نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال دهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، (پیاپی ۳۸): صص ۹۵-۸۳

ارائه الگوهای معماری برای طراحی ساختمان‌های پنهان در مقابل تهدیدات نظامی، به روش استتار درون ساخته

حسن صالحی[1*]، احسان اکبری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵

چکیده

امروزه با پیشرفت فناوری‌های نظامی، به دلایل متعددی اصول اخلاقی رو به انحطاط رفته و کشورهای مختلف به یکدیگر حمله نظامی می‌کنند. یکی از مهم‌ترین راهبردهای‌های دفاعی که امروزه مورد توجه بسیاری از کشورهای توسعه یافته دنیاست، استفاده از اصول پدافند غیرعامل برای طراحی سامانه‌های پنهان بر اساس الگوهای فریب و استتار می‌باشد. استتار درون‌ساخته، نوعی استتار انجام‌شده بر روی هدف است که هنگام طراحی سامانه‌های جدید و همراه با آن لحاظ می‌شود که در مقایسه با استتار افزودنی از مزایای قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. این استتار جزئی از مراحل طراحی سامانه بوده و برای به‌کارگیری آن، نیازی به اقدامات ثانویه از سوی کارکنان نیست. این پژوهش نوعی تحقیق کاربردی است که هدف اصلی آن ارائه الگوهای طراحی ساختمان‌های پنهان به روش غیرفعال (درون ساخته)، به‌عنوان یک راهبرد دفاعی و به‌منظور ارتقای سطح تاب‌آوری سازه و افزایش احتمال تداوم فعالیت آن، در مقابل تهاجمات نظامی و تروریستی است.

کلیدواژه‌ها: حملات نظامی و تروریستی، پدافند غیرعامل، استتار درون‌ساخته، الگوهای فریب، الگوهای معماری، شکل‌دهی هندسی

۱- دکترای عمران- سازه، دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء(ص)، تهران، ایران، h.salehi@sru.ac.ir - نویسنده مسئول
۲- کارشناس ارشد معماری، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کرمانشاه، گروه معماری، کرمانشاه، ایران

۱- مقدمه

پدافند غیرعامل عبارت است از مجموعه اقدامات غیرمسلحانه‌ای که باعث افزایش قدرت بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقای پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات و اقدامات نظامی می‌گردد [۱].

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 علائم سامانه و به کار بردن مواد ساختاری خاص در سازه سامانه بوده و به‌عنوان "استتار درون ساخته" شناخته شده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

شناخت روش‌ها و فناوری‌های نوین و به‌کار بردن آن در استتار درون‌ساخته سازه‌ها و مجموعه‌های مسکونی در زمان مناسب خود، هزینه اقدامات استتاری را کاهش داده و اثربخشی اقدامات غیرعامل و حفظ و بقای سازه را افزایش می‌دهد. در بسیاری از موارد با استفاده صحیح و به‌موقع از اقدامات درون‌ساخته در پدافند غیرعامل، نیاز به روش‌های دیگر به حداقل رسیده و در غیاب اقدامات درون‌ساخته ضمن افزایش هزینه پدافند غیرعامل، حفظ و بقای ایجادشده نیز رضایت‌بخش نخواهد بود [۲]. این استتار به لحاظ اینکه از مواد و طرح‌های مشابه طرح‌های اولیه ولی با نگرش پدافند غیرعامل استفاده می‌نماید، نسبت به روش‌های افزودنی استتار مانند رنگ یا تور استتار و یا راهکارهای دیگر، 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 نظامی و مجموعه‌های مسکونی، استتار درون ساخته پذیرفتنی و قابل‌قبول‌تر است.

۲- بیان مسئله

تهاجم به شهرها و فضاهای مهم آن (همچون مناطق نظامی) همواره از مهم‌ترین اهداف کشورهای مهاجم بوده و دلیل این امر آن است که ضربه به این مراکز، دارای آثار مخرب گسترده‌ای بر عملکردهای نظامی و دفاعی است که در پیروزی مهاجم دارای اهمیت کلیدی است.. از این‌رو توجه به کاهش آسیب‌پذیری این‌گونه اماکن جایگاه مهمی در افزایش توان دفاعی هر شهر و کشوری دارد. این مهم نیازمند چاره‌جویی و انجام اقدامات پیشگیرانه برای تقلیل آسیب به این مراکز، حفظ جان نیروها و کارکنان نظامی، به‌عنوان سرمایه انسانی مراکز نظامی و نیز به‌منظور ارتقای سطح روحیه و توانایی روانی آن‌ها است [۳].

امروزه به‌واسطه پیشرفت وسیع علم و فناوری، با طراحی موشک‌های دور برد می‌توان از فواصل بسیار زیاد اهداف شناسایی‌شده به‌واسطه عکس‌های ماهواره‌ای را به‌طور دقیق مورد هدف قرار داد و منهدم نمود. حال این سوال در ذهن تداعی می‌شود که جهت مقابله با این موشک‌های دوربرد هوایی و زمینی و دریایی دشمن، و حفاظت از پایگاه‌های ثابت خودی چه اقداماتی می‌توان انجام داد؟

بی‌شک کم‌هزینه‌ترین و مؤثرترین راه، استتار و اختفای این مراکز (از قبیل: سامانه‌های نظامی، شهرک‌های نظامی، شهرک‌های مسکونی و تأسیسات شهری)، غیر قابل تشخیص نمودن و همگون کردن آن با محیط و بافت اطراف است. حال مسئله اصلی این تحقیق بررسی نوع، کیفیت و چگونگی این استتار و پوشش است تا بتوان با کم‌ترین هزینه پایدارترین شکل استتار، اختفا و پوشش را برای طراحی ساختمان‌ها و سایت‌های این‌گونه مراکز نظامی ارائه داد.

سؤال اصلی: پایدارترین و بهترین نوع (یا انواع) استتار که به لحاظ اقتصادی نیز مناسب باشد، برای استتار مراکز نظامی و پدافند هوایی کدام است؟

سؤال فرعی: با توجه به سؤال اول، گونه‌های مختلف اجرایی این نوع استتار با در نظرگیری موقعیت راهبردی هر منطقه، نوع اقلیم و وضعیت پستی و بلندی‌های زمین کدام‌اند؟

۳- اهداف

امروزه با پیشرفت فناوری، به دلایل متعددی اصول اخلاقی رو به انحطاط رفته و کشورهای مختلف به دلایل واهی همدیگر را تهدید کرده و به یکدیگر حمله نظامی می‌کنند [۴].

در این بین آمریکا به‌عنوان نیروی برتر نظامی و ابر قدرت جهان به یکه‌تازی خود پرداخته و در این راه به بسیاری از کشورها صدمات جبران‌ناپذیری وارد نموده و آن‌ها را تحت اشغال خود در آورده است.

جمهوری اسلامی ایران با توجه ماهیت اسلامی خود و قرار داشتن در یکی از نقاط بسیار مهم جهان (خاورمیانه) همواره در معرض انواع تهدیدات از سوی کشورهای گوناگون قرار داشته و دارد؛ بنابراین، لازم است با کامل‌ترین تدابیر دفاعی، خود را در برابر هرگونه تهدید نظامی دشمنان ایمن سازد. در این میان

می‌توان اظهار داشت که به لحاظ دفاع عامل و تجهیزات و جنگ‌افزارهای نظامی، اکثر کشورهای دنیا در وضعیتی یکسان و هم‌سطح قرار دارند و آنچه تعیین‌کننده نتایج جنگ خواهد بود راهبردهای جنگی و پدافند غیرعامل در ارتباط با خنثی‌سازی حملات و غافلگیری دشمن است.

برای افزایش احتمال تداوم فعالیت سازه دو راهکار وجود دارد: اول؛ مقاوم نمودن آن (حوزه دفاعی)، و دوم؛ پنهان نمودن آن و بالا بردن ضریب خطای موشک‌های دشمن (حوزه شناسایی). اما بازدهی طرح‌های فریب به مراتب بالاتر از طرح‌های مقاوم‌سازی است. حال این سؤال مطرح می‌شود که چه راه‌های برای اجرای طرح‌های فریب وجود دارد؟

الف) استفاده از سازه‌های مدفون و نیمه مدفون: که به‌دلیل هزینه‌های سنگین خاک‌برداری همیشه مقرون به صرفه نیست.
ب) استتار الحاقی (تور استتار): که بیشتر در مورد سازه‌های کوچک و جنگ‌افزارها کاربرد دارد و برای سازه‌های بزرگ مناسب نیست.
ج) استتار درون‌ساخته: که بهترین شیوه استتار برای ساختمان‌ها و محوطه‌های نظامی و غیرنظامی است.

