

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۲۰/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۲/۰۵

## تخصیص سلاح در سامانه‌های موشکی

نویسندگان

پرآب هاکار، آمیت کومار، هملاتا چاندرآواناشی، ویجایالاکشیمی

مترجمین:

پیمان خرازیان<sup>۱</sup>؛ اردشیر محمدی<sup>۲</sup>

### چکیده:

تخصیص بهینه تجهیزات نظامی جهت هدف قرار دادن مواضع دشمن که اغلب با عنوان مسئله‌ی تخصیص سلاح به هدف از آن یاد می‌شود به یکی از کانون‌های اصلی تفکر نظامی نوین تبدیل شده است. در این تفکر، تخصیص سلاح با در نظر گرفتن اصل صرفه‌جویی در منابع، بدون کاستن از قدرت نابودکنندگی سامانه‌ها، مورد توجه می‌باشد. این تحقیق سه روش تخصیص سلاح را ارائه می‌نماید: تخصیص سلاح یکنواخت، تخصیص سلاح اول به اول و تخصیص سلاح شلیک-نگاه-شلیک. در تجزیه و تحلیل روش‌های فوق، رویکردی مبتنی بر نظریه‌ی احتمالات مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در ضمن، این تحقیق روشی را ارائه می‌نماید که برای محاسبه‌ی اثربخشی یک سلاح منفرد و همچنین اثربخشی ترکیب چندلایه‌ای سلاح‌هایی که در حالت کاری تمرکزی عمل می‌کنند، استفاده می‌شود.

---

<sup>۱</sup> - کارشناس ارشد مدیریت دفاعی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا

<sup>۲</sup> - عضو هیات علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا

**مقدمه:**

حفظ نیروهای خودی در صحنه‌ی نبرد امروزی مستلزم دفاع مناسب است. حتی پدافند غیرعاملی که به صورت کاملاً بی‌نقص اندیشیده و درک شده باشد نیز ممکن است به نابودی واحدهای پروازی منجر شود. اگر دفاع هوایی عامل نیز دچار کاستی‌ها و اشکالات مشابه اقدامات و تمهیدات غیرعامل باشد، همین اتفاق روی می‌دهد. این وضعیت موقعی به وجود می‌آید که کنترل و نظارت بر صحنه‌ی نبرد ضعیف باشد. در زمان طرح‌ریزی الگوی نبرد، باید در نظر گرفت که با کمبود سلاح‌های پدافندی و یک دشمن مصمم و بامهارت مواجه هستیم. بنابراین، تعداد مناسب تخصیص سلاح، یکی از اساسی‌ترین وظایف هر سامانه‌ی سلاح می‌باشد. این مقاله چندین الگو و روش برای تخصیص سلاح در مقابل اهداف ارئه می‌نماید. در هنگام ارائه‌ی تخصیص سلاح، خصوصیات تهدید به صورت گسترده‌ای در نظر گرفته شده است. صحنه‌ی فعلی نبرد مملو از تهدیدات هوایی است که از روش‌های علمی پیشرفته استفاده می‌نمایند. تهدیدات اصلی عبارت‌اند از: موشک‌های بدون هدایت و هدایت شونده، هواپیماهای بال ثابت و بال‌گرد، موشک‌های کروز ارتفاع پست، بمب‌های هدایت شونده، پرنده‌های دارای تهدید و خطر زیاد و غیره. این اهداف توسط انواع مختلفی از سلاح‌ها و یا سامانه‌های سلاح، قابل خنثی و منحرف شدن می‌باشند. این سامانه‌های سلاح می‌توانند روی سکوهاى مختلف به کار گرفته شوند. برای دفاع از یک نقطه‌ی بارزش و خاص، یک سامانه‌ی سلاح به کار گرفته می‌شود اما به منظور ارتقای محافظت از آن، یک سامانه‌ی دفاع چندلایه هم قابل به‌کارگیری می‌باشد. شکل (۱) یک الگوی کلی از نحوه‌ی به‌کارگیری سامانه‌ی دفاع چندلایه و تمرکزی است که شامل لیزر و موشک‌های زمین به هوا به عنوان تسلیحات علیه تهدیدات می‌باشد. (۱ و ۷) این دفاع لایه‌ای، نه تنها یک دفاع قابل اطمینان را فراهم می‌کند، بلکه در هزینه‌های دفاعی صرفه‌جویی می‌شود.

