

# تهدیدات هدف‌های سخت و ژرفانهفت

ایرج فروزان<sup>۱</sup>، مسعود اسفندیاری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۹/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۰۵

## چکیده

کشورهای بسیار زیادی در سرتاسر دنیا از تأسیسات زیرزمینی برای پنهان‌سازی و حفاظت از رهبران سیاسی، فرماندهان عالی‌رتبه نظامی، کارمندان مهم بخش صنعت، سلاح‌ها، تجهیزات و سایر امکانات و فعالیت‌های خود، استفاده می‌نمایند. این تأسیسات شامل پناهگاه‌های سخت در اعماق زمین و تأسیسات زیرزمینی تونل‌دار می‌گردند. شناسایی، حمله و انهدام این نوع تأسیسات که جزو هدف‌های مهم و پرارزش نظامی محسوب می‌گردند، در اولویت اولیه عملیات اطلاعات، مراقبت و شناسایی کشور حمله‌کننده قرار دارند.

هدف این مقاله، معرفی ویژگی‌ها و ساختار هدف‌های ژرفانهفت و بررسی ویژگی‌های سلاح‌های هسته‌ای نفوذگر زمینی و متعارف و در نهایت اثرات اصلی، جانبی، چالش‌ها و پیامدهای تهاجم به این نوع هدف‌ها با سلاح‌های نفوذگر متعارف و هسته‌ای می‌باشد. بسیاری از هدف‌های با اهمیت راهبردی و ژرفانهفت، فراتر از دسترسی سلاح‌های زمین‌نفوذ متعارف قرار دارند و نابودی آنها صرفاً با خطرپذیری به‌کارگیری سلاح‌های هسته‌ای امکان‌پذیر است. توانمندی‌های هر کشوری در به‌مخاطره انداختن این نوع تأسیسات، مورد چالش نه تنها عمق و فراوانی سامانه‌های حیاتی آنها قرار می‌گیرد، بلکه فنون پیچیده استتار، اختفاء و فریب و نیز همجواری برخی از آنها در مناطق غیر نظامی، این چالش را افزایش می‌دهند. چنین تأسیساتی امکانات راهبردی با ارزش هر کشوری را پنهان و حفاظت می‌نمایند. این مقاله نشان می‌دهد که آگاهی از ویژگی‌ها و نقاط ضعف و قوت این نوع سلاح‌ها که بر علیه تأسیسات زیرزمینی به کار می‌روند می‌تواند در طراحی، مقاوم‌سازی و در نهایت، کاهش میزان خسارات و آسیب‌پذیری‌های احتمالی به این نوع تأسیسات و نیز انسان مؤثر واقع شوند.

**کلیدواژه‌ها:** هدف سخت و ژرفانهفت، سلاح نفوذگر زمینی، تأسیسات زیرزمینی، عمق نفوذ، موج ضربه

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه عالی دفاع ملی، Email: i.foroozan@yahoo.com

۲- کارشناس حسگرهای غیرعامل، Email: www.esfandiari35@yahoo.com

## مقدمه

از ۱۰۰ هدف سخت و ژرفا پنهان می‌تواند جزو اهداف مورد تهاجم یک سلاح هسته‌ای نفوذگر زمینی در نظر گرفته شود. با استقرار هدف‌های دفنی در عمق بیشتر، شدت انفجاری هسته‌ای سلاح‌های نفوذگر زمینی نیز می‌بایست افزایش یابد. مقدار محاسبه شده مواد هسته‌ای (شدت انفجاری) برای نابودی اهداف ژرفا پنهان، ۳۰۰ کیلو تن برای هدف‌های دفنی تا عمق ۲۰۰ متر و یک مگاتن برای هدف‌های دفنی تا عمق ۳۰۰ متر است [همان].

## بیان مسئله

ویژگی‌ها و ساختار هدف‌های ژرفانهفت و بررسی مشخصات سلاح‌های هسته‌ای نفوذگر زمینی و متعارف و در نهایت اثرات اصلی، جانبی، چالش‌ها و پیامدهای تهاجم به این نوع هدف‌ها با سلاح‌های نفوذگر متعارف و هسته‌ای از مسائل مهم پیش روی هر کشوری محسوب می‌گردند. چالش‌های پیش روی سامانه‌های شناسایی تأسیسات زیرزمینی و استفاده از سلاح‌های نفوذگر متعارف و هسته‌ای بر علیه این نوع تأسیسات و نیز لزوم اتخاذ اقدامات پدافندی جهت کاهش میزان تلفات و آسیب‌پذیری‌های احتمالی، بررسی روش‌های شناسایی این نوع تأسیسات و ویژگی‌ها و آسیب‌پذیری‌های آنها و نیز قدرت تخریبی سلاح‌های نفوذگر زمینی متعارف و هسته‌ای و تأثیرات آنها، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

کمبودهای فعلی، سئوالاتی را مطرح می‌نمایند مبنی بر این که چگونه می‌توان این نوع تأسیسات را شناسایی نمود؟ عملکرد این تأسیسات چیست؟ زمانبندی فعالیت و توقف آنها چگونه است؟ طرح‌ها، ساختمان‌ها و مراکز بدون دفاع آنها کدام است؟ چگونه می‌توان به آنها حمله کرد؟ و میزان استحکام آنها نیز چه مقدار می‌باشد؟ لذا با نگرش به مراتب فوق، شناخت و درک شیوه‌های جدید شناسایی تأسیسات زیرزمینی و آگاهی از ویژگی‌های سلاح‌های نفوذگر می‌تواند در اقدامات پدافندی غیر عامل که با به‌کارگیری آنها بتوان مسائل مهم استتار، اختفاء و فریب را جهت کاهش تلفات تأسیساتی و جانی اتخاذ نمود، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

## ضرورت و اهمیت تحقیق

شناسایی تأسیسات زیرزمینی پنهان با استفاده از روش‌ها، تکنیک‌ها و حسگرهای خاص، می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در

کشورهای مختلف جهان از تأسیسات مستحکم برای پنهان‌سازی و حفاظت از رهبران سیاسی، فرماندهان ارشد نظامی و کارکنان بخش صنایع کلیدی، سلاح‌ها، مهمات، تجهیزات و سایر امکانات و فعالیت‌ها، استفاده می‌نمایند. وجود چنین تأسیساتی که هدف‌های سخت ژرفانهفت (HDBT)<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند، تهدیدی برای اهداف امنیت ملی کشور مقابل محسوب می‌گردد.