با توجه به توضیحات فوق هدف اصلی این پژوهش ارائه الگوهای طراحی ساختمان‌ها و محوطه‌هایی با استتار غیرفعال[۱] (درون‌ساخته) به‌عنوان یک راهبرد دفاعی و با هدف ارتقای سطح تاب‌آوری سازه و افزایش احتمال تداوم فعالیت آن، در مناطق نظامی و مسکونی، برای مقابله غیرعامل با آثار تهاجم نظامی (زمینی و هوایی) دشمن به این‌گونه فضاها است.

استتار درون‌ساخته، نوعی استتار انجام‌شده بر روی هدف است که هنگام طراحی سامانه‌های جدید و همراه با آن طراحی می‌شود که در مقایسه با استتار افزودنی از مزایای قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. این استتار جزئی از مراحل طراحی سامانه بوده و همیشه همراه آن است و برای به‌کارگیری آن، به اقدامی از سوی نیروهای انسانی نیاز نیست. استتار درون ساخته به این موضوع اشاره دارد که اگر طراحان هنگام طراحی سامانه‌ها برای آن‌ها چاره‌ای بیندیشند، هزینه استتار سامانه کمتر و بازدهی آن بالاتر از حالتی خواهد بود که سامانه به‌طور معمول تولید شود و سپس با روش‌های متعارف برای استتار آن اقدام گردد.

۴- توجیه اقتصادی پروژه (مقایسه بازدهی طرح‌های فریب و مقاوم‌سازی در ایمنی سازه‌ها)

هزینه مقاوم‌سازی سازه‌های نیمه مدفون و نیز ساخت و بهره‌برداری از سازه‌های به‌طور کامل مدفون و عمیق (نیمه‌عمیق و عمیق) بسیار بالاست. از آنجایی که این موضوع چالش بزرگی در بهره‌برداری از این نوع سازه‌ها می‌باشد، ما نیازمند بازنگری در طرح‌های ایمن‌سازی خود هستیم. "طرح‌های فریب و اغتشاش" از شاخه‌های اصلی پدافند غیرعامل و برنامه‌هایی برای افزایش خطای مهمات دشمن هستند که در این تحقیق برای بهبود بازدهی سازه‌های نیمه مدفون بکار گرفته می‌شوند. در این تحقیق "احتمال تداوم فعالیت" به‌عنوان معیار اصلی بازدهی معرفی شده و بازدهی طرح "فریب و اغتشاش" و طرح "مقاوم‌سازی" برای یک سازه مدفون در عمق کم محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. اخیراً مطالعات متعددی به بررسی روش‌های مختلف کاهش اثرات نفوذ و انفجار بمب‌های سنگرشکن پرداخته‌اند. از آن جمله می‌توان به مطالعه صالحی و همکاران [۵] اشاره نمود که در آن با لایه‌بندی خاک به‌وسیله لایه‌های بتنی نفوذ این بمب‌ها به درون خاک تا حدود نصف کاهش پیدا کرده است.

در این تحقیق به‌منظور رعایت بدترین شرایط محاسباتی، از تأثیر برنامه‌های پیش‌گیری از شناسایی سازه‌های مدفون صرف‌نظر شده و رویت‌پذیری سازه ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده است. در این صورت دو راهبرد برای ایمن‌سازی سازه‌های مدفون قابل تصور است:

الف- ایجاد طرح‌های فریب و اغتشاش به‌منظور افزایش CEP خطای مهمات؛
ب- مقاوم‌سازی دیوارهای بتنی سازه با هدف افزایش ضخامت دیوار به‌منظور کاهش شعاع نفوذپذیری خط سازه.

برای مقایسه بازدهی روش‌های ایمن‌سازی، از یک سناریوی ساده استفاده می‌شود که در آن یک سازه مدفون در عمق کم و به مساحت $۳۰۰\ m^2$، توسط بمب‌های GBU-28 با ترکیب دو نوع حسگر لیزری و ماهواره‌ای مورد تهاجم قرار می‌گیرد. برای این منظور احتمال تداوم فعالیت سازه پس از اجرای ۱۰ حمله هوایی، برای سطوح مقاوم‌سازی و سطوح فریب مختلف محاسبه شد. بدین منظور پنج سطح از مقاوم‌سازی برای ضخامت دیواره از ۳۰ سانتی‌متر تا ۱/۱ متر منظور شد. همچنین پنج سطح از فریب برای خطای مهمات از ۱۰ متر تا ۹۰ متر با هم مقایسه شد. بدین ترتیب تعداد ۲۵ وضعیت مختلف به‌دست آمد که در جدول (۱) آورده شده است:

[۱] منظور از استتار غیرفعال طراحی ساختمان‌ها و محوطه‌هایی است که فی‌النفسه مستتر بوده و برای استتار آن نیازی به عناصر و تجهیزات الحاقی مانند تور استتار (استتار فعال) نیست.

جدول (۱): مقایسه طرح‌های فریب و مقاوم‌سازی [۶]

احتمال تداوم فعالیت سازه نمونه پس از ۱۰ حمله با مهمات نفوذی		ضخامت دیوار (m)				
		۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۱/۱
خطای مهمات دشمن (m)	۱۰	٪۰	٪۰	٪۰	٪۰	٪۰
	۳۰	٪۲۳	٪۳۲	٪۳۷	٪۴۰	٪۴۲
	۵۰	٪۵۹	٪۶۶	٪۷۰	٪۷۲	٪۷۳
	۷۰	٪۷۶	٪۸۱	٪۸۳	٪۸۴	٪۸۵
	۹۰	٪۸۵	٪۸۸	٪۸۹	٪۹۰	٪۹۱

بر اساس جدول ملاحظه می‌شود که:

- برای مقادیر خطای بیشتر از ۹۰ متر هیچ نیازی به مقاوم‌سازی نیست (این در حالی است که برای ضخامت دیوار ۱/۱ متری در صورتی که خطای مهمات دشمن ۱۰ متر باشد، احتمال تداوم فعالیت سازه صفر درصد خواهد بود و سازه به‌طور کامل نابود می‌شود).

- نرخ تغییرات بازدهی نسبت به خطای مهمات خیلی بیشتر از نرخ تغییرات آن نسبت به مقاوم‌سازی سازه است.

- وقتی که خطای مهمات افزایش می‌یابد، تأثیر مقاوم‌سازی به‌شدت کاهش می‌یابد.

- برای یک مقدار خطای ثابت، تغییرات بازدهی با افزایش ضخامت دیواره حداکثر ۲۸٪ است؛ در حالی‌که برای یک ضخامت ثابت، تغییرات بازدهی حداکثر ۵۵٪ یعنی حدود دو برابر است.

این تحقیق نشان داد که هزینه‌های مقاوم‌سازی سازه‌ها به تنهایی بیهوده است و بازدهی طرح‌های فریب بیشتر از طرح‌های مقاوم‌سازی است. بی‌تردید طرح‌های بهینه ایمن‌سازی شامل ترکیبی هماهنگ از روش‌های مقاوم‌سازی و فریب (از نوع فریب درون ساخته) است.

بر اساس توضیحات فوق، هدف این پژوهش ارائه الگوهایی کاربردی (در حوزه شناسایی)، برای طراحی ساختمان‌ها و سازه‌های نیمه مدفون با رویکرد استتار، اختفا و فریب درون‌ساخته و خود متشابه، بر اساس اصول طراحی فولدینگ و پساساختارگرایی (افقی‌گرایی، لایه‌لایه کردن، هندسه فراکتال، خودمتشابهی و هماهنگ‌سازی بنا با طبیعت) است. در این طراحی هزینه صرف‌شده اجرایی ساختمان تقریباً برابر با اجرای یک ساختمان معمولی چندطبقه و شاید کمتر از آن باشد. ساختمان طراحی‌شده با این رویکرد یک ساختمان افقی و گسترده‌شده در سطح زمین خواهد بود که بخش‌هایی از آن در دل زمین قرار داشته و قسمت‌هایی از آن نیز جهت هم‌شکل شدن با بافت و زمینه اطراف در سطح زمین قرار دارد و از روش‌های مختلف طراحی درون‌ساخته برای استتار آن استفاده می‌شود.