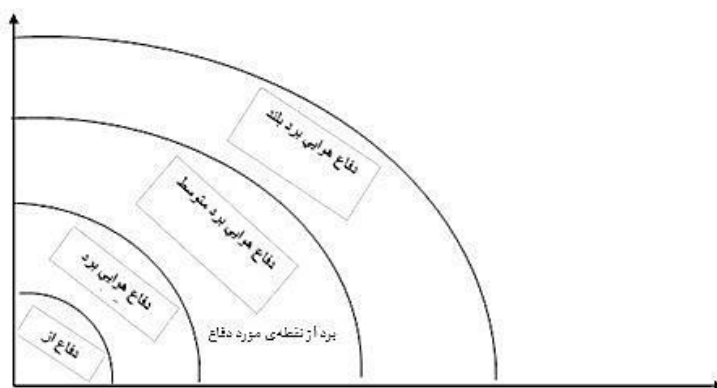
**نمادها<sup>۱</sup>**

- حجم شلیک هماهنگ:  $a$   
 تعداد کلی رهگیرها:  $I$   
 احتمال نابودکنندگی یک شلیک تک‌تیر سامانه‌ی رهگیری کننده:  $\tilde{P}_k$   
 احتمال نابودکنندگی کلی یک لایه‌ی مفروض:  $P_{ki}$   
 هدف دارای اولویت بالا:  $T$   
 تعداد اهداف:  $T$   
 اثربخشی دفاعی یک لایه‌ی مفروض:  $\eta_i$   
 اثربخشی فرماندهی و کنترل:  $\mu$   
 اثربخشی حسگر:  $\Omega$   
 تاثیر حاصله از یک سامانه‌ی چندلایه‌ای:  $\varepsilon_n$

<sup>۱</sup> - نمادها و اختصارات در متن اصلی در بخش چکیده نوشته شده است و به منظور رعایت استاندارد صفحه چکیده به تصمیم مدیریت فصلنامه در این بخش گنجانده شد

### اختصارات:

- ADWS: سامانه‌ی سلاح دفاع هوایی
- LRADWS: سامانه‌ی سلاح برد بلند دفاع هوایی
- MRADWS: سامانه‌ی سلاح برد متوسط دفاع هوایی
- SRADWS: سامانه‌ی سلاح برد کوتاه دفاع هوایی
- LASER: تقویت نور از طریق تابش برانگیخته‌ی تشعشعات
- RADAR: کشف و فاصله‌یابی اهداف از طریق امواج رادیویی
- WTA: تخصیص سلاح به هدف
- SLS: شلیک-نگاه-شلیک



شکل ۱: پوشش دفاع هوایی چندلایه

### تهدید:

تهدیدات هوایی در صحنه‌های نبرد قدیم، به صورت حملات پرحجم هواپیماهای باسرنشین در نظر گرفته می‌شدند. به دلیل صادرات دامنه‌دار هواپیماهای جنگی پیشرفته، این تهدید همچنان به صورت گسترده‌ای پابرجا است و با توجه به افزایش تهدید موشک‌های صحنه‌ی نبرد، پیچیده‌تر هم شده است. موشک‌های صحنه‌ی نبرد شامل موشک‌های کروز و موشک‌های بالستیک تاکتیکی می‌شوند (۲) که هر کدام مسایل بسیار مشکل تاکتیکی و فنی را به وجود می‌آورند. موشک‌های کروز برخی از خصوصیات هواپیماها را به صورت مشترک دارند و در عین حال خصوصیات دیگری را نیز از خود نشان می‌دهند که منحصر به فرد می‌باشند. تهدید عمده و شاخص موشک‌های کروز، از موارد زیر نشأت می‌گیرد: صادرات موشک‌های کروز فعلی، افزایش توان‌مندی تولید موشک‌های کروز به صورت بومی در کشورها و امکان‌پذیر بودن تبدیل حجم زیادی از موشک‌های کروز ضد کشتی به موشک‌های کروز ضد اهداف

زمینی با استفاده از فناوری‌های غیرنظامی موجود. هر سه تهدید (هوایماهای باسرنشین، موشک‌های بالستیک تاکتیکی و موشک‌های کروز)، می‌توانند انواع مواد انفجاری نابودکننده را حمل نمایند.

### دفاع:

به‌منظور مطالعه‌ی روش‌های تخصیص سلاح، چهار سامانه‌ی سلاح اصلی مد نظر قرار گرفته‌اند. (۴ و ۵) سامانه‌ی سلاح دفاع هوایی برد بلند، سامانه‌ی سلاح دفاع هوایی برد متوسط، سامانه‌ی سلاح دفاع هوایی برد کوتاه و یک سامانه‌ی لیزر که یک سپر دفاعی چندلایه را تشکیل می‌دهند. خصوصیات و توان‌مندی یک سامانه‌ی سلاح منفرد در مقابل موشک کروز، موشک بدون هدایت و هوایما، در جدول شماره ۱ درج شده است. تخصیص سلاح یکی از مسئولیت‌های اصلی سامانه‌ی فرماندهی و کنترل می‌باشد. همیشه این سؤال وجود دارد که چه ترکیبی از سلاح‌ها باید برای درگیر شدن با هدف مورد استفاده قرار گیرند. به‌منظور حداکثر نمودن قدرت نابودکنندگی در دفاع هوایی و با در نظر داشتن رعایت اصل صرفه‌جویی امکانات در هنگام دفاع، تخصیص سلاح ایده‌آل، یک ضرورت قطعی است.



شکل ۲: گسترش سامانه سلاح دفاع هوایی چندلایه

به‌عنوان مثال، قیمت یک موشک برای نابود کردن یک موشک بدون هدایت، از به‌کارگیری یک هوایمای رهگیر برد بلند، بسیار کمتر است و در عین حال، استفاده از یک توپ لیزری، از آن هم ارزان‌تر تمام می‌شود. با در نظر گرفتن خصوصیات یک هدف و قیمت آن به نسبت همان خصوصیات در یک سامانه‌ی رهگیری کننده، یک سامانه‌ی سلاح خاص و مناسب برای مقابله با هدف، تخصیص داده می‌شود. در جهت تجزیه و تحلیل موضوع، شکل شماره ۲ یک الگوی نمونه و کلی را به تصویر می‌کشد که در آن سامانه‌های دفاع هوایی متعدد با توان‌مندی‌های مختلف به‌کار گرفته شده‌اند و توسط ترکیبی از تهدیدات مانند هوایماها، موشک‌های کروز و موشک‌های هدایت شونده و بدون هدایت، مورد تهاجم قرار گرفته‌اند.

جدول شماره اختصاصات سامانه‌ی سلاح لایه‌ای

سلاح دفاع هوایی	برد حسگر (کیلومتر)	برد سلاح (کیلومتر)	احتمال نابودی هدف با یک شلیک تک‌تیر توسط سامانه‌ی رهگیری کننده		
			موشک کروز	هواپیما	موشک بدون هدایت
برد بلند	۲۰۰	۱۰۰	۰/۹۵۵	۰/۹۵۱	*
برد متوسط	۱۰۰	۵۰	۰/۹۶۵	۰/۹۶۱	*
برد کوتاه	۵۰	۲۵	۰/۹۸۵	۰/۹۸۱	۰/۹۹۸
لیزر	۲۰	۵	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹

\* این تهدید نباید توسط سامانه‌ی سلاح مذکور مورد درگیری قرار گیرد.

#### ۴- روش‌های درگیری توسط سلاح

در زمان درگیری، اهداف متعددی موجود خواهند بود. روش تخصیص یک سلاح به اهداف مختلف، اثربخشی کلی درگیری با اهداف را تعیین می‌نماید. روش‌های تخصیص سلاح در صحنه‌ی نبرد، از آگاهی وضعیتی و اثربخشی سامانه‌ی فرماندهی، کنترل و ارتباطی موجود، تاثیر می‌پذیرد. در این مطالعه، سه نوع از روش‌های تخصیص سلاح تشریح گردیده‌اند: تخصیص سلاح یکنواخت، تخصیص سلاح اول-نخستین و تخصیص سلاح شلیک-نگاه-شلیک. (۳ و ۷) در بین این سه روش، نوع شلیک-نگاه-شلیک استفاده‌ی بهینه از منابع دفاعی را در پی دارد اما، این روش نیازمند اطلاعات بسیار دقیق برای نابودی هدف، قبل از تصمیم بعدی برای تخصیص سلاح می‌باشد. قبل از ورود به بررسی سه روش یاد شده، روش محاسبه‌ی احتمال نابودی هدف با یک شلیک تک‌تیر برای یک سامانه‌ی دفاع هوایی، در بخش الف تشریح گردیده است. در بخش‌های ب، ج و د، سه روش پیش‌گفته با جزئیات بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

**بخش الف) محاسبه‌ی احتمال نابودی هدف با یک شلیک تک‌تیر برای یک سامانه‌ی سلاح دفاع هوایی:**

کارشناسان مختلف، احتمال نابودی هدف با یک شلیک تک‌تیر را به صورت‌های مختلف تعریف نموده‌اند. در اینجا و در این تحقیق، تعریف معیار در نظر گرفته شده که عبارت است از "میزان اثربخشی هر یک از اجزای یک سامانه‌ی سلاح، در محدوده‌ی قابل قبولی که باید عمل کند". اثربخشی دفاعی ( $\eta$ ) یک سامانه‌ی دفاع هوایی چندلایه، از طریق جمع‌بندی احتمال نابودی هدف با یک شلیک تک‌تیر ناشی از عملکرد سامانه‌ی رهگیری کننده ( $P_k$ )، اثربخشی نسبی سامانه‌ی فرماندهی و کنترل (

$\mu$  و اثربخشی حسگرها ( $\Omega$ ) در یک لایه‌ی خاص، اندازه‌گیری می‌شود. اثربخشی هر یک از لایه‌ها به صورت مستقل در نظر گرفته می‌شود:

(فرمول ۱)

$$\begin{aligned} \eta_1 &= P_{k1} \times \mu_1 \times \Omega_1 \\ \eta_2 &= P_{k2} \times \mu_2 \times \Omega_2 \\ * \\ * \\ \eta_n &= P_{kn} \times \mu_n \times \Omega_n \end{aligned}$$

احتمال کلی برای نابودی یک هدف توسط سامانه‌ی دفاع هوایی چندلایه، عبارت است از:

(فرمول ۲)

$$\varepsilon_n = \{1 - (1 - \eta_1) \times (1 - \eta_2) \times (1 - \eta_3) \times \dots \times (1 - \eta_n)\}$$

احتمال نابودی هدف با یک شلیک تک‌تیر برای یک رهگیری کننده ( $\tilde{P}_k$ )، عبارت است از اندازه‌گیری احتمال نابود نمودن هدف توسط سامانه‌ی رهگیری کننده‌ی همان سامانه‌ی دفاع هوایی. این مسئله شامل میزان احتمال شلیک توسط رهگیری کننده، هدایت در طول مدت پرواز و احتمال منفجر شدن سر جنگی، می‌باشد.

(فرمول ۳)

$$\tilde{P}_k = P_{\text{launch}} \times P_{\text{Guidance}} \times P_{\text{warhead\_detonation}}$$

احتمال انفجار سر جنگی  $\times$  احتمال هدایت  $\times$  احتمال شلیک = احتمال نابودی هدف با یک شلیک تک‌تیر برای یک رهگیری کننده

در زمان شلیک مرکب رهگیری کننده‌های چندگانه، احتمال نابودی هدف می‌تواند با فرمول زیر محاسبه گردد:

(فرمول ۴)

$$P_{ki} = (1 - (1 - \tilde{P}_k)^a)$$

در فرمول فوق، ( $a$ ) تعداد رهگیری کننده‌هایی است که شلیک را در لایه‌ی مفروض ( $i$ ) سامانه‌ی دفاعی انجام داده‌اند. اثربخشی سامانه‌ی سلاح ( $\mu$ )، عبارت است از میزان توانایی سامانه‌ی سلاح برای یافتن بهترین راه‌کار شلیک موشک سامانه‌ی رهگیری کننده و انجام اقدامات لازم برای تخصیص رهگیری کننده علیه هدف مورد نظر.

(فرمول ۵)

$$\mu = P_{solution} \times P_{assignment}$$

تخصیص رهگیری کننده  $\times$  راه‌کار شلیک موشک = اثربخشی سامانه‌ی سلاح اثربخشی حسگر ( $\Omega$ ) عبارت است از میزان احتمال کشف هدف توسط حسگر، احتمال موفقیت در تعقیب هدف از زمان آغاز فعالیت آن تا انهدام و احتمال شناسایی و طبقه‌بندی هدف.

(فرمول ۶)

$$\Omega = P_{det} \times P_{track} \times P_{classf}$$

احتمال موفقیت در شناسایی  $\times$  احتمال موفقیت در تعقیب  $\times$  احتمال موفقیت در کشف = اثربخشی حسگر احتمال نابودکنندگی یک رهگیری کننده‌ی خاص، به میزان زیادی به خصوصیات هدف وابسته است، خصوصیات مانده سرعت هدف، قدرت مانور آن، سطح مقطع راداری آن، خصوصیات حرارتی آن و غیره. استفاده از فرمول شماره ۱ و مقادیر مندرج در جداول شماره ۱ و ۲، طراحی شده‌اند تا بتوان احتمال نابودکنندگی یک رهگیری کننده را برای سامانه‌های سلاح متفاوت علیه گروهی از اهداف، تعیین نمود.

جدول شماره ۲: احتمال نابودکنندگی برای انواع سلاح‌ها با تعداد شلیک‌های مختلف

تهدید	تعداد شلیک‌ها در سامانه‌ی دفاع هوایی برد بلند		
	۱	۲	۳
موشک کروز	۰/۹۵۵	۰/۹۹۸۰	۰/۹۹۹۹
هواپیما	۰/۹۵۱۰	۰/۹۹۷۶	۰/۹۹۹۹
موشک بدون هدایت	۰/۹۷۸	۰/۹۹۹۵	۱/۰۰۰۰

بخش ب) تخصیص سلاح یکنواخت:

یکی از ساده‌ترین رویکردها به تخصیص هدف، تخصیص سلاح به هدف یکنواخت می‌باشد، (شکل شماره ۳). در شکل شماره ۳، وضعیتی ارایه شده است که در آن دو هدف ۱ و ۲ توسط سامانه‌ی سلاح رویت شده‌اند. با تبعیت از الگوی تخصیص سلاح یکنواخت، تصمیم این خواهد بود که علیه هر هدف شلیکی توسط رهگیری کننده صورت پذیرد. حجم آتش رگباری برای هر درگیری، از قبل تعیین شده است. به این معنی که بررسی نابودشوندگی هدف توسط سامانه در شلیک اول، قبل از شلیک دوم علیه همان هدف، انجام نمی‌شود. در این روش تخصیص سلاح به هدف، فرض بر این است که میزان تهدید هدف، یکسان در نظر گرفته شود. در این روش، ارزش نقطه‌ی مورد دفاع، مد نظر قرار نمی‌گیرد. اگر قرار باشد که تعداد ( $I$ ) رهگیری کننده با تعداد ( $T$ ) هدف درگیر شوند، پس نسبت شلیک به هدف

دقیقاً  $\left(\frac{I}{T}\right)$  خواهد بود، مگر اینکه یک رهگیری کننده با چند هدف درگیر شود. حال، احتمال نابودکنندگی سامانه برای هر هدف، عبارت خواهد بود از:

(فرمول ۷)

$$P_k\left(\frac{I}{T}\right) = \left(1 - \left(1 - \tilde{P}_k\right)^{\frac{I}{T}}\right)$$

**بخش ج) تخصیص سلاح اول به اول:**

در این روش، سامانه‌ی فرماندهی و کنترل، سامانه‌ی سلاح را به اولین هدفی که وارد منطقه‌ی شلیک سلاح شده است، تخصیص می‌دهد. در تصمیم‌گیری، به این مسئله که چند هدف دیگر نیاز است که مورد درگیری قرار گیرند، توجه نمی‌شود. تصمیم‌گیری برای تعیین تعداد شلیک‌ها علیه هر هدف، بر اساس میزان تهدید هدف و میزان اهمیت نقطه‌ی مورد دفاع می‌باشد. اگر قرار باشد که تعداد  $(I)$  رهگیری کننده با تعداد  $(T)$  هدف درگیر شوند، احتمال نابود کردن یک هدف خاص، نتیجه‌ی اولین هدف انتخاب شده  $\left(\frac{1}{T}\right)$ ، می‌باشد و مجموع احتمال نابود کردن هدف، بستگی به تعداد شلیک‌های محول شده دارد. بنابراین، احتمال نابود کردن هدف انتخاب شده، برابر است با:

(فرمول ۸)

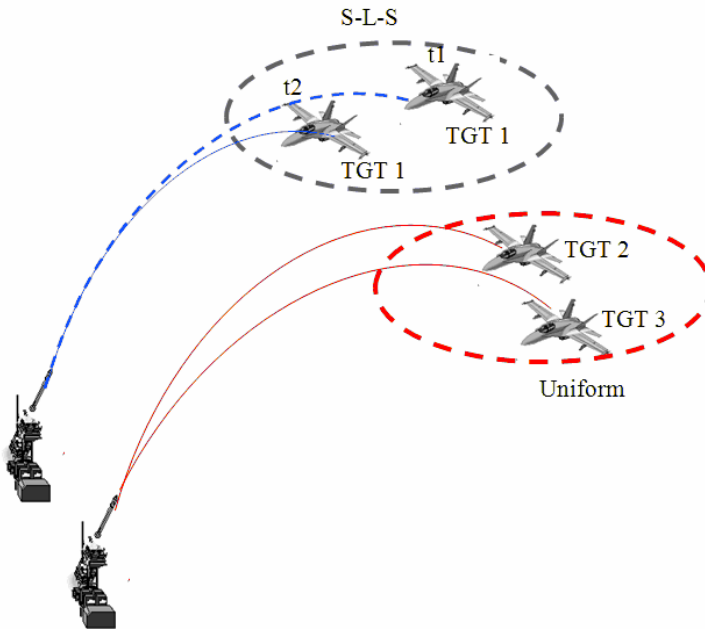
$$P_k\left(\frac{1}{T}\right) = \left(\frac{P_k}{T}\right)^n$$

در این فرمول،  $(P_k)$  عبارت است از احتمال نابودی هدف توسط یک شلیک تک‌تیر و  $(n)$  عبارت است از تعداد شلیک‌های تخصیص یافته.

**بخش د) تخصیص سلاح شلیک - نگاه - شلیک :**

یکی از الگوهای آتش که به‌طور عمده مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش شلیک-نگاه-شلیک و یا رگبار-نگاه-رگبار می‌باشد. شکل ۳، روش درگیری در الگوی شلیک-نگاه-شلیک را علیه هدف شماره ۱ نمایش می‌دهد. در این حالت، هدف شماره ۱، در زمان  $(t_1)$  مورد درگیری قرار گرفته و در پی آن، برآورد نابود شدن هدف انجام گردیده است.





شکل ۳: تخصیص سلاح یکنواخت و شلیک-نگاه-شلیک علیه هدف

پس از برآورد نابود شدن هدف، مشخص می‌شود که هدف همچنان فعال است و بنابراین، در زمان  $t_2$  شلیک بعدی علیه آن انجام می‌شود. این روش، به انجام برآورد نابود شدن هدف در اولین رهگیری، قبل از درگیر نمودن رهگیری کننده‌ی دیگر، نیاز دارد. در این روش تخصیص سلاح، تعداد رهگیری کننده‌های مورد نیاز، به میزان قابل توجه و به مراتب، از سایر روش‌های تخصیص سلاح، کمتر است. این روش، فرض را بر این قرار می‌دهد که سامانه‌ی فرماندهی و کنترل قادر خواهد بود که بعد از اولین شلیک، برآورد نابود شدن هدف را به دقت انجام دهد. بر اساس برآورد نابود شدن هدف و اطمینان از دقت این برآورد، سامانه‌ی فرماندهی و کنترل برای انجام شلیک بعدی تصمیم می‌گیرد. به‌منظور مطالعه‌ی اثربخشی این رویکرد، نظریه‌ی احتمالات مورد استفاده قرار گرفته است. هدفی که توسط رهگیری کننده مورد درگیری قرار گرفته، دقیقاً دارای دو حالت جدا از هم می‌باشد، یا رهگیری کننده هدف را نابود می‌نماید و یا اینکه هدف از درگیری نجات پیدا می‌کند. اگر فرض کنیم که چند هدف برای انجام حمله حضور پیدا کرده باشند، آنگاه، برای تجزیه و تحلیل درگیری، روش توزیع دو گزینه‌ای مجزا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این وضعیت، احتمال موفقیت آفند هوایی و یا پدافند هوایی از هم مستقل بوده و بر اساس آزمون برنولی مشخص می‌گردد.

تعداد ( $T$ ) هدف به یک نقطه‌ی مورد دفاع حمله کرده‌اند و شاخصه‌ی آزمون برنولی را تشکیل می‌دهند. به‌منظور دفاع در مقابل این اهداف، تعداد ( $I$ ) شلیک توسط سامانه‌ی دفاعی امکان‌پذیر می‌باشد. این تعداد شلیک توسط سامانه‌های رهگیری کننده، احتمال نابودی هدف توسط شلیک تک‌تیر ( $P_k$ ) مشابهی در مقابل اهداف را دارا می‌باشند. در راستای ساده نمودن تجزیه و تحلیل، گروهی از اهداف مهاجم که از یک نوع می‌باشند و تهدید یکسانی را ایجاد می‌کنند، در نظر گرفته می‌شوند. احتمال تعداد ( $r$ ) اصابت در تعداد ( $I$ ) شلیک، عبارت خواهد بود از:

(فرمول ۹)

$$P_r = \left(\frac{I}{r}\right) P_{ki}^r (1 - P_{ki})^{I-r}$$

فرمول بالا، توزیع احتمالی دو گزینه‌ای را نمایش می‌دهد. زمانی که مقدار ( $I$ ) بسیار زیاد باشد، این فرمول دشوار و ناخوشایند خواهد بود. به‌منظور ساده نمودن کاربرد علمی توزیع دو گزینه‌ای در زمان زیاد بودن مقدار ( $I$ )، این فرمول توزیع مجزا، می‌تواند به یک فرمول توزیع دائماً در حال تغییر، بهینه شود. هنگام استفاده از فرمول شماره ۹، تعداد اهدافی که انتظار می‌رود در روش شلیک-نگاه-شلیک نابود شوند، می‌توانند توسط فرمول‌های زیر محاسبه گردند:

(فرمول ۱۰)

$$E = \frac{\left(\sum_{r=0}^I r \times P_r + \sum_{r=I+1}^{\infty} r \times P_r\right)}{T} \quad I > T$$

(فرمول ۱۱)

$$E = \frac{P_k \times I}{T} \quad I \leq T$$

روش تخصیص سلاح شلیک-نگاه-شلیک، در جایی که حداکثر تعداد ۴ هدف (مثلاً هواپیما) حمله نموده‌اند و توسط سامانه‌ی دفاع هوایی برد بلند با آن‌ها درگیری انجام شده است، کاربرد دارد (به جدول شماره ۳ مراجعه شود). جدول مذکور احتمال نابود شدن هدف (مثلاً هواپیما) را هنگامی که با یک، یا دو، یا سه و یا چهار رهگیری کننده درگیر شده است را نمایش می‌دهد.

جدول شماره ۳: احتمال نابود شدن هدف در روش تخصیص سلاح شلیک-نگاه-شلیک

تعداد رهگیری کننده‌ها	تعداد اهداف (فرض کنید که اهداف هواپیما هستند)			
	۱	۲	۳	۴
۱	۰/۹۵۱۰	۰/۴۷۵۵	۰/۳۱۷۰	۰/۲۳۷۷
۲	۰/۹۹۷۶	۰/۹۵۱۰	۰/۶۳۴۰	۰/۴۷۵۵
۳	۰/۹۹۹۹	۰/۹۹۶۴	۰/۹۵۱۰	۰/۷۱۳۲
۴	۰/۹۹۹۹	۰/۹۹۹۷	۰/۹۹۵۳	۰/۹۵۱۰

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، فرمول‌های شماره ۱۰ و ۱۱، در زمانی که تمام اهداف دارای میزان تهدیدکنندگی یکسانی فرض شوند، اعتبار بیشتری دارند. اطلاعات مربوط به آسیب‌پذیری نقطه‌ی مورد دفاع، در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در یک وضعیت با پیچیدگی بالا، جایی که هدف‌هایی با تهدیدکنندگی متفاوت در نظر گرفته شده‌اند (۸)، عوامل زیر برای تعیین میزان تهدیدکنندگی، مد نظر می‌باشند:

- منطقه‌ی شروع فعالیت هدف
- دالان مورد استفاده‌ی هدف
- ارزش (قیمت) هدف
- ارزش (قیمت) سلاح شلیک شونده
- ارزش (اهمیت و قیمت) نقطه‌ی مورد دفاع

به نسبت وضعیت و سناریوی تهدید، این عوامل ارزش‌های متفاوتی را دارا می‌باشند و به نوبه‌ی خود میزان کلی تهدید هدف را به‌وجود می‌آورند. بر اساس میزان تهدید، اهداف برای درگیری اولویت‌بندی می‌شوند. هدف با بالاترین اولویت، در اولین مرحله مورد درگیری قرار می‌گیرد و هدف با کمترین اولویت، در ترتیب توالی درگیری‌ها، در آخرین مرحله قرار می‌گیرد. از این لحظه به بعد، سامانه‌ی فرماندهی و کنترل در خصوص اینکه حداقل تعداد شلیک برای حداکثرسازی نابودی هدف چقدر باشد، تصمیم می‌گیرد. به‌منظور محاسبه‌ی احتمال نابود شدن هدف در چنین وضعیت و سناریویی، گروهی از اهداف که دارای میزان تهدید بیشتری هستند را در نظر بگیرید. بر اساس میزان تهدید هدف، سامانه‌ی فرماندهی و کنترل، تعداد رهگیری‌کننده‌هایی را که باید علیه هدف اقدام کنند را تعیین می‌نماید. تعداد رهگیری‌کننده‌ها، میزان احتمال نابودکنندگی کلی علیه هدف را که مورد نیاز است، مشخص می‌نماید. بنابراین، میزان نابودکنندگی مورد انتظار برای تمام اهداف در یک وضعیت و سناریو، می‌تواند از طریق فرمول شماره ۱۲ محاسبه گردد، با این فرض که در تمام طول وضعیت، تعداد کل رهگیری‌کننده‌ها از تعداد کل اهداف بیشتر می‌باشند.

(فرمول ۱۲)

$$E = \frac{\left( \sum_{r=0}^I r \times P_r + \sum_{r=I+1}^{T-I} r \times P_r + \sum_{r=T+1}^I T \times P_r \right)}{T} \quad I > T$$

ممکن است وضعیتی به‌وجود بیاید که در آن سامانه‌ی دفاع هوایی دارای محدودیت در تعداد رهگیری‌کننده‌ها باشد. مثلاً حالتی که در تمام مدت وضعیت، تعداد کل اهداف از تعداد کل رهگیری‌کننده‌ها بیشتر باشد،  $I \leq T$ . در این وضعیت نیز درگیری با اهداف، بر اساس میزان تهدید و اولویت‌بندی اهداف انجام می‌شود. در این حالت، این احتمال وجود دارد که سامانه‌ی دفاع هوایی با تعداد خاصی از

اهداف که دارای اولویت نسبی پایین‌تری قرار دارند، درگیر نشود. به‌منظور محاسبه‌ی احتمال نابودکنندگی مورد انتظار علیه اهداف در چنین وضعیتی، دو حالت زیر وجود دارد:  
احتمال ۱:

تعداد کل اهداف دارای میزان تهدید و اولویت بالا، کمتر از تعداد کل رهگیری‌کننده‌های سامانه‌ی دفاع هوایی می‌باشند،  $I > t$ :  
(فرمول ۱۳)

$$E = \frac{\left( \sum_{r=0}^t r \times P_r + \sum_{r=t+1}^I t \times P_r \right)}{t}$$

احتمال ۲:

تعداد کل اهداف دارای میزان تهدید و اولویت بالا، بیشتر از تعداد کل رهگیری‌کننده‌های در دسترس سامانه‌ی دفاع هوایی می‌باشند،  $I \leq t < T$ :  
(فرمول ۱۴)

$$E = \frac{P_k \times I}{t}$$

**بحث و برآیند:**

این مقاله سه روش تخصیص سلاح به هدف را ارائه می‌نماید. در بین این سه روش، الگوی شلیک-نگاه-شلیک بیشترین محبوبیت را دارد زیرا که تعداد رهگیری‌کننده‌ها را به حداقل می‌رساند، بدون اینکه احتمال مورد نیاز برای نابودکنندگی اهداف را کم کند. تخصیص سلاح یکنواخت، ساده‌ترین روش است ولی در بیشتر وضعیت‌ها مناسب نیست، چرا که بدون انجام برآورد نابود شدن هدف در شلیک قبلی، رهگیری‌کننده را به هدف اختصاص می‌دهد. روش تخصیص سلاح اول-نخستین، قابلیت انجام برآورد نابودکنندگی اهداف توسط رهگیری‌کننده را فراهم می‌نماید ولی معمولاً میزان تهدید اهداف را مد نظر قرار نمی‌دهد.

**نتیجه‌گیری:**

این تحقیق یک رویکرد غیرمتمرکز را برای سامانه‌ی دفاع هوایی در نظر می‌گیرد که در آن هر سامانه‌ی سلاح پدافند هوایی، به صورت خودمختار عمل می‌کند. الگوهایی که بحث شدند، می‌توانند برای تجزیه و تحلیل یک گسترش خاص پدافند هوایی، مورد استفاده قرار گیرند و همچنین می‌توانند به انتخاب بهترین روش تخصیص سلاح، کمک نمایند.

**چشم‌انداز آتی کار:**

در نوع متمرکز عملیات پدافند هوایی، اثربخشی سامانه‌ی سلاح باید تعیین شود. در یک وضعیت دفاعی، سامانه‌های پدافند هوایی متعدد گسترش یافته‌ای وجود دارند و در عملیات آفندی، تهدیدات نامتقارن مد نظر می‌باشند. فارغ از این متغیرها، ارزش نقطه‌ی مورد دفاع نیز باید در تجزیه و تحلیل

پدافند هوایی شرکت داده شود. تاثیر متقابل نبود شدن یک سامانه‌ی دفاع هوایی و اثر نابودی این سامانه در کل عملیات پدافند هوایی، باید مورد مطالعه قرار گیرد.

**قدردانی و تشکر:**

مولفین از دانشمند و محقق محترم جناب آقای شری آر ان بهاتاچارجی، مدیر سامانه‌ها و مدیر آزمایشگاه توسعه و تحقیق دفاعی، که موقعیت تهیه‌ی این مقاله را فراهم نمودند، سپاس‌گزار می‌باشند. مولفین همچنین از خانم ماهاسوتا ماهانت به دلیل مباحث باارزش ایشان، سپاس‌گزار می‌باشند.

## **References**

- peter J. mantle, "the missile defense equation: factor for decision making", AIAA
- paul zarchan, "tactical and strategic missile guidance" second edition, progress in astronautics and Aeronautics A. Richard seebass editor-in-chief volume 157
- J.s przemieniecki, " mathematical method in defense analysis", third edition, AIAA Education Series
- N Prabhakar, D vijayalakshmi, T kiran kumar,"SAM system modeling and simulation- A view point" national Workshop on tactical Missile guidance-2004, DRDL
- N prabhakar, D vijayalakshmi, Amit kumar, Hemlata Chandravanshi, Mahasweta mahant," cruise missile defense-A case study" NSC XXXI, 2007
- Murray R. Spiegel," Theory and problems off Statistics" Schaum publishing company, 1961
- Geroge M. Siouris, "Missile Guidance and control systems", Springer Publishers ISBN 0-387-00726-1 c 2004 Springer-Verlag New York, Inc.
- JLENS, Department off army, U.S Army space and Missile Defense
- Jeff Kueter and Howard Kleinberg, "the cruise missile challenge: designing a defense against asymmetric threats", George C. Marshall Institute, [www.marshall.org/pdf/materiels/522.pdf](http://www.marshall.org/pdf/materiels/522.pdf)