هدف‌های ژرفانهفت که شامل تأسیسات سخت بالای سطح زمین تا تأسیسات تونل‌دار زیرزمینی است، معمولاً پیچیده، کاملاً پنهان و از امنیت فیزیکی بالا، پدافند هوایی پیشرفته، حفاظت پیرامونی، ارتباطات چندگانه و سایر ویژگی‌های مهمی که باعث می‌گردند بسیاری از آنها در برابر سلاح‌های متعارف سالم باقی بمانند، برخوردار هستند. کشورهای دارنده این هدف‌ها، آنها را در اعماق ساختمان‌های چند طبقه در مناطق شهری قرار می‌دهند تا برنامه‌ریزی حمله به آنها را پیچیده کرده و از خطر اثرات جانبی این نوع تهاجم در امان بمانند.

این تأسیسات شامل پناهگاه‌های سخت در سطح زمین و تأسیسات زیرزمینی تونل‌دار می‌گردد. به ویژه اینکه، اکثر تأسیسات فرماندهی و کنترل زیرزمینی و تونل‌های جای‌دهنده موشک، در عمق ۱۰۰ تا ۴۰۰ متری زیر زمین (البته بسیاری از آنها در زیر ۲۵۰ متر هستند) قرار دارند. تعداد کمی از این هدف‌ها در عمق ۵۰۰ یا حتی ۷۰۰ متری زیر زمین و در میان سنگ‌های آهک یا گرانیت قرار دارند [۱].

فعالیت‌هایی که (حفاظت از مقرهای فرماندهی و کنترل، ذخیره‌سازی سلاح‌های شیمیایی، نگهداری موشک‌های بالستیکی، تأسیسات غنی‌سازی اورانیوم و...) در چنین تأسیسات زیرزمینی انجام می‌گردد، تهدیدی بالقوه و جدی نسبت به امنیت ملی هر کشوری به حساب می‌آیند. بر طبق گزارش وزارت دفاع آمریکا تعداد ۱۰۰۰۰ هدف سخت و ژرفانهان در کشورهای مختلف جهان وجود دارد. از این ۱۰۰۰۰ هدف تخمینی، در حدود ۲۰٪ آنها دارای اهداف راهبردی مهم و از این ۲۰٪ نیز نیمی از آنها داخل یا نزدیکی مناطق شهری قرار دارند. برخی از این هدف‌ها در میان سنگ و در اعماق بیش از ۳۰۰ متر دفن گردیده و باقی‌مانده این هدف‌ها، در برابر فشارهای در حدود یک کیلو بار، مقاوم‌سازی شده‌اند. بیش

کارآمدی پدافند غیر عامل، متغیرهای «روش‌های شناسایی تأسیسات زیرزمینی و آگاهی از خصوصیات سلاح‌های نفوذگر» که تأثیر به‌سزایی در پدافند غیر عامل دارند، احصاء و با تعیین شاخص‌های مرتبط با آنها که بخشی از تکنیک‌های شناسایی این نوع تأسیسات از قبیل پایش غیر عامل صوتی، لرزه‌ای و الکترومغناطیسی، تصویربرداری، ارتعاشات صوتی و لرزه‌ای، سامانه حسگر هواپایه ارتفاع پائین، شناسایی سیگنال‌های غیر عادی گرانش زمین برای شناسایی تونل و برش‌نگاری هوایی با استفاده از سیگنال‌های الکترومغناطیسی و نیز آگاهی از خصوصیات سلاح‌های نفوذگر و هواپیماهای حامل آنها، ادبیات مرتبط با آنها ارائه و مورد تحقیق قرار گرفت.

### نوع و روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی از اسناد و مدارک موجود تخصصی در این زمینه و مطالعات مربوطه صورت گرفته است.

### تعاریف اولیه

#### هدف‌های سخت و ژرفا نهان<sup>۲</sup>

واژه‌ای کلی که به تمام انواع هدف‌های سخت چه بالا یا در زیر زمین و برای مقاومت یا کاهش اثرات سلاح‌های جنبشی<sup>۳</sup>، طراحی گردیده‌اند، اطلاق می‌گردد.

#### تأسیسات زیرزمینی<sup>۴</sup>

واژه‌ای کلی که نشان‌دهنده تمام انواع سازه‌ها و تأسیسات سخت زیرزمینی، بدون توجه به عمق آنها است.

#### سازه سخت زیرزمینی عمیق<sup>۵</sup>

سقف این سازه با بیش از ۲۰ متر خاک یا سنگ پوشیده شده است.

کسب آگاهی و اطلاعات لازم در مورد این تهدیدات را فراهم آورده و به فرایند آگاهی از وضعیت<sup>۱</sup> کمک شایانی نماید. آگاهی از ویژگی‌های تأسیسات زیرزمینی جهت اتخاذ اقدامات پدافندی غیر عامل برای کاهش میزان تلفات و آسیب‌پذیری‌ها، از دیگر ضروریات انجام این تحقیق در چگونگی ارائه این روش‌ها و نیاز حسگرهای عامل و غیر عامل و اقدامات استتار، اختفاء و فریب نوین امروزی است.

### اهداف تحقیق

هدف اصلی در این پژوهش، توصیف شیوه‌های جدید شناسایی تأسیسات زیرزمینی و بررسی ویژگی‌های آنها در جهت ارتقاء توان پدافند غیر عامل به‌ویژه از نظر هشداردهی اولیه و متعاقب آن، به‌کارگیری اقدامات استتار، اختفاء و فریب نوین به منظور شناسایی نشدن آنها می‌باشد تا بتوان میزان تلفات و خسارات احتمالی را در این زمینه به حداقل ممکن برساند.