از مزایای اقتصادی دیگر این روش کاهش مصرف انرژی در ساختمان است. بر اساس یک تئوری آزمایش‌شده، دمای هوا در عمق ۶/۱ متری زیر زمین مقداری ثابت است و برابر با میانگین دمای هوا در طول سال و در فضای آزاد است [۷]؛ یعنی یک دمای بسیار مناسب و ایده‌آل برای زندگی که در آن نیازی به تجهیزات گرمایشی و سرمایشی نیست. به‌عبارتی دیگر با قرارگیری ساختمان به‌صورت مدفون و نیمه مدفون، تبادلات حرارتی آن از جداره‌ها، کف و سقف با فضای بیرون به حداقل مقدار خود رسیده و نیاز به انرژی‌های گرمایشی و سرمایشی را به حداقل مقدار ممکن می‌رساند که این مسئله در طولانی‌مدت (مثلاً یک بازه زمانی ۱۰ ساله) صرفه اقتصادی چشمگیری به لحاظ هزینه‌های سرمایشی و گرمایشی برای مجموعه ساختمانی به دنبال خواهد داشت.

۵- مبانی علمی یا فنی و روش اجرای طرح

این تحقیق نوعی پژوهش توصیفی تحلیلی است که اطلاعات آن به‌صورت نظری ـ میدانی گردآوری شده است. در این راستا با بررسی منابع کتابخانه‌ای و آیین‌نامه‌های مصوب و نیز پروژه‌های اجرایی موفق در غرب، به تحلیل و استخراج معیارهای مؤثر در طراحی ساختمان‌ها و مجموعه‌های مستتر، با رویکرد پدافند غیرعامل و با سطح تاب‌آوری بالا پرداخته شده است. در ادامه معیارهای کیفی به‌دست‌آمده در قالب الگوهای کالبدی ـ فضایی، برای طراحی مراکز مورد نظر ارائه گردید که شامل الگوهای طراحی ساختمان‌ها برای بافت‌های محیطی متنوع است. در طراحی و ارائه این الگوها از نمونک‌های حجمی و نرم‌افزارهای معماری همچون اسکچاپ و اتوکد استفاده شد.

۶- روش انجام کار

در طراحی ساختمان‌های خود مستتر لازم است یک فرآیند دو مرحله‌ای طی شود:

الف- طراحی ساختمان بر اساس نظریه آشفتگی (هندسه فراکتال)، تئوری‌های مکتب فولدینگ (افقی‌گرایی) و مفاهیم معماری پارامتریک ب- هماهنگ‌سازی بنا با طبیعت: ترکیب محصول نهایی با زمینه و بافت هم‌جوار.

مرحله اول: در طراحی این ساختمان‌ها از فلسفه پسا ساختارگرایی میشل فوکو ژیل دلوز استفاده می‌شود. پسا ساختارگراها رابطه دال و مدلول را یک رابطه یک‌سویه نمی‌دانند. از نظر آن‌ها این رابطه شناور و متغیر است و از هر مدلول (مثلاً

یک ساختمان) دال‌های متفاوت و گاهی متضاد استنباط می‌شود. این بدین معناست که می‌توان یک نگاه چندوجهی به معماری ساختمان داشت؛ به عبارتی یک بنا می‌تواند مفاهیم متعددی را در ذهن مخاطب تداعی کند. به بیان دیگر می‌توان اذعان نمود که یک ساختمان می‌تواند غیر از آن چیزی باشد که ما فکر می‌کنیم؛ هم به لحاظ شکل فیزیکی و کالبدی و هم به لحاظ ماهیت و عملکرد.

این فلسفه موجب پدید آمدن مکاتبی همچون دیکانستراکشن، فولدینگ و جهش کیهانی در دنیای معماری شد. از مجموعه مفاهیم ویژگی‌های این سه سبک معماری، در این تحقیق به بررسی و به‌کارگیری دو مفهوم یعنی هندسه فراکتال و فولدینگ پرداخته می‌شود، که در طراحی مرحله اول ساختمان خود مستتر لازم‌اند.

– **فولدینگ:** فولد معانی متفاوتی دارد از جمله: چین و لایه؛ لایه‌های هزارتو؛ هر لایه در کنار لایه دیگر؛ شکل‌های لایه‌لایه. فولدینگ، طبقه‌بندی، عمودگرایی و سلسله مراتب را مردود می‌داند و به‌جای آن افقی گرایی را مطرح می‌کند.

فلسفه فولدینگ از ماهیت گیاه ریزوم گرفته شده است. ریزوم گیاهی است که ساقه آن به‌صورت افقی در زیر خاک رشد می‌کند. برگ‌های آن خارج از خاک است. با قطع بخشی از ساقه آن، این گیاه از بین نمی‌رود، بلکه همان‌جا در زیر خاک گسترش می‌یابد و جوانه‌های تازه ایجاد می‌کند. بنابراین، فولدینگ به معنای اشکال لایه‌لایه افقی است.

– **فراکتال:** واژه فراکتال از واژه لاتین "فراکتوس" مشتق شده و به معنی سنگی که به شکل نامنظم شکسته و خورد شده است می‌باشد. فراکتال‌ها شکل‌هایی هستند که بر خلاف شکل‌های هندسه اقلیدسی به هیچ وجه منظم نیستند. این شکل‌ها: اولاً سرتاسر نامنظم‌اند؛ ثانیاً بی‌نظمی آن‌ها در همه مقیاس‌ها یکسان نیست.

جسم فراکتال از دور و نزدیک به شکل یکسان دیده می‌شود و یا به‌عبارتی خودمتشابه است. در طبیعت فراکتال‌های متنوعی وجود دارند مثل درختان، کوه‌ها، ابرها، سواحل دریا، کویر، گل کلم و ... بخش کوچکی از یک درخت که شاخه بر آن باشد شباهت زیادی به کل درخت دارد؛ بخش کوچکی از یک کویر شبیه کل کویر است.

جمع‌بندی مرحله اول: در این مرحله، هدف طراحی ساختمان‌هایی بر اساس هندسه فراکتال، به شکل افقی و به سبک معماری فولدینگ است. در طراحی این اشکال سعی می‌شود فرم انتخاب‌شده به عارضه‌های طبیعی بسیار نزدیک باشد (بر اساس تئوری خودمتشابهی). نمونه مثال‌هایی از این‌گونه فرم‌ها در زیر آورده شده است. (شکل ۱):

شکل (۱): گونه ساختمانی مشابه با عوارض طبیعی زمین [۸]

مرحله دوم: در این مرحله مفاهیم طراحی به‌دست‌آمده در مرحله اول، به شیوه‌ای خاص با بافت هم‌جوار و محیط طبیعی ترکیب شده و به‌عبارتی استتار آن کامل‌تر می‌شود. هماهنگ‌سازی بنا با طبیعت، در محیط‌های مختلف و بر حسب نیاز (و همچنین میزان هزینه)، می‌تواند شدت بیشتر یا کمتری داشته باشد؛ به‌عبارتی می‌تواند از یک استتار ترکیبی ساده شروع شده و تا اختفای کامل ادامه یابد. نمونه‌هایی از این موارد در شکل (۲) آورده شده است:

شکل (۲): هماهنگ‌سازی بنا با طبیعت در راستای استتار آن و ترکیب ساختمان با بافت مجاور [۹]

از مهم‌ترین رویکردهای این روش، طراحی ساختمان‌ها و اهداف ثابت، با هدف کاهش رویت‌پذیری آن‌ها است. کاهش ارتفاع (طراحی به‌صورت افقی) زمینه را برای طراحی اهداف نیمه‌مدفون فراهم می‌آورد و تغییر شکل ساختمان (استفاده از معماری فولدینگ و اشکالی با هندسه فراکتال) باعث می‌شود که ساختمان به‌عنوان یکی از اجزای پس‌زمینه دیده شود و یا به شکل چند هدف کم اهمیت جلوه کند. از دیگر رویکردهای این روش لحاظ نمودن الزامات خاص معماری در طراحی ساختمان و اهداف ثابت است، به نحوی که ضمن مکان‌یابی مناسب جهت احداث اهداف، در شکل و الزامات معماری آن نیز طوری عمل شود که ضمن ایجاد کم‌ترین دست‌کاری در عوارض ظاهری محیط، از قابلیت‌های موجود در زمین مثل پستی و بلندی، یا حفره‌های طبیعی آن به‌نحو بهینه استفاده گردیده و در کنار آن از فناوری‌های نوین نیز جهت سهولت در طراحی استفاده شود. رویکرد دیگر این روش حذف عناصر الحاقی به ساختمان و جلوگیری از ریزش آن‌ها و کاهش آسیب کارکنان در هنگام انفجار است. از همه مهم‌تر، استفاده از فرم‌های منحنی، اشکال خمیده و گرد کردن گوشه‌ها علاوه بر کاهش بازتاب امواج راداری، در رد نمودن موج انفجار و مستهلک نمودن آن نیز نقش اساسی دارد.

۷- قیود طراحی و امنیتی سازه‌های پنهان

طراحی ساختمان‌های مستتر به روش استتار درون‌ساخته فرایند پیچیده‌ای است که نیاز به خلاقیت و تخصص گروه طراحی دارد. در این میان مکان‌یابی مناسب سایت، بازیابی مناسب بافت، انتخاب الگوی مناسب، شکل‌دهی به حجم بنا، طیف رنگی مناسب و ...، از مهم‌ترین شاخص‌هایی هستند که تیم طراحی جهت پیشگیری از کشف و شناسایی سازه توسط دوربین‌های ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای پیشرفته دشمن بایستی به آن‌ها توجه نمایند. در ادامه به ارائه پارامترهایی در راستای طراحی و ایمن‌سازی این‌گونه ساختمان‌ها پرداخته شده است که رعایت آن‌ها الزامی بوده و عدم رعایت آن‌ها ضریب احتمال کشف سازه به‌وسیله دشمن را افزایش و ضریب احتمال تداوم حیات سازه را به‌شدت کاهش می‌دهد. الگوی مناسب برای استتار ابنیه نظامی به‌منظور رعایت صحیح الگوهای فریب و جلوگیری از کشف سازه طراحی‌شده توسط تصاویر ماهواره‌ای یا دیگر امکانات دشمن، باید شرایط زیر را داشته باشد:

۷-۱- قیود مکان‌یابی: انتخاب محل یا موضع‌یابی، انتخاب بهترین و مطلوب‌ترین نقطه و محل استقرار است؛ به‌طوری که پنهان و مخفی نمودن نیروی انسانی، وسایل و تجهیزات و فعالیت‌ها را به بهترین وجه امکان‌پذیر سازد. بنابراین، اگر انتخاب محل به‌خوبی انجام شود، به‌کارگیری و استفاده از وسایل و ابزار مصنوعی جهت استتار و اختفا ضرورتی پیدا نمی‌کند و یا این ضرورت به حداقل ممکن تقلیل خواهد یافت. مکان‌یابی صحیح، آسیب‌پذیری را تا حد قابل توجهی تقلیل می‌دهد، وضعیت پدافندی مناسبی ایجاد می‌کند، دشمن را در حمله با مشکل و محدودیت مواجه و ابتکار عمل را از وی سلب می‌کند، نیاز به تسلیحات پدافندی را تقلیل می‌دهد و در نهایت صرفه‌جویی قابل توجهی را در حفظ سرمایه‌های انسانی و تجهیزاتی به دنبال خواهد داشت. اثرات تخریبی حملات و بمباران‌های هوایی عراق به مراکز حساس و حیاتی ایران (در جنگ ایران و عراق) مانند پالایشگاه آبادان، پالایشگاه اصفهان، نیروگاه آبی سد دز، مرکز مخابرات ماهواره‌ای شهید قندی و ... نتایج متفاوتی داشته است که یکی از عوامل عمده آن وضعیت و موقعیت مکانی مناسب و یا غیر مناسب این مراکز بوده است.

۷-۲- قیود رنگی: رنگ‌های اصلی به‌کار گرفته‌شده باید با پس‌زمینه به طور کامل هماهنگ باشد به‌گونه‌ای که توسط چشم یا وسایل اپتیکی دشمن قابل شناسایی نباشد؛ به عبارت دیگر بین رنگ‌های استخراج‌شده و رنگ‌های پس‌زمینه نباید تفاوت شدید رنگی و روشنایی وجود داشته باشد، البته در صورتی که شدت رنگ‌های اصلی استخراج‌شده از رنگ‌های پس‌زمینه اندکی کمتر باشد، نتیجه کار بهتر نیز خواهد بود. بنابراین، رنگ‌های مورداستفاده در ساختمان و بالاخص سقف بنا باید به‌طور کامل متناسب و هماهنگ با سایت اطراف باشد، برای مثال سازه پنهان ساخته‌شده در مناطق جنگلی بیشتر متمایل به رنگ سبز و پوشش گیاهی آن منطقه، سازه ساخته‌شده در مناطق کوهستانی بیشتر به رنگ سنگ‌ها و صخره‌های منطقه و سازه پنهان ساخته‌شده در مناطق کویری بیشتر به رنگ خاک کویر و ... است.

۷-۳- قیود بافتی: بافت طراحی‌شده برای ابنیه باید به‌طور کامل شبیه به بافت منطقه و پس‌زمینه باشد، به‌ویژه اینکه مرز بنا به هیچ وجه نباید مشخص باشد. وجود مرز باعث شناسایی بنا توسط الگوریتم‌های استخراج مرز به‌کار گرفته‌شده توسط دشمن می‌شود. همچنین، الگوی طراحی‌شده باید به‌طور کامل طبیعی به‌نظر برسد و باعث قطع و ایجاد گسستگی در بافت الگوی طبیعی منطقه نشود؛ به‌عنوان مثال اگر منطقه دارای طرح نواری است، الگوی طراحی‌شده نباید باعث قطع نوارها شود [۱۰].

۷-۴- قیود شکلی: ساختمان تولیدشده به لحاظ شکل و فرم باید مشابه با بافت منطقه و پس‌زمینه خود باشد. هرگونه اختلاف در شکل طبیعی منطقه به سرعت توسط تصاویر ماهواره‌ای دشمن شناسایی می‌شود. بنابراین، ساختمان‌های طراحی‌شده در مناطق کوهستانی باید به‌صورت خشن و با زوایا و گوشه‌های تیز و

به شکل صخره و سنگ‌های اطراف؛ ساختمان‌های طراحی‌شده در مناطق کویری و تپه مانند، باید به شکل هماهنگ با پستی و بلندی‌های نواری کویر و با استفاده از خطوط منحنی و نرم و ساختمان‌های طراحی‌شده در مناطق جنگلی و سرسبز به لحاظ شکلی باید نزدیک به بافت گیاهی منطقه باشد.

۷-۵- قیود سازه‌ای: پیش‌تر اشاره شد که بازدهی الگوهای فریب به مراتب بیشتر از مقاوم‌سازی است. اما این دلیل بر آن نیست که نقش سازه را در ایمن‌سازی و ارتقای تاب‌آوری مجموعه در نظر نگیریم. بدیهی است با مقاوم‌سازی سازه در کنار استفاده از الگوهای فریب، احتمال تداوم حیات سازه و عملکرد آن بسیار بالا خواهد رفت. هرچه قطر دیوارهای سازه پنهان ضخیم‌تر باشد و بافت آن متراکم‌تر و فشرده‌تر باشد، استحکام آن نیز بالاتر خواهد رفت. استفاده از سازه‌های بتن آرمه با تراکم بالا و ضخامت بالای نیم متر می‌تواند کمک شایانی در این زمینه باشد. البته با افزایش قطر دیوارهای بتن آرمه، شرایط مقاومتی سازه بهتر خواهد شد [۱۱].

۷-۶- قیود زیرساختی: یکی از علائم کشف و تشخیص سازه‌های پنهان مدفون و نیمه‌مدفون، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و دوربین‌های مادون قرمز امواج الکترومغناطیس و حرارتی است. از روش‌های درون‌ساخته و طرح‌های ویژه برای مدیریت علائم پساب گرم خارج‌شده از سازه‌های پنهان این است که آب گرم حاصل از خنک‌کننده‌های واحد هسته‌ای به‌طور غیرمتمرکز 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. 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.

از دیگر راهکارها، استفاده از مصالحی است که ضریب گذردهی الکترومغناطیس آن‌ها بسیار ناچیز و تقریباً برابر با صفر است. به این مصالح، غیرشفاف الکترومغناطیس نیز گفته می‌شود. در این‌گونه مصالح، اجسامی که پشت دیواره قرار می‌گیرند به‌واسطه افزایش دمای جسم (اعم از بدن انسان یا وسایل گرمایشی)، توسط حسگرهای حرارتی مادون قرمز در طرف دیگر دیواره قابل تشخیص نمی‌باشند.

- هرچه قطر دیوار ضخیم‌تر باشد، قدرت نفوذ امواج الکترومغناطیس کاهش می‌یابد.
- هر چه بتن متراکم‌تر باشد، و میزان تخلخل آن کاهش یابد (دانه‌بندی آن مناسب باشد)، قدرت نفوذ امواج الکترومغناطیسی کاهش می‌یابد.
- فلزاتی مانند سرب دارای ضریب گذردهی الکترومغناطیسی تقریباً صفر می‌باشند؛ به عبارتی این فلزات امواج الکترومغناطیسی را از خود عبور نمی‌دهند [۱۲]. این فلز هم اکنون در طراحی دیوارهای سازمان جاسوسی آمریکا به کار رفته است تا از نفوذ حملات سامانه‌های پارازیتی به این مرکز جلوگیری کند. همچنین مواد دیا مغناطیس مثل بیسموت، دافع میدان مغناطیسی بوده و باعث تضعیف آن می‌شود [۱۳]. هرچه طول موج بلندتر باشد بازتاب فلزها بیشتر و هرچه طول موج کمتر باشد زاویه شکست موج در نور نیز کمتر خواهد بود.

بنابراین، چنان‌چه میزان تراکم و ضخامت دیوار مناسب باشد و یک لایه نازک فلزی با ضریب گذردهی مغناطیسی پایین (در حدود یک سانتی‌متر) در جداره میانی دیوار مورد استفاده قرار گیرد، با توجه به اینکه مصالح مذکور عایق امواج الکترومغناطیسی می‌باشند، امواج حرارتی درون سازه پنهان و نیمه‌مدفون، توسط حسگرهای حرارتی مادون قرمز دشمن قابل شناسایی نبوده و مکان آن آشکار نمی‌گردد.

۷-۷- قیود مبتنی بر اندازه‌گیری میدان ثقل زمین و چگالی آن: از روش‌های بسیار پیشرفته و جدید در زمینه شناسایی سازه‌های زیرزمینی و مدفون، شناسایی و تعیین موقعیت اهداف بر پایه‌ی داده‌های گرادیان گرانی و به روش واهم آمیخت اویلر است. این عمل به دو صورت مستقیم و معکوس قابل اجرا است. در روش مستقیم با فرض معلوم بودن ابعاد و موقعیت سازه مدفون، به مدل‌سازی سیگنال گرادیان جاذبی پرداخته می‌شود. سپس با بررسی دامنه این سیگنال و سطح نویز دستگاه گرادیان‌سنج گرانی، امکان کشف سازه زیرزمینی مورد بحث قرار می‌گیرد. در روش معکوس، با معلوم بودن سیگنال گرادیان جذبی، با استفاده از روش واهمامیخت اویلر موقعیت سازه پنهان برآورد می‌شود. در هر دو روش، امکان کشف سازه به ۳ عامل بستگی دارد:

- عمق سازه
- اختلاف چگالی سازه با محیط اطراف
- ارتفاع پرواز

در راستای پیش‌گیری از شناسایی این‌گونه سازه‌ها توسط دشمن، باید تا حد امکان عمق سازه را افزایش داد. این مسئله با توجه به هزینه‌های بالای گودبرداری و زمان‌بر بودن به هیچ وجه مقرون به‌صرفه نمی‌باشد. راهکار دوم کاهش قدرت سیگنال‌های جاذبی به‌واسطه کاهش اختلاف چگالی سازه مورد نظر با محیط اطراف است. در این حالت اختلاف چگالی تقریباً خنثی بوده و امکان شناسایی سازه توسط شناساگرها کمتر می‌شود. راهکار سوم مکان‌یابی مناسب سایت و استفاده از عارضه‌های طبیعی منطقه

برای محدودیت پرواز در ارتفاع کم، برای پهبادهای شناسایی دشمن است [۱۴].

۷-۸- قیود امنیتی در مقابل امواج رادیویی:
راهکار این مسئله، 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 هواپیماهای F117 اشاره نمود. این رویکرد امروزه در تجهیزات زمینی و شناور دریایی نیز توسعه پیدا نموده است. در این نوع طراحی‌ها، کاهش برگشت امواج راداری به سوی فرستنده و نیز سایر علائم الکترومغناطیسی و مکانیکی مانند صوت و زلزله مدیریت می‌گردند. شکل هندسی تجهیزات، سایت‌ها، سنگرها و اماکن حساس در میزان برگشت امواج راداری بسیار مؤثر است. سطوحی که هادی الکتریکی هستند مثل فلزات، بیشترین انعکاس را داشته و سطوح عایق از انعکاس راداری کمتری برخوردار هستند. انعکاس آیینه‌ای بیشترین بازتاب امواج راداری به سوی گیرنده را داشته و میزان پراکندگی امواج در آن بسیار پایین است [۱۵].

آن دسته از اشکالی که بیشترین تأثیر را در سطح مقطع راداری (Radar Cross Section – RCS) دارند سطوح دو سه وجهی عمود بر هم هستند. بنابراین، تجهیزات و اماکنی که دارای چنین سطوحی هستند بیشترین انعکاس راداری را خواهند داشت [۱۶]. در ضمن از سطوح فلزی با اشکال هندسی یادشده می‌توان به‌عنوان عوامل فریب استفاده نمود. طراحی مناسب یک سایت یا سنگر یا ساختمان با سطح مقطع راداری پایین، مستلزم فهمیدن و درک پخش امواج راداری در شکل‌های مختلف می‌باشد. در زیر میزان نقش اشکال هندسی مختلف در ایجاد سطح مقطع راداری، به ترتیب اهمیت آورده شده است [۱۷]:

۱- منعکس‌کننده گوشه‌ای سه وجهی عمود بر هم که بالاترین نقش را در ایجاد سطح مقطع راداری دارد.

۲- منعکس‌کننده گوشه‌ای دو وجهی عمود بر هم که نسبت به شکل سه وجهی عمود بر هم نقش کمتری در ایجاد سطح مقطع راداری دارد.

۳- سومین رتبه در ایجاد سطح مقطع راداری را منعکس‌کننده تخت دارد که مقدار سطح مقطع راداری آن با تغییر زاویه به‌طور ناگهانی کاهش میابد.

۴- منعکس‌کننده استوانه‌ای بعد از منعکس‌کننده 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.

۵- بعد از سطوح استوانه‌ای، سطوح کروی بیشترین مقدار سطح مقطع راداری را دارند و مقدار آن برابر مساحت سطح مقطع کره است.

۶- لبه‌های تیز بعد از سطوح کروی، در ایجاد سطح مقطع راداری در درجه بعدی اهمیت قرار دارند.

۷- 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.

۸- بازتاب آیینه‌ای از نوک مخروط کمتر از لبه‌های خمیده بوده و تابعی از عکس مربع فرکانس می‌باشد [۱۸].

۷-۹- قیود امنیتی در مقابل تابش‌های هسته‌ای اولیه و ثانویه (ذرات رادیو اکتیو): تابش هسته‌ای اولیه، به‌صورت یک توپ نامرئی و با سرعت نور گسترش می‌یابد. این تابش به‌صورت اشعه یونیزاسیون و دقیقاً همانند یک سنگ آسمانی بزرگ و یک ابر بار سنگین است. در این‌جا دو تهدید برای افرادی که در داخل سازه پنهان هستند، وجود دارد: ۱) اشعه گاما و ۲) تابش نوترونی. تابش هسته‌ای به‌طور کامل مشابه سرعت نور گسترش می‌یابد، که این شدت تابش برای رسیدن مستقیم یا غیرمستقیم به سازه است. شدت تابش انرژی هسته‌ای اولیه دوز بسیار بالایی دارد، به‌طوری‌که یک رادیوم آن می‌تواند برابر ۱۰۰ گرم بوده و به‌راحتی انسان را از پای در می‌آورد.

در برخی موارد سازه به‌صورت زیرزمینی ساخته شده و یک پوشش ثانویه به‌عنوان پوشش دوم بر روی سطح اصلی زمین ساخته می‌شود (استفاده از دیوارهای دوپوش). این عمل دقیقاً برای جلوگیری از تابش بمب‌های اتمی و هسته‌ای به درون پناهگاه و سازه زیرزمینی پنهان انجام می‌گیرد. بمب نوترونی یک سلاح هسته‌ای کوچک است که انرژی آن عمدتاً توسط تابش نوترون و اشعه‌ی گاما تولید می‌شود و به خاطر وجود چنین بمب‌های هسته‌ای است که پناهگاه‌ها را به‌صورت زیرزمینی مدفون و نیمه‌مدفون می‌سازند.

انفجار ذرات رادیواکتیو زمانی رخ می‌دهد که بمب‌های هسته‌ای با زمین برخورد داشته باشند. در این هنگام ذرات رادیواکتیو با خاک برخورد داشته و باعث انفجار می‌شود. به همین خاطر است که وقتی بمب هسته‌ای با زمین تماس پیدا می‌کند، ذرات رادیواکتیو آن می‌تواند تا شعاع ۲ کیلومتر را مورد پوشش و انفجار قرار دهد. در این حالت ذرات درشت و قابل رؤیت به اطراف پرتاب می‌شوند. اگر دیوارهای عایق پناهگاه به شکل مناسب ساخته شده باشند، این ذرات نمی‌توانند به داخل پناهگاه نفوذ کنند. اما ممکن است از طریق فیلترهای تهویه و دستگاه‌های ورود و خروج هوا، این ذرات وارد پناهگاه شده و به

پناهندگان آسیب برساند که به‌دلیل وجود فیلترهای گازی و هوای تازه‌ای که در آن‌ها وجود دارد، این عمل محقق نمی‌گردد. حتی اگر ذرات رادیواکتیو بسیار هم ریز باشد باز هم به خاطر وجود این فیلترهای گازی که در اطراف پناهگاه وجود دارد، نمی‌تواند وارد پناهگاه شود.

۷-۱۰- قیود امنیتی در مقابل تابش‌های گرمایی: در یک انفجار هسته‌ای حدود یک سوم انرژی یک بمب هسته‌ای به‌صورت تابش گرمایی منتشر می‌شود. این تابش گرمایی برای افرادی که در داخل سازه نیستند می‌تواند باعث سوختگی شدیدی شود. بنابراین، دیوارها و بالاخص سقف سازه پنهان طراحی‌شده باید با استفاده از مصالحی که عایق حرارتی هستند ساخته شود تا از نفوذ حرارت و گرمای شدید به درون سازه جلوگیری کند.

۷-۱۱- قیود امنیتی در مقابل انفجار و موج انفجار:

- استفاده از موج‌گیرها و خم؛ در راستای کاهش قدرت تخریب موج انفجار
- پوشش‌های تضعیف‌کننده، به‌منظور مستهلک کردن انرژی امواج
- استفاده از میراگرها در راستای حفظ تعادل سازه و جلوگیری از تخریب آن
- استفاده از دال‌های انفجاری: این دال‌ها بالاتر از سطح سازه و در فاصله مناسبی از آن در چند لایه اجرا می‌شوند و به‌عنوان مانع در مقابل نفوذ موشک عمل می‌کنند
- استفاده از مصالح پلی استایرن، در راستای کاهش تنش‌های حاصله از امواج کوبشی
- استفاده از مواد کامپوزیتی منفجر شونده (زره‌های واکنشی): به‌منظور تغییر مسیر موشک‌ها پس از برخورد به سطح زمین و پیشگیری از برخورد مستقیم آن با سازه
- استفاده از بخار پلاسما: این بخار به‌صورت یک لایه نازک پراکنده در هوا، موجب کاهش قدرت عبور امواج راداری شده و آن‌ها را بسیار تضعیف می‌کند. امروزه با توجه به کنترل موشک‌ها تا هدف به‌وسیله امواج راداری، می‌توان با استفاده از ژنراتورهای مخصوص، مواد یونیزه شده ایجاد نمود و به‌وسیله لوله‌هایی آن‌ها را در سطح زمین برای گمراه کردن موشک‌های نفوذکننده استفاده نمود.
- استفاده از حفره‌هایی به‌عنوان تله انفجاری: استفاده از فضای خالی کاذب برای انفجار موشک‌های نفوذکننده به زمین، پیش از رسیدن به سازه اصلی [۱۹].

۷-۱۲- استفاده از پتانسیل‌های زمین و سایت: هر سایتی دارای پتانسیل‌های بالقوه‌ای است که کشف و بالفعل نمودن آن‌ها کمک شایانی به ارتقای امنیت ساختمان‌ها و تجهیزات مورد استفاده در آن زمین می‌کند. قابلیت‌هایی از قبیل هماهنگی با عوارض زمین، پوشش‌های گیاهی، درخت و فضای سبز، عارضه‌ها، موانع طبیعی، شیارهای زمین و ... پتانسیل‌های ایده‌آل و مطلوبی را جهت طراحی و ساماندهی لایه‌های دفاعی درون سایت ایجاد می‌نماید [۲۰].

۷-۱۳- قیود محاسباتی: طرح ارائه‌شده در تمام مراحل باید ساده بوده و در کمترین زمان ممکن الگوی مورد نظر را ارائه کند. این امر در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دارای اهمیت بالایی است. بنابراین، ایجاد خلاقیت و آشنایی با قیود لازمه در این مبحث بسیار ضروری می‌باشد. با رعایت قیود فوق‌الذکر، انتظار می‌رود که الگوهای طراحی‌شده دارای توانایی بالایی در استتار ابنیه نظامی و مسکونی باشد.

۸- بازیابی بافت

در این پژوهش، بازآفرینی بافت به‌طور کامل به‌صورت دستی و بدون کمک هرگونه نرم‌افزاری صورت گرفته است. برای این منظور مراحل زیر بایستی طی شود:

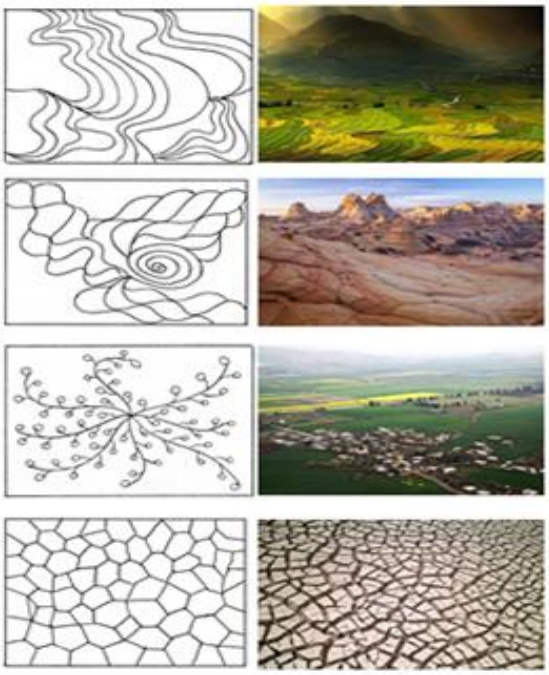
۸-۱- تصویر ماهواره‌ای: ابتدا تصویری هوایی از منطقه مورد نظر تهیه شده و پیش‌پردازش‌های مورد نیاز با توجه به سنجنده برداشت‌کننده تصویر انجام می‌شود. تصویر مربوطه می‌تواند برگرفته از هر سنجنده‌ای (مثل نرم‌افزار گوگل ارث) و با هر قدرت تفکیکی باشد.

۸-۲- انتخاب ساختمان: در این مرحله محدوده ساختمان یا محوطه‌ای که قرار است طرح استتار برای آن طراحی شود بر روی تصویر مشخص می‌گردد. ابعاد بنای انتخابی می‌تواند هر مقدار بزرگ و یا کوچک باشد. همچنین محل قرارگیری آن در تصویر نیز می‌تواند در هر جایی باشد ولی به‌منظور اطمینان بیشتر بهتر است در گوشه‌های تصویر نباشد تا بتوان در اطراف آن ناحیه جست‌وجوی مناسب انتخاب کرد.

۸-۳- شناسایی بافت: در این مرحله باید بافت منطقه به لحاظ هندسی مورد بررسی قرار گیرد و مشخص شود هندسه سایت از چه نوعی است: خوشه‌ای، منظم، شطرنجی، راست‌گوشه، منحنی، مارپیچ و ... . پس از شناسایی نوع هندسه بافت، خطوط اصلی تشکیل‌دهنده بافت مشخص و برجسته می‌شوند.

۸-۴- تولید بافت: پس از استخراج خطوط اصلی، بافت نهایی مطابق با الگوی خطوط و با رعایت برجستگی‌ها و زوایای مربوطه به‌صورت پیش‌فرض طراحی می‌شود. ذکر این نکته لازم است که مرزهای بافت تولیدشده باید به‌طور کامل با بافت اطراف هماهنگ بوده و نظم هندسی منطقه به هم نخورد.

۸-۵- تعیین تعداد بهینه رنگ‌های اصلی: خروجی مرحله قبل تصویری است که در آن برای محدوده بنا یک تصویر فرضی تولید شده است. حال باید دید که چگونه می‌توان تصویر به‌دست‌آمده را بر روی بنا اعمال نمود. برای این کار نیاز به استخراج تعداد محدودی رنگ است که با رنگ و بافت مصالح بومی منطقه هماهنگ و سازگار باشد. بنابراین، نیاز است که تعدادی رنگ غالب (چهار یا پنج رنگ) از محدوده تصویر مشخص و به‌کار گرفته شود. در شکل (۳) بازتولید و بازآفرینی نمونه‌هایی از بافت در نقاط مختلف کشور به روش استخراج خطوط بافت آورده شده است.



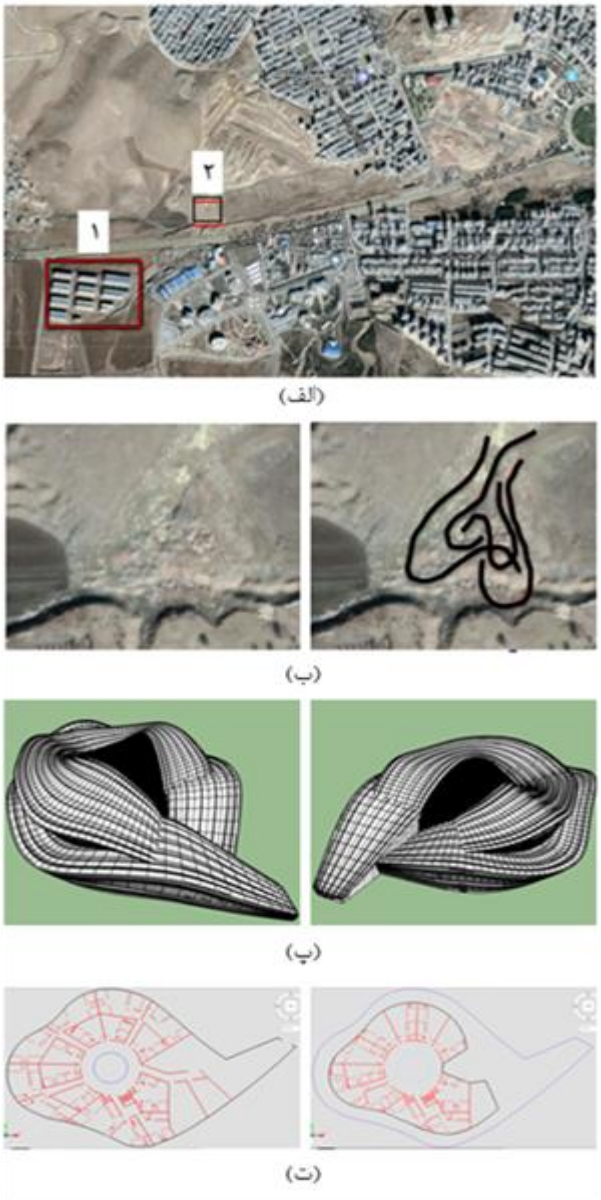
شکل (۳): نمونه‌هایی از بازآفرینی بافت به‌صورت استخراج خطوط هندسی در اقلیم‌های مختلف ایران

۹- طراحی نمونه اجرایی

شکل (۴- الف)، تصویر هوایی منطقه‌ای از شهر کرمانشاه است که زمین‌های آن متعلق به یکی از سازمان‌های دولتی است. در محدوده مشخص‌شده شماره ۱ که مساحت آن حدود ۱۶۰ هزار مترمربع است، ۱۰ بلوک ساختمانی طراحی شده است که در مجموع ۳۸۰ واحد مسکونی را شامل می‌شود.

در همین تصویر و در محل مشخص‌شده شماره ۲، زمینی به مساحت ۴ هزار متر مربع در نظر گرفته شده و تصمیم داریم به روش استتار غیرفعال مورد نظر در این پژوهش، یک مجتمع مسکونی با تمام امکانات، ضوابط و استانداردهای لازمه بر اساس مقررات ملی ساختمان طراحی نماییم.

بر اساس توضیحات مطرح‌شده در قسمت‌های قبل، مطابق با شکل (۴- ب) ابتدا هندسه سایت مورد بررسی قرار گرفت و خطوط اصلی آن استخراج شد. سپس مطابق با شکل (۴- پ) با برجسته نمودن خطوط و فرم‌دهی به آن، کانسپت نهایی حجم بنا منطبق بر الگوهای هندسی بافت تولید شد. کانسپت تولیدشده بایستی از ۱۳ معیار مطرح‌شده در قسمت هفت این مقاله تبعیت کند.



شکل (۴): نمونه موردی طراحی‌شده

در نهایت با رعایت برنامه فیزیکی مدون و ضوابط طراحی مصوب، پلان‌های مجتمع مسکونی مورد نظر با در نظرگیری تمام

امکانات و استانداردهای لازمه طراحی شد (شکل ۴- ت). در این زمین، با در نظرگیری طبقه همکف، نیم‌طبقه اول، و یک طبقه زیرزمین، ۴۰ واحد مسکونی به همراه پارکینگ، فروشگاه، سالن ورزشی، فضاهای بازی کودکان و ... طراحی شد.

چنانچه بخواهیم با این روش در سایت شماره ۱ (زمین ۱۶۰ هزار مترمربعی)، اقدام به ساخت منازل مسکونی نماییم، می‌توان به‌جای ۳۸۰ واحد مسکونی، دست کم ۱۰۰۰ واحد مجهز و با ضریب ایمنی بسیار بالا طراحی نمود.

در نهایت و مطابق با آنچه که بحث شد، برای افزایش مقاومت سازه و ارتقای ضریب ایمنی آن، راهکارهای متنوعی برای مقابله با انواع انفجار و امواج ناشی از آن وجود دارد که به‌طور کامل در جدول (۲) به‌صورت‌دسته‌بندی شده ارائه شده است.

جدول (۲): حوزه‌ها، ضوابط، معیارها و شاخص‌های طراحی ساختمان‌های پنهان و ایمن

حوزه‌ها	ضوابط	معیارها	شاخص‌ها
حوزه شناسایی	قیود مکان‌یابی	- استتار - پوشش - اختفا	- استفاده مطلوب از عوارض و موانع طبیعی زمین - استفاده از عوارض و اختلاف سطوح زمین - محدودیت در ارتفاع پرواز برای سامانه‌های شناسایی دشمن - کاهش دادن نیاز به تسلیحات پدافندی
	قیود رنگی	- تشابه رنگی بافت بازنمایی شده با پس‌زمینه اصلی	- هماهنگی رنگ‌های استخراج‌شده با رنگ‌های پس‌زمینه - کاهش شدت رنگ‌های مورد استفاده در بافت بازنمایی شده نسبت به رنگ‌های زمینه - هماهنگی رنگ‌ها با اقلیم منطقه به‌منظور پایداری ساختمان - عدم استفاده از رنگ‌هایی با ضریب انعکاس‌دهندگی بالا - استفاده از رنگ‌های عایق با ضریب گذردهی الکتریکی پایین
	قیود بافتی	- تشابه بافتی - محو شدن مرزها - برهم نخوردن بافت طبیعی منطقه	- هماهنگی بافت بازیابی شده با بافت پس‌زمینه - حفظ الگوی خطوط هندسی منطقه - هماهنگی مقیاس بافت منطقه بازیابی‌شده با بافت طبیعی منطقه - پنهان نمودن مرز بین بافت منطقه بازیابی شده با بافت اطراف
	قیود شکلی	- تشابه فرمی - مطابقت هندسی	- هماهنگی و تشابه شکل هندسی ساختمان تولیدشده با هندسه طبیعی پس‌زمینه و بافت هم‌جوار - کاهش اختلاف در بافت طبیعی منطقه بالاخص در مرزهای بافت بازیابی‌شده - شکل ساختمان باید با اشکال طبیعی اطرافش متشابه باشد. در مناطق کوهستانی با خطوط شکسته و زاویای تند و در مناطق کویری با خطوط منحنی و اشکال منعطف
	قیود زیرساختی (امواج حرارتی)	- عدم شناسایی به‌وسیله طیف امواج الکترومغناطیس - مدیریت علائم پساب گرم خارج‌شده از سازه‌ها - مدیریت علائم خروجی گرم دودکش‌ها	- استفاده از فلزاتی (مانند سرب) که ضریب گذردهی الکترومغناطیس پایینی دارند - افزایش قطر دیوار - افزایش تراکم بتن - استفاده از مصالح دیامغناطیس (مانند بیسموت) که دافع میدان مغناطیسی هستند - استفاده از رنگ‌های نانو (که تضعیف‌کننده امواج مغناطیسی هستند)
	قیود میدان ثقل و چگالی زمین	- عدم شناسایی سازه پنهان‌شده به‌وسیله داده‌های گرادیان جاذبی واهم آمیخت اویلر - عدم شناسایی سازه پنهان‌شده به‌وسیله اختلاف چگالی زمین - فریب دشمن به‌واسطه توده‌های انحرافی بلا استفاده	- ایجاد موانع به‌منظور محدودیت برای پرواز در ارتفاع کم برای بالگردهای دشمن و افزایش ضریب خطای شناسایی تصاویر ماهواره‌ای - افزایش عمق سازه - کاهش چگالی زمین (استفاده از مصالح بومی منطقه که اختلاف چگالی ناچیزی با بافت اطراف ایجاد می‌کنند) - استفاده از سازه‌های حجمی بدون استفاده و با اختلاف چگالی بالا در زیرزمین برای فریب دشمن
	قیود زیرساختی (امواج رادیویی)	- کاهش قدرت بازگشت امواج رادیویی به سمت گیرنده با مدیریت فرم سامانه - فریب دشمن با استفاده از بازتاب‌دهنده‌های راداری قوی در نقاط انحرافی و دور از سازه اصلی	قدرت بازتابش امواج راداری در اشکال زیر از بالا به پایین کاهش می‌یابد: - منعکس‌کننده گوشه‌ای سه وجهی عمود بر هم - منعکس‌کننده گوشه‌ای دو وجهی عمود بر هم - منعکس‌کننده تخت که مقدار سطح مقطع راداری آن با تغییر زاویه به‌طور ناگهانی کاهش می‌یابد - منعکس‌کننده استوانه‌ای - سطوح کروی (مقدار آن برابر با مساحت مقطع کره است)

			- لبه‌های تیز - لبه‌های خمیده - بازتاب آیینه‌ای از نوک مخروط کمتر از لبه‌های خمیده بوده و تابعی از عکس مربع فرکانس می‌باشد
	قیود طراحی سایت	- افزایش ایمنی سایت - کاهش رویت‌پذیری سایت در حملات هوایی - ایجاد پوشش، اختفا و استتار مطلوب	- ایجاد کنج‌های امن - محصور نمودن فضا (استفاده از درختان، المان‌ها و مبلمان مناسب) - طراحی هدفمند جوی‌های آب - کف‌سازی محوطه - جان‌پناه و دیوارهای محافظ - پنجره‌ها و نماهای بزرگ (ریزش شیشه) - پارکینگ‌ها و مخازن سوخت - تأسیسات زیربنایی
حوزه دفاعی	قیود سازه‌ای	- تقویت سازه - افزایش ضخامت دیوارهای خارجی	- استفاده از سازه‌های بتن مسلح - طرح اختلاط مطلوب برای افزایش مقاومت بتن مصرفی - افزایش تراکم بتن برای کاهش قدرت نفوذ سلاح - استفاده از پوشش‌های تضعیف‌کننده در لایه بیرونی دیوارها - افزایش ضخامت دیوارهای خارجی
	قیود امنیتی در مقابل تابش هسته‌ای	- مقابله با اشعه گاما - مقابله با تابش نوترونی - مقابله با ذرات رادیواکتیو	- تابش هسته‌ای اولیه: استفاده از پوشش مقاوم و کاذب بیرونی (استفاده از دیوارهای دو پوش) - تابش هسته‌ای ثانویه: استفاده از دیوارهای عایق و فیلترهای گازی قوی در محل دستگاه‌های ورود و خروج و تهویه هوا
	قیود امنیتی در مقابل تابش گرمایی و سلاح‌های آتش‌زا	- مقابله با تهدیدات حرارتی مخرب و آتش‌سوزی	- باید در طراحی سازه و در جداره‌ها عایق‌های حرارتی با توان مناسب بر اساس تهدیدات مبنا در نظر گرفته شود تا سازه و افراد داخل آن از تابش‌های گرمایی در امان بمانند
	قیود امنیتی در مقابل سلاح‌های شیمیایی و بیولوژیکی	- پیشگیری از نفوذ مواد شیمیایی و سمی به درون سازه	- افزایش ضخامت و تراکم دیوارها - مسدود نمودن منافذ ارتباطی بیرون به درون - مجهز کردن سازه به فیلترهای گازی قوی و دستگاه‌های تهویه هوا - ذخیره مواد غذایی و آشامیدنی به اندازه کافی و برای مدتی مشخص در درون سازه
	قیود امنیتی در مقابل انفجار و موج انفجار	- افزایش مقاومت سازه در مقابل برخورد مستقیم ترکش انفجار - افزایش مقاومت سازه در مقابل موج انفجار - افزایش احتمال تداوم حیات سازه پس از انفجار	- استفاده از موج‌گیرها و خم - استفاده از میراگرها - استفاده از مصالح پلی‌استایرن - استفاده از بخار پلاسما - استفاده از حفره‌هایی به‌عنوان تله انفجاری - پوشش‌های تضعیف‌کننده (واسطه مایع، واسطه جامد-گاز، واسطه مایع-گاز) - استفاده از دال‌های انفجاری - استفاده از مواد کامپوزیتی منفجر شونده (زره‌های واکنشی)
حوزه اقلیمی	قیود اقلیمی	- اقلیم گرم و خشک - اقلیم سرد و معتدل کوهستانی - اقلیم معتدل خزری - اقلیم گرم و مرطوب	- طراحی ساختمان متناسب با ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه (توضیحات در بخش هفتم) - فراهم نمودن شرایط آسایش کارکنان و ساکنین - کاهش مصرف انرژی در ساختمان و فراهم نمودن شرایط آسایش با استفاده از راهکارهای معماری
حوزه اقتصادی	قیود اقتصادی	- توجیه اقتصادی پروژه	- پرهیز از هزینه‌های گزاف - در دسترس بودن مواد و مصالح برای ساخت‌وساز - بازدهی قابل قبول در زمینه ارتقای امنیت - پرهیز از روش‌های زمانبر و هزینه‌بر
حوزه عملکردی	قیود عملکردی	- پاسخگویی روان و قابل قبول به عملکردهای جاری - عدم اختلال در عملکردها	- به‌کارگیری اصول و پارامترهای روان‌شناسی محیطی - به‌کارگیری ضوابط طراحی مصوب شهرداری - به‌کارگیری ضوابط مصوب نظام مهندسی - به‌کارگیری اصول و ضوابط مقررات ملی ساختمان

۱۰- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک الگوریتم چند مرحله‌ای برای طراحی ساختمان‌های ایمن به روش استتار درون ساخته ارائه شد. ابتدا ثابت شد که بازدهی طرح‌های فریب، به مراتب بیشتر از طرح‌های مقاوم‌سازی است اما این دو در کنار یکدیگر می‌توانند کیفیت بالاتری از ایمنی را ارائه دهند. همچنین در مقایسه روش‌های مختلف فریب مطرح شد که بازدهی اقