر از اقدامات درون‌ساخته برای کنترل خروجی گرم دودکش‌ها این است که با نصب فن‌های قوی در خروجی برج‌های خنک‌کننده، غلظت بخار آب خروجی رقیق‌تر گردد.

۹-۱-۳- استفاده از مواد ساختاری ویژه در طراحی

از دیگر الزامات استتار سخت‌افزاری که در هنگام طراحی یک سامانه باید لحاظ گردد، علاوه بر الزامات شکل‌دهی و لحاظ نمودن طرح‌ها و زیرساخت‌های ویژه، استفاده از مواد ساختاری ویژه در بدنه سامانه می‌باشد. این مواد نقش کنترل (جذب- عبور- بازتاب) امواج الکترومغناطیسی و مکانیکی را به عهده دارد. این مواد در مدیریت علایم سکوهای هوایی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند. از این مواد می‌توان به الیاف یا لایه‌های جاذب راداری یا سپر و محافظ رادیویی و ریزموج‌ها اشاره نمود. عایق‌های مختلف حرارتی و صوتی و لرزه، از دیگر مواد ساختاری هستند که در دیواره‌های اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

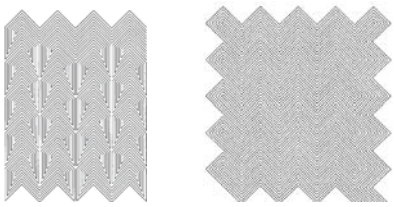


شکل ۸- تصویر حرارتی خروجی پساب مرکز غنی‌سازی زیرزمینی در صورت استفاده از طرح ویژه مدیریت علایم حرارتی پساب

در گرایش‌های جدید برای بهبود شناساگریزی اهداف کامپوزیتی مثل بدنه هواپیما که از اول فرایند شکل‌دهی برای آن‌ها انجام نشده است، از نوعی آرایه و چیدمان الیاف هادی الکتریکی بر روی سطح استفاده می‌گردد. در این صورت کاهش سطح مقطع راداری که در برخورد امواج به سطح حاصل می‌گردد با کاهش سطح مقطع راداری از طریق شکل‌دهی برابری می‌کند. این روش شاید بتواند جایگزین مناسبی برای شکل‌دهی اهداف کامپوزیتی باشد. نوعی از این چیدمان‌ها در شکل (۹) نشان داده شده است.

۹-۲- گرایش‌های آتی برای استتار سخت‌افزاری و درون‌ساخته

- گرایش به اقدامات سخت‌افزاری در حین طراحی برای برآورد الزامات استتاری و مدیریت علایم در محدوده طیفی الکترومغناطیسی و مکانیکی وسیع‌تر؛
- هوشمندسازی نسبت به تغییرات محیطی؛
- هم‌گرایی با عمل‌کردهای دیگر مورد نیاز کاربر مانند ضد آتش و ضد عوامل شیمیایی بودن، داشتن قابلیت برای هشدار دادن در برابر تهدیدات دشمن.



شکل ۹- چیدمان الیاف هادی استفاده شده بر روی سطح برای کاهش RCS هدف

۹-۳- تجزیه‌وتحلیل متغیرها

عملاً با ایفای نقش متغیرهای استتار سخت‌افزاری شامل شکل‌دهی هندسی، مواد ساختاری و طرح‌های ویژه(طراحی ویژه خروجی اگزوز، سیستم‌های دوجداره حاوی سیالات خنک و...) به‌عنوان تدابیر CCD، هدف مورد استتار می‌بایست آشکارسازی یا شناسایی نگردد؛ دیرتر آشکارسازی یا شناسایی گردد؛ در فواصل نزدیک‌تر آشکارسازی یا شناسایی گردد و یا به‌عنوان چیز دیگری آشکارسازی یا شناسایی گردد. از عوامل دیگری که برای حصول نتایج مذکور ایفای نقش می‌نمایند، می‌توان به متغیرهای محیطی اشاره نمود. با لحاظ نمودن این متغیرها در محیط‌های هوایی، دریایی و زمینی، نتایج حاصله بیانگر نقش‌های متفاوت روش‌های استتار درون‌ساخته برای اهداف مختلف در حوزه‌های هوایی، دریایی و زمینی می‌باشد.

برای محیط هوایی که تقریباً علایم پس‌زمینه کمترین مقدار خود را دارد و تهدید اول در این محیط به لحاظ میزان برد آشکارسازی، تهدید راداری می‌باشد، شکل‌دهی هندسی که بهترین گزینه برای کاهش و متفرق نمودن امواج راداری است در اولویت می‌باشد و روش‌های دیگر مانند استفاده از مواد ساختاری و طرح‌های ویژه در اولویت بعدی قرار می‌گیرند. برای اهداف دریایی نیز اولویت‌ها به همین ترتیب است، یعنی به لحاظ اینکه تهدیدات راداری در دریا در اولویت اول می‌باشد و از آنجا که بهترین روش سخت‌افزاری برای کاهش یا متفرق نمودن امواج راداری شکل‌دهی هندسی می‌باشد، لذا برای اهداف دریایی نیز سطح اهمیت روش‌های دیگر بعد از شکل‌دهی هندسی می‌باشد. برای اهداف زمینی که اولویت تهدیدات به ترتیب بصری، حرارتی، فروسرخ نزدیک و راداری می‌باشد، سطح اهمیت همه روش‌های استتار درون‌ساخته به‌طور تقریبی یکسان می‌باشد.

۱۰- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

اقدامات استتار درون‌ساخته که در حین طراحی و ساختن هدف به‌کار می‌رود غالباً به‌لحاظ اینکه از مواد و طرح‌های مشابه طرح‌های اولیه ولی با نگرش پدافند غیرعامل استفاده می‌نماید، نسبت به استفاده از روش‌های افزودنی استتار مانند رنگ یا تور استتار و...، دارای اثربخشی بیشتری بوده و اینرسی کمتری را برای کاربر جهت اجرای اقدامات پدافند غیرعامل ایجاد می‌نماید. ضمن اینکه برای طراحان اهداف ثابت و بزرگ غیرنظامی و راهبردی مانند صنایع هسته‌ای، نفت، گاز و پتروشیمی، استتار درون‌ساخته پذیرفتنی و قابل قبول‌تر می‌باشد.

لذا با اذعان به اینکه استتار درون‌ساخته که در هنگام طراحی سامانه می‌بایست لحاظ گردد، نقش مهمی را در دفاع غیرعامل ایفا می‌نماید، لازم است در هنگام طراحی به‌مانند کارشناسی طرح توسط کارشناس بیمه، کارشناس پدافند غیرعامل(استتار) نیز نقاط قوت و ضعف طرح را به‌طور کامل بررسی نموده، علایم مشخصه آن را پیش‌بینی و راه‌های کنترل علایم سخت‌افزاری و درون‌ساخته را بررسی کرده تا زمینه اجرای طرح‌های درون‌ساخته استتاری برای سامانه مورد نظر ایجاد گردد. پیش‌نیاز این اقدام خیلی مهم، فرهنگ‌سازی و شناساندن هرچه بیشتر اقدامات درون‌ساخته مطابق فناوری‌های روز دنیا می‌باشد. برخی از روش‌ها و فنون مهم استتار درون‌ساخته به‌همراه مصادیق پرتکرار آن در جدول (۱) ارائه گردیده است.

جدول ۱- برخی از روش‌ها و فنون مهم استتار درون‌ساخته به‌همراه مصادیق پرتکرار

ردیف	روش کلی	زیر سیستم	مثال‌های مصداقی
۱	شکل‌دهی هندسی(shaping)	کنترل ابعاد هدف	کوچکی
			ارتفاع کم
			مدفون و نیمه مدفون بودن(اهداف ثابت)
		شکل هدف	پراکنش امواج راداری
			کم اهمیت جلوه نمودن هدف(تغییر قیافه)
			هدف بزرگ را چند هدف کوچک نشان دادن
			کاهش سایر علایم و نشانه‌ها
		معماری در مورد اهداف ثابت	ایزوگام- عایق‌های ویژه صوتی یا الکترومغناطیسی- پنجره‌های دوجداره
۲	ایجاد زیرساخت‌هایی جهت مدیریت علایم	سامانه خنک کننده	تزریق آب یا هوای محیط در جریان هوای گرم اگزوز
		سامانه دو جداره حاوی جریان سیالات	استفاده از سیالات مایع یا گاز خنک در سامانه دوجداره جهت مدیریت علایم حرارتی مولدهای داغ
		طراحی‌های ویژه	تعبیه فیلتر در مسیر خروجی اگزوز- نصب موتور در عقب برای برخی از خودروهای رزمی
۳	مواد ساختاری	مواد جاذب امواج راداری	لایه‌های جاذب ریزموج یا سطوح انتخابگر فرکانسی در ساختار سازه‌ها
		سامانه عایق	لایه‌های عایق یا سپر[1] امواج رادیویی یا راداری
		لایه‌های خاص منعکس‌کننده	لایه‌های منعکس‌کننده امواج حرارتی جهت مدیریت امواج حرارتی منتشره از اجزای داخلی سامانه

1- Shield

مراجع

۱. قنبری، فیروز؛ استتار: روش‌ها، فناوری‌ها و مواد، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء(ص)، (**۱۳۸۹**).

2. Susanne Fritz “Camouflage Architecture: underground buildings” Zürich Switzerland’ (**2011**).
3. Alan Brown, “Fundamentals of Low Radar Cross-Sectional Aircraft Design,” Journal of Aircraft, Vol. 30, No. 3, May-June (**1993**), pp. 289-290.
4. John Patterson, “Overview of Low Observable Technology and Its Effects on Combat Aircraft Survivability,” Journal of Aircraft, Vol. 36, No. 2, March-April (**1999**), pp. 380-388.
5. David A. Fulghum, “Stealth Engine Advances Revealed in JSF Designs,” Aviation Week March 19, (**2001**), pp.90-99.
6. Hui Zhang and Frank N. von Hippel, “Using Commercial Imaging Satellites to Detect the Operation of Plutonium-Production Reactors and Gaseous-Diffusion Plants,” Science & Global Security, (November **2000**): 8:3, 261-313.
7. Adam Bernstein, “Monitoring Large Enrichment Plants Using thermal Imagery from Commercial Satellites: A Case Study,” Sandia Report SAND2000-8671, Sandia National Laboratories/CA: May, (**2000**).

Study of Camouflage Operational Methods During Designing & Manufacture

F. Ghanbari[1]

Abstract

Measures of passive defense on a moving or stationary target - from its conceptual design stage to the end and utilizing - are executable and these measures include specific methods and techniques during different stages of target's life cycle. Camouflage measures which are one of important axes of passive defense are also executable during different stages of target's life cycle. Some parts of these measures which are considered during target's designing and manufacture are shaping, applying infrastructures and specific plans to the structure (in order to manage system's signature) and applying special structural materials in the system's structure known as a built- in camouflage which is of particular importance.

Knowing new methods and technologies and applying them to the built- in camouflage of targets in a proper time will reduce cost of target's camouflage measures and increase conservation and effectiveness of passive defense. In many cases, by proper and timely using the built- in measures, the need for other methods will be minimum, otherwise, the cost of passive defense will increase and its conservation will be unfavorable.

Since, the built- in measures applied during designing and manufacturing of a target, mostly use material and designs similar to the preliminary ones but with a passive defense approach, so in comparison with camouflage add-on methods such as paint or camouflage net, etc they are more effective and create less inertia for the user to execute the passive defense. Meanwhile, the built- in camouflage is more acceptable for the designers of large, stationary, civil and strategic targets like nuclear industry, petroleum, gas and petrochemical.

Key Words: *Built- in Camouflage, Hardware Camouflage, Designing of, Geometrical Shaping, Camouflage Composites*

1- Research Institute of Vehicle Technology and Science (Email:FQANBARI@YAHOO.COM)