### سوالات اصلی تحقیق

با توجه به موارد فوق، سوالات اصلی تحقیق این‌گونه مطرح می‌گردند که آیا اصولاً تأسیسات زیرزمینی ژرفانهفت که از ابتداء با در نظر گرفتن اصول استتار و اختفاء ساخته می‌شوند را می‌توان با استفاده از تکنیک‌ها و حسگرهای ویژه شناسایی نمود؟ و میزان تاثیر و تخریب سلاح‌های نفوذگر شامل هسته‌ای و متعارف بر علیه این تأسیسات تا چه حد می‌باشد؟

### فرضیه تحقیق

با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های خاص و با به‌کارگیری حسگرهای ویژه، امکان شناسایی هدف‌های ژرفانهفت و تهاجم بر آنها و در نهایت، انهدام یا به تاخیر انداختن فعالیت آنها وجود دارد. امکان بررسی و محاسبه میزان احتمالی تاثیر و تخریب سلاح‌های نفوذگر شامل هسته‌ای و متعارف بر علیه این تأسیسات وجود دارد.

### متغیرها و شاخص‌های تحقیق

به‌منظور بررسی روش‌های شناسایی تأسیسات زیرزمینی و آگاهی از خصوصیات سلاح‌های نفوذگر در میزان ارتقاء

2- Hard and Deeply Buried Targets

3- Kinetic Weapons یا سلاح‌های جنبشی، به سلاح‌هایی گفته می‌شود که از انرژی جنبشی یا انرژی حرکتی برای انهدام هدف مورد تهاجم، استفاده می‌نمایند.

4- Underground Facility

5- Deep Underground Hardened Structure

1- Situation Awareness

بتن مسلح: بتن مسلح با دیواره‌هایی که در هر دو طرف ورودی ایجاد گردیده و بتن مسلح که میله‌های عمودی را می‌پوشاند [همان].

## ۲. تونل موشک

نوع هدف سخت: تونل زیرزمینی عمیق،

هدف: محل استقرار موشک‌های بالستیک بُرد کوتاه که دارای کلاهک شیمیایی می‌باشند و ترکیب کلاهک آنها در محل نگهداری، انجام می‌شود.

سربار: ۱۲۰ متر در منطقه عملیات مورد نظر،

نوع زمین: لایه‌های گوناگون خاک، سنگ‌های تغییر یافته و سنگ آهک،

تونل‌ها: روکوبی تونل برابر با یک متر از بتن مسلح از ورودی تا درها و سپس ۰/۵ متر از بتن مسلح در سرتاسر حفره‌های داخلی است.

درب‌ها: یک متر از بتن مسلح با روکوبی فولاد،

بتن مسلح: مقاومت فشاری تمام بتن‌ها در حدود ۴۰۰۰ پوند در هر پنج‌هزار متر مربع تخمین زده می‌شود [همان].

## روش‌ها و تکنیک‌های شناسایی هدف‌های

### ژرفانهفت

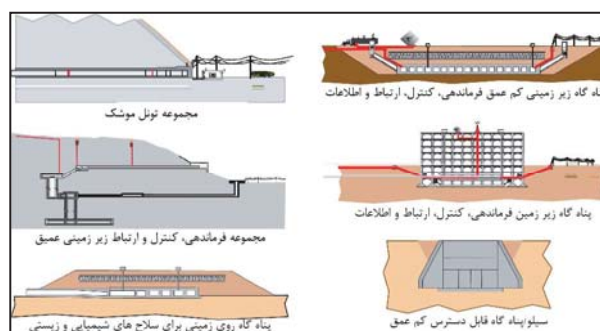
علیرغم تکنیک‌های استتار، اختفاء و فریبی که برای پنهان‌سازی تأسیسات زیرزمینی توسط کشورهای مختلف به کار گرفته می‌شوند ولی با پیشرفت فناوری شناسایی، راه‌هایی برای شناسایی آنها وجود دارد. این روش‌ها که صرفاً در منابع آزاد وجود دارند (اینترنت) به طور اختصار به شرح زیر می‌باشند:

#### ۱- پایش غیر عامل صوتی، لرزه‌ای و الکترومغناطیسی<sup>۳</sup>

این سامانه جهت شناسایی هدف‌های زیرزمینی از طریق آشکارسازی و دریافت اثرات شناسایی کننده شامل صوتی، لرزه‌ای، الکترومغناطیسی، شیمیایی، گرادیان گرانشی با استفاده از حسگرهای چند طیفی و فراطیفی به کار می‌رود. سامانه حسگر بی‌سرنشین زمینی<sup>۴</sup> که برای این منظور طراحی و ساخته شده، مورد آزمایش قرار گرفته است. فناوری‌های نوین

## هدف سخت و ژرفانهفت راهبردی<sup>۱</sup>

هدف‌های سخت و ژرفانهفتی که دارای کارکرد راهبردی، از قبیل فرماندهی و کنترل، حفاظت از رهبران ملی، تولید و ذخیره‌سازی سلاح‌های کشتار جمعی و تولید، ذخیره‌سازی و یا پرتاب موشک‌های بالستیک می‌باشند.



شکل ۱- نمونه‌هایی از هدف‌های سخت و ژرفانهفت

## ویژگی‌های هدف‌های ژرفانهفت

هر نوع تهاجم با هدف نابودی این نوع تأسیسات مستلزم داشتن اطلاعات دقیق در مورد ویژگی‌ها، نقاط ضعف موقعیت استقرار و امکانات سلاح نفوذگر زمینی می‌باشد. جهت آگاهی بیشتر از ویژگی‌های این نوع تأسیسات، به بررسی اجمالی ویژگی‌های دو نوع هدف ژرفانهفت می‌پردازیم.

### ۱. تأسیسات فرماندهی و کنترل و ارتباط زیرزمینی عمیق

نوع هدف سخت: تأسیسات زیرزمینی عمیق  
هدف: جایگاه برای تأمین پشتیبانی فرماندهی کنترل و ارتباط برای نیروهای هسته‌ای راهبردی و نیز حفاظت از فرماندهان ارشد نظامی در زمان جنگ.

سربار<sup>۲</sup>: ۴۰۰ تا ۷۰۰ متر سربار در محل کاری

نوع زمین: سنگ شن کوارتز تک سنگی

تونل‌ها: روکوبی تونل از بتن مسلح

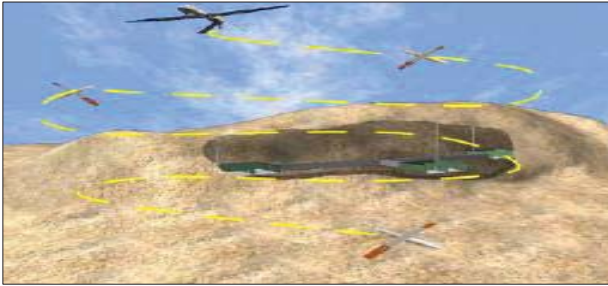
درب‌ها: درب‌های دو جداره کشویی با ضخامت بیش از ۰/۷ متر در هر ورودی. ورودی اصلی دارای ۷ متر پهنا و ورودی فرعی دارای ۹ متر پهنا می‌باشد.

3- Passive Acoustic, Seismic and Electromagnetic Monitoring (PASEM)

4- Unattended Ground Sensor System

1- Strategic Hard and Deeply Buried Targets

2- Overburden: ضخامت کل خاک روی سقف سازه.



شکل ۲- سامانه حسگر هوایی ارتفاع پایین  
شناسایی‌کننده هدف‌های ژرفانهفت

#### ۴- شناسایی سیگنال‌های غیر عادی گرانش زمین برای شناسایی تونل<sup>۶</sup>

نیروی گرانش، شامل نیروی جاذبه بین شیء و زمین می‌باشد. نیروی جاذبه را می‌توان با فرمول زیر محاسبه نمود:

$$F_g = G \frac{(m_1 \times m_2)}{r^2}$$

$F_g$  = نیروی جاذبه

$G$  = عدد ثابت گرانش جهانی

$m_1$  = چگالی زمین

$m_2$  = چگالی شیء جذب‌شده به سمت زمین

$r$  = فاصله بین دو شیء (شیء و زمین)

مقدار  $F_g$  قابل قبول در سطح زمین، برابر با ۹,۸۱ متر در هر ثانیه مربع است ( $m/s^2$ ) ولی این مقدار، میانگین است، زیرا چگالی واقعی زمین در هر نقطه از آن، متفاوت می‌باشد. اگر بتوانیم  $F_g$  هر نقطه از زمین را اندازه‌گیری نمائیم، می‌توان حدس زد که در زیر زمین، چه چیزی قرار دارد. با توجه به این موضوع، می‌توان کاهش توده خاک زیر زمین که در اثر ساختن تأسیسات زیرزمینی (خالی شدن آن و کاهش چگالی توده) رخ می‌دهد را شناسایی نمود [۵].

در اینجا، چالش پیش روی سنجش گرانش، این است که تغییرات در نیروی گرانش، بسیار جزئی است و با بررسی فرمول گرانش، مشخص می‌گردد که فاصله حسگر شناسایی‌کننده، یکی از عوامل مهم شناسایی این نوع تأسیسات است و از آنجایی که این تأسیسات معمولاً در خاک دشمن قرار دارند، لذا فاصله، اهمیت زیادی پیدا می‌کند. بر طبق فرمول یاد شده، هر چه فاصله بیشتر شود، نیروی گرانش نیز کمتر یا ضعیف‌تر می‌گردد که در نتیجه، تجهیزات یا حسگرهای اندازه‌گیری‌کننده نیروی گرانش که در فاصله دورایستا قرار

مورد استفاده در این نوع حسگرها، شامل تکنیک سنجش ارتفاع زمین<sup>۱</sup>، حسگرهای سنجش میدان الکتریکی و مغناطیسی زمین و پردازش پیشرفته سیگنال می‌گردد [۲].

#### ۲- تصویربرداری ارتعاشات صوتی و لرزه‌ای<sup>۲</sup>

هدف این برنامه، توسعه و طراحی سامانه متحرک تصویربرداری ارتعاشات زمین است که قادر به اندازه‌گیری و سنجش از دور ارتعاشات زمینی که به‌سیله منابع صوتی یا لرزه‌ای عامل ایجاد می‌گردند، می‌باشد. از سنجش‌های انجام شده، برای شناسایی و تعیین موقعیت سازه‌ها و تونل‌های نزدیک به سطح زمین و مین‌های زمینی استفاده می‌شود. اهداف کلی این برنامه به شرح زیر می‌باشند:

- طراحی و توسعه یکپارچه ارتفاع‌سنج لیزری<sup>۳</sup> برای شناسایی تغییرات غیر عادی در اثر وجود و فعالیت تونل‌های زیرزمینی و تشدید (رزونانس) صوتی که نشان‌دهنده وجود مین‌های ضد نفر و تانک است، به وجود می‌آید.

- طراحی و ساخت تجهیزات و وسایل مورد نیاز برای پشتیبانی از چنین سامانه‌ای شامل آرایه‌های سطح کانونی<sup>۴</sup>، لیزر، منابع تحریک‌کننده ارتعاشات صوتی- لرزه‌ای و پردازش داده می‌گردد [۳].

#### ۳- سامانه حسگر هواپایه ارتفاع پائین<sup>۵</sup>

این برنامه، ابزارها و تجهیزات جدیدی را برای جمع‌آوری اطلاعات، هدف‌یابی و ارزیابی هدف‌های پنهان زیرزمینی و شبکه‌های برق، طراحی و استفاده می‌نماید. هدف اصلی این برنامه، افزایش توانمندی شناسایی، آشکارسازی، طبقه‌بندی و تعیین مشخصات هدف‌های یاد شده می‌باشد. این کار با استفاده از حس کردن سیگنال‌های الکترومغناطیسی غیر عامل، ارتعاشات صوتی و گرادیان سنجی گرانش زمین، انجام می‌گردد. در نظر است تا این حسگرها در هواپیماهای بی‌سرنشین و نیز سرنشین دار مورد استفاده قرار گیرند [۴].

1- Geophone

2- Seismic and Acoustic Vibration Imaging

3- Laser Vibrometer

4- Focal Plane Arrays

5- Low-Altitude Airborne Sensor System

6- Gravity Anomaly for Tunnel Exposure (GATE)

خود را به زمین می‌تاباند و سپس میدان الکتریکی و مغناطیسی به دست آمده را برای شناسایی سازه‌های پنهان در زمین، شناسایی می‌نماید. فناوری‌های مورد استفاده این سامانه به شرح زیر می‌باشند:

- منابع تابش الکترومغناطیسی
- حسگرهای شناسایی نوین
- پردازشگر سیگنال

اطلاعات به دست آمده توسط حسگرهای فوق را می‌توان روی نشانگرهای هوایی به نمایش گذارد [۷].

### روش‌های مقابله با هدف‌های ژرفانهفت

در حال حاضر برای مقابله و انهدام هدف‌های ژرفانهفت، دو نوع سلاح به کار می‌رود: سلاح نفوذگر زمینی هسته‌ای و سلاح نفوذگر زمینی متعارف.

#### ۱. سلاح نفوذگر زمینی هسته‌ای

##### پیشینه فناوری سلاح نفوذگر زمینی

فناوری سلاح نفوذگر به اوایل دهه ۱۹۵۰ برمی‌گردد. سلاح Mark 8 که یک بمب هسته‌ای با توانمندی نفوذ به هدف‌های پنهان در خاک، سنگ و بتن است، در ژانویه سال ۱۹۵۲ جایگزین بمب هسته‌ای آمریکا گردید. بمب Mark 11 که دارای ضریب ایمنی بالاتر است و در ماه می ۱۹۵۷ جایگزین بمب Mark 8 گردید، در سال ۱۹۵۸ از زرادخانه آمریکا خارج گردید. [۱].

این نوع سلاح برای انفجار در زیر سطح زمین، پس از سالم ماندن در اثر شوک بسیار زیاد و بار سازه‌ای زیادتر که در هنگام ضربه و نفوذ به آن وارد می‌گردد، طراحی شده است. آزمایشات نفوذ به زمین با زوایای مختلف حمله و سرعت بر علیه هدف‌های زیرزمینی انجام گردیده تا مشخص گردد چگونه ویژگی‌های فیزیکی یک موشک نفوذگر، بر توانایی نفوذ آن به زمین، تأثیر می‌گذارد. بیشترین تردید و عدم قطعیت در پیش‌بینی عمق نفوذ و سالم ماندن بدنه این سلاح تا زمان انفجار آن، در اثر ماهیت چندگانه و ویژگی‌های زمین‌شناسی زیرسطحی مناطق مختلف به وجود می‌آید.

عمق نفوذ احتمالی، بستگی به ویژگی‌های مکانیکی مصالح زمین محل هدف مورد نظر دارد. به‌عنوان مثال، در زمین خاک رسی و گل و لای، عمق نفوذ پیش‌بینی شده، ۱۰۰ متر و در

دارند، با چالش بزرگ سنجش این نیروی ضعیف روبرو می‌گردند که در نتیجه، یا باید حساسیت این دستگاه‌ها افزایش یابد و یا فاصله آنها با هدف، کاهش یابد که آن هم باعث در معرض خطر قرار گرفتن این نوع تجهیزات یا سکوی حامل آنها (هواپیمای بی‌سرنشین) می‌گردد. نیروی گرانش زمین را به دو طریق می‌توان اندازه‌گیری نمود:

الف: توسط دستگاه گرانش سنج<sup>۱</sup>  
ب: اندازه‌گیری تغییرات در گرانش یک منطقه نسبت به منطقه دیگر.

تغییر در نیروی گرانش یک منطقه خاص را گرادیان گرانش می‌نامند<sup>۲</sup> و دستگاهی که گرادیان گرانش را اندازه‌گیری می‌کند، گرادیان‌سنج گرانشی می‌نامند<sup>۳</sup>.

به‌عنوان مثال، این دستگاه‌ها می‌توانند توده‌های نمک زیرزمین را که حاوی نفت هستند و در نتیجه دارای غلظت کمتری نسبت به سنگ‌های اطراف آن هستند را شناسایی نمایند. از این روش زمین‌شناسان برای شناسایی و کشف مخازن زیرزمینی نفت، استفاده می‌نمایند.

با توجه به مطالب فوق، می‌توان به این نتیجه رسید که فرایند و عملیات حفاری زیرزمینی (ساخت تأسیسات ژرفانهفت) باعث ایجاد فضای خالی<sup>۴</sup> در بافت و ساختار زمین‌شناسی زیر سطح زمین می‌گردد. گرادیان‌سنج‌های گرانشی، تفاوت‌های کوچک مکانی در کل گرانش که در اثر این فضاهای خالی به وجود می‌آیند را اندازه‌گیری می‌نمایند. این هدف‌ها از طریق سنجش اثر گرانش غیر عادی<sup>۵</sup> شناسایی می‌گردند. این عمل به‌وسیله ترکیب گرادیان‌سنج گرانشی، پردازش سیگنال که در هواپیمای سرنشین‌دار ارتفاع پایین و نیز پهپاد نصب است، انجام می‌گردد [۶].

### ۵- برش‌نگاری هوایی با استفاده از سیگنال‌های الکترومغناطیسی عامل<sup>۶</sup>

این برنامه، یک سامانه الکترومغناطیسی عامل را برای تصویربرداری هوایی از سازه‌های زیرزمینی از قبیل تأسیسات زیرزمینی یا تونل‌ها مورد استفاده قرار می‌دهد. این سامانه امواج

1- Gravimeter

2- Gravity Gradient

3- Gravity Gradiometer

4- Void

5- Anomalous Gravity Signatures

6- Airborne Tomography Using Active Electromagnetics

(CEP) یا کمتر، خاص هدف‌های تا عمق ۲۲۵ متر با احتمال صدمه شدید ۰/۹۵، کاهش می‌دهد[همان].

### مؤلفه‌های مهم سلاح‌های نفوذگر هسته‌ای

آزمایشات نفوذ به زمین در زوایای مختلف اصابت، زوایای حمله و سرعت‌های مختلف در هدف‌هایی با مشخصات زمین‌شناسی دست‌نخورده انجام گردیده تا مشخص گردد چگونه ویژگی فیزیکی یک سلاح نفوذگر زمینی بر کارایی آن تأثیر می‌گذارد. اطلاعات موجود در بانک اطلاعات آزمایشگاه ساندیای آمریکا، از سنجش سلاح‌های نفوذگر زمینی برای اندازه‌گیری شتاب‌محوری و جانبی آن، فشار بر پوسته آن، و پاسخ سازه‌ای اجزاء داخلی این نوع سلاح‌ها، به دست آمده است[همان].

### اثرات جانبی

انفجار سلاح نفوذگر زمینی علاوه بر انهدام و خرابی تأسیسات مورد نظر، اثرات مخرب و جبران‌ناپذیری نیز بر انسان می‌گذارند. این اثرات عمدتاً در نتیجه عواملی از قبیل انفجار هوایی، تابش گرمایی، تابش هسته‌ای اولیه و باقی‌مانده تابش یا بارش هسته‌ای می‌باشند.

**انفجار<sup>۵</sup>:** انفجارات هسته‌ای، اثرات انفجاری‌ای را در هوا ایجاد می‌کنند که شبیه اثرات انفجاری متعارف است. موج شوک ایجاد شده می‌تواند از طریق پاره کردن ریه‌ها یا پرتاب سریع افراد به اطراف، به‌طور مستقیم به انسان صدمه برساند، ولی بیشتر تلفات به دلیل ریزش ساختمان‌ها، سازه‌ها و اشیاء و واریزه‌هایی<sup>۶</sup> است که در هوا و زمین پخش می‌گردند.

**تابش گرمایی<sup>۷</sup>:** برخلاف انفجارات متعارف، یک انفجار هسته‌ای می‌تواند پالس شدیدی از تابش گرمایی را ایجاد کند که باعث تولید آتش و سوختن گسترده پوست انسان گردد. در برخی موارد، آتشی که در اثر انفجار هسته‌ای ایجاد می‌گردد به طوفانی از آتش تبدیل می‌شود که مانع از فرار بازماندگان انفجار اولیه می‌گردد. اگرچه پیش‌بینی آن دقیق نیست ولی انتظار می‌رود که اثرات گرمایی حاصل از انفجار هسته‌ای، دلیل اصلی بیشتر تلفات انسانی باشد.

زمین با سنگ‌های ضعیف یا سست، ۳۰ متر و در زمین با سنگ‌های نیمه مقاوم ۱۲ متر و حداکثر نفوذ در خاک رُسی، بین  $\pm 20\%$  متغیر است. نفوذ بیشتر برای انهدام هدف زیرزمینی، توصیه می‌گردد؛ زیرا شوک زمینی با افزایش عمق انفجار بیشتر<sup>۱</sup> (DOB) افزایش می‌یابد. اگر چه بیشترین نتیجه، در چند متر اولیه نفوذ، حاصل می‌گردد[همان].

انرژی حاصل از شوک زمینی یک سلاح نفوذگر زمینی، با افزایش عمق انفجار، به حدود ۵۰ درصد می‌رسد و در عمق انفجاری  $Y^{1/3} / 2/3m$  به طور مؤثر، ترکیب می‌گردد. (m عمق انفجار بر حسب متر و  $\gamma$  شدت انفجار بر حسب کیلوتن است). ضریب شوک زمینی برای یک سلاح نفوذگر زمینی با ۳۰۰ کیلوتن شدت انفجاری و در عمق انفجاری ۳ متر (عمق انفجاری در حدود  $0/5 m / Y^{1/3}$ )، بین ۱۵ تا ۲۵ افزایش می‌یابد. محاسبات نشان می‌دهد که چنین سلاحی می‌تواند به تونل‌های سنگ‌گرانیته تا عمق ۱۵۰ متر و با ضریب احتمال ۰/۹۵ شدیداً صدمه وارد کند[همان].

از آنجایی که عمق نفوذ عملی یک سلاح نفوذگر زمینی فقط چند متر است، لذا استفاده از این نوع سلاح، انفجار، گرما، تشعشع هسته‌ای اولیه و نیز اثرات ریزشی مواد هسته‌ای را در برخواهد داشت.

کارایی سلاح‌های هسته‌ای در مقابل هدف‌های ژرفانهان را می‌توان با محاسبه شدت شوک انفجاری در اطراف هدف ژرفا نهان و نیز در نظر گرفتن میزان سختی آن، تخمین زد. این مسئله به دلیل سازوکارهای مختلف کاهش شوک، مانند اثرات غیرکشس<sup>۲</sup>، ترک، تورم و اثرات هندسی ناشی از واگرایی موج‌های تنشی وجود لابه‌ها، رابطه‌ها، گُسل‌ها و اتصالات در سرتاسر منطقه هدف، بسیار پیچیده می‌باشد. محاسبات نشان می‌دهند که برای دستیابی به احتمال بالای انهدام اهداف سخت و ژرفانهان، هم سلاح‌های انفجار-سطحی<sup>۳</sup> و هم زمین نفوذ هسته‌ای، می‌بایست با دقت زیاد رها گردند. به‌عنوان مثال، دایره خطای احتمالی (CEP)<sup>۴</sup> کمتر از ۶۰ متر برای سلاح با شدت انفجاری یک مگاتنی، خاص هدف‌های تا عمق ۱۲۵ متر با احتمال صدمه شدید ۰/۹۵ مورد نیاز است. برای سلاح زمین نفوذ، شدت انفجاری ۳۰۰ کیلوتن، دقت را تا حد ۱۱۰ متر

5- Blast

6- Fallout

7- Thermal Radiation

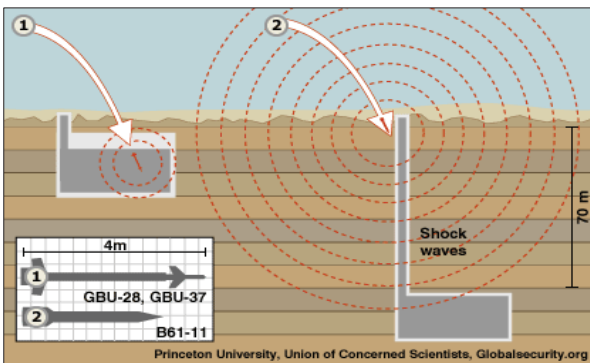
1- DOB: Depth OF Burst

2- Inelastic Effects

3- Surface- burst

4- CEP: Circular Error Probable

سامانه موقعیت‌یاب جهانی و هدایت تلویزیونی استفاده می‌کنند، توانایی پرتاب سلاح در محیط‌های با شرایط آب و هوایی گوناگون و با دقت بالا را فراهم آورده‌اند. در جنگ اخیر عراق، فناوری شناساگریز<sup>۳</sup> تجهیزات فروسرخ جلونگر<sup>۴</sup>، دوربین‌های دید در شب و سامانه موقعیت‌یاب جهانی برای نیروهای آمریکایی امکان انجام عملیات با برتری کامل هوایی را فراهم ساختند.



شکل ۲- نمونه‌ای از تأسیسات تولید و نگهداری سلاح‌های شیمیایی و سلاح نفوذگر ضد آن.

این توانایی، نیروهای نظامی را وارد دوره‌ای نموده است که در آن محدودیت پیش‌روی عملیات تهاجمی بر علیه هدف‌های ژرفانهمان، شامل اطلاعات دقیق در مورد هدف مورد تهاجم و توانایی رخنه به عمق می‌گردد. در اینجا به چند نمونه از سلاح‌های نفوذگر زمینی متعارفی که توسط آمریکا بر علیه تأسیسات زیرزمینی به کار می‌روند به طور خلاصه در جدول (۱) اشاره می‌گردد:

- 3- Stealth Technology  
4- Forward-looking Infrared

**تابش اولیه<sup>۱</sup>:** انفجار هسته‌ای باعث ایجاد مقدار قابل توجهی از تابش اشعه گاما می‌گردد. در مقایسه با سایر اثرات، تابش اولیه، دلیل اصلی تلفات انسانی - فقط در انفجارات با شدت کم - است (کمتر از ۱۰ کیلوتن).

**بارش هسته‌ای:** وقتی که در نزدیکی سطح زمین انفجار هسته‌ای رخ دهد، خاک با مواد شکافت پرتوزای حاصل از انفجار سلاح، ترکیب می‌گردد. واریزه‌ها توسط باد حمل گردیده و در عرض چند دقیقه یا چند ساعت دوباره به سمت زمین برمی‌گردند.

سه تأثیر اول پیش‌گفته را اثرات «فوری» می‌نامند؛ زیرا صدمات انسانی، بلافاصله پس از انفجار ایجاد می‌گردند. در مقایسه، مقدار تأثیر تابش حاصل از بارش هسته‌ای، در طول زمان ایجاد می‌شود. بیشتر مواد پرتوزا که در بارش هسته‌ای توسط انسان جذب می‌شود به این دلیل است که انسان در معرض تابش گامای باقی‌مانده در روی زمین قرار دارد و این تنها راه جذب مواد است [همان].

انفجار سلاح نفوذگر هسته‌ای بر علیه هدف‌های ژرفانهمان در نزدیکی یا داخل مناطق شهری پر جمعیت، تعداد تلفات را از هزاران به بیش از یک میلیون نفر می‌رساند که البته این تعداد عمدتاً بستگی به شدت انفجار دارد. برای تهاجم به هدف‌های سخت و ژرفانهمان در مناطق دور از شهر یا کم جمعیت، تلفات از چند صد نفر با شدت انفجار کم به صدها هزار نفر در اثر شدت انفجار زیاد و جریان باد نامناسب می‌رسد. برای هدف‌های مستقر در شهرها، تلفات غیر نظامیان ناشی از انفجار سلاح زمین نفوذ هسته‌ای در مقایسه با سلاح‌هایی که در سطح زمین با ۲۵ برابر شدت انفجاری منفجر می‌گردند، با ضریبی برابر ۲ تا ۱۰ کاهش می‌یابد. [همان].

## ۲. سلاح نفوذگر زمینی متعارف

از زمان جنگ ویتنام تا کنون، تلاش‌های زیادی برای بهبود دقت سامانه‌های ناوبری و پرتاب سلاح‌های متعارف صورت گرفته است. موشک‌های کروز و سامانه‌های پرتاب هواپیماهای پیشرفته که از سامانه‌های لختی<sup>۲</sup> ارتقاء یافته، هدایت لیزری،

### 1- Initial Radiation

Inertia یا لختی: تمایل ماده به مقاومت در برابر تغییر تکانه یا momentum. این نوع سامانه ناوبری شامل ژيروسکوپ، شتاب‌سنج و رایانه ناوبری می‌گردد که به‌طور خودکار اطلاعاتی از قبیل موقعیت، سمت، سرعت و سایر اطلاعات ناوبری را فراهم می‌آورد.



جدول ۱. مشخصات برخی سلاح‌های نفوذگر آمریکا

تصویر	شرح عملکرد	نوع سلاح
	بمب هواپرتاب و هدایت لیزری «ضد هدف‌های ژرفانهان» با وزن ۵۰۰۰ پوند با کلاهک رخنه گر ۴۴۰۰ پوندی.	بمب GBU-28/ EGBU- 28/ LU- 113
	بمب هواپرتاب ۲۰۰۰ پوندی با کلاهک رخنه گر فولادی سنگین، حاوی مواد منفجره با انرژی زیاد و فیوز حسگر که لایه‌های خالی زمین را تا رسیدن به هدف مورد نظر، محاسبه و کلاهک بمب را جهت وارد آوردن حداکثر آسیب، در نقطه مطلوب منفجر می‌نماید.	بمب GBU-24B/D BLU-116 با کلاهک نفوذگر پیشرفته
	بمب گرمافشاری نفوذگر که دارای مواد منفجره گرمافشاری پیشرفته است و در هنگام انفجار، فشار انفجاری بسیار بالا و پایداری را در فضاهای بسته از قبیل تونل‌ها و تأسیسات زیرزمینی ایجاد می‌نماید. این بمب، از بدنه سلاح -BLU 109 استفاده می‌کند. تفاوت عمده آن، در جایگزینی مواد منفجره بسیار قوی با مواد منفجره گرمافشاری است که قدرت تخریبی بسیار زیادی را در فضاهای بسته به وجود می‌آورد.	بمب BLU-118B
	موشک کروز نفوذگر هواپرتاب با هدایت دقیق و کلاهک نفوذگر ۱۲۰۰ پوندی که با استفاده از خرج گود <sup>۲</sup> بر علیه هدف‌های ژرفانهان یا مستحکم، تقویت گردیده است.	موشک کروز نفوذگر هواپرتاب متعارف <sup>۱</sup>
	سلاح هواپرتاب که از سامانه کلاهک چندگانه استفاده می‌کند و خرج نفوذگر اولیه را با بمب ثانویه نفوذگر ترکیب می‌نماید. این سلاح مجهز به فیوز حسگر چند منظوره است. این سلاح دارای کلاهک ۵۰۰ پوندی است که اثر انفجاری به‌علاوه قدرت نفوذ بر علیه هدف‌های مستحکم را فراهم می‌آورد.	سلاح مشترک دورایستا با خرج تقویت شده
	این مهمات، زرادخانه فعلی بمب‌های چند منظوره MK-83 با وزن ۱۰۰۰ پوند و MK-84 با وزن ۲۰۰۰ پوند را از طریق ترکیب با بسته هدایت پیشرفته‌ای که شامل سامانه ناوبری اینرسی و سامانه موقعیت یاب جهانی است، ارتقاء می‌دهند. نوع بمب ۱۰۰۰ پوندی این خانواده به نام GBU-31 و نوع ۲۰۰۰ پوندی آن با نام GBU-32 شناخته می‌شود. بمب‌های رخنه‌گر ضد هدف‌های مستحکم ارزان قیمت‌تر، به صورت بمب ۲۰۰۰ پوندی BLU-109 و بمب ۱۰۰۰ پوندی BLU-110 تغییر یافته‌اند.	مهمات مشترک تهاجم مستقیم <sup>۳</sup>

1- Conventional Air-Launched Cruise Missile Penetrator (CALCM)

2- Shaped Charge

3- Joint Direct Attack; Munitions (JDAM)

## نتیجه گیری

صدها تأسیسات زیرزمینی مستحکم (با سربار بتنی ۲۰ تا ۳۰ متر) از توانمندی‌های راهبردی کشورهای مختلف محافظت می‌کنند که با استفاده از فنون متعارف حفاری و انفجار با تجهیزیات مدرن معدن، ساخته شده‌اند. توانمندی‌های هر کشوری در به مخاطره انداختن این نوع تأسیسات، مورد چالش نه تنها عمق و فراوانی سامانه‌های حیاتی آنها قرار می‌گیرد، بلکه فنون پیچیده استتار، اختفاء و فریب و نیز همجواری برخی از آنها در مناطق غیر نظامی، این چالش را دو چندان می‌نمایند. چنین تأسیساتی امکانات راهبردی با ارزش هر کشوری را پنهان و حفاظت می‌نمایند. شناسایی این نوع تأسیسات با استفاده از روش‌ها، تکنیک‌ها و حسگرهای خاص وجود دارد. راه مقابله (انهدام) این نوع تأسیسات، نابودی آنها با استفاده از سلاح‌های نفوذگر متعارف و هسته‌ای است که تلفات جانی و زیست‌محیطی فراوانی را در پی خواهد داشت. راه دیگری که از شمار تلفات و صدمات زیست‌محیطی جلوگیری می‌نماید، استفاده از سلاح‌های نفوذگر متعارف و انفجار آنها در دهانه‌های ورودی این تأسیسات است که نه تنها باعث تلفات انسانی محدود (صرفاً نفراتی که در این نوع تأسیسات کار می‌کنند) می‌گردد بلکه راه‌اندازی مجدد آنها را نیز تا مدت زمان طولانی به تأخیر می‌اندازد. با توجه به مطالب یاد شده، آگاهی از ویژگی‌ها، نقاط ضعف و قوت این نوع سلاح‌ها و نیز روش‌های شناسایی این نوع تأسیسات می‌تواند در طراحی، مقاوم‌سازی، استتار و اختفاء و در نهایت، کاهش میزان خسارات به این نوع تأسیسات، مؤثر واقع شود.

## مراجع

1. National Research Council. "Effects of Nuclear Earth-Penetrator and Other Weapons", (2005).
2. Strategic Technology Office, "Passive, Acoustic, Seismic and Electromagnetic Monitoring", (2009).
3. Turner Monte, "Seismic and Acoustic Vibration Imaging", (2009).
4. Durek Joe, "Low Altitude Airborne Sensor System", (2008).
5. Arnold H. Strelan, LtCol, USAF, "Going Deep: A System Concept for Detecting Deeply Buried Facilities from Space", 23 Feb. (2003).
6. Durek Goseph, "Gravity Anomaly for Tunnel Exposure", (2009).
7. Durek Goseph, "Airborne Tomography using Active Electromagnetics", (2009).
8. Richelson T. Jeffrey, C4ISR Journal, " Unearthing Secrets: How the US Digs up Intelligence on Underground Sites", (2008).
9. Nelson W. Robert, "Low-Yield Earth- Penetrating Nuclear Weapons", (2009).
10. Ranka Jinendra, "Strategically Hardened Facility Defeat", (2009).
11. Strategic Technology Office, " Underground Facility Detection & Charaterization", (2009).

---

## Hiding Deeply Buried Targets Challenges and Vulnerabilities

Iraj Foroozan<sup>1</sup>

Masoud Esfandiari<sup>2</sup>

### Abstract

Many countries worldwide are using underground facilities to conceal and protect leaders, military and industrial personnel, weapons, equipment, and various other assets and activities. The identification, attack and destruction of these facilities which are considered as high-value targets is on the top priority of the intelligence, surveillance and reconnaissance operations of the attacking country.

The goal of this essay is to introduce the characteristics and structure of deeply buried targets and review the characteristics of nuclear and conventional earth penetrating weapons and finally the main and collateral effects of the explosion of such weapons along with challenges and impacts of attacking deeply buried targets using nuclear and conventional earth penetrating weapons. Many strategically deeply buried targets are beyond the reach of conventional earth penetrating weapons and their destruction can be made possible only by taking the risk of using nuclear weapons. The ability of any country to put at risk these kinds of facilities are challenged not only by depth and their widespread numbers of their vital systems but also the complex CCD techniques and the presence of some of them in the vicinity of civilian areas make this challenge worse. Such facilities hide and protect high value strategic facilities of every nation. This essay shows that knowledge of characteristics, weak and strong points of these weapons which are used against underground facilities can contribute effectively to designing, hardening and will finally lead to the reduction of possible damage and vulnerabilities to these facilities and humans well.

**Key Words:** *Hard and Deeply Buried Targets, Earth Penetrator, Underground Facilities, Penetration Depth, Shock Wave*

---

1- Academic Member of the Supreme National Defense University (E-mail: i.faroozan@yahoo.com)

2- Passive Sensors Expert (E-mail: esfandiari35@yahoo.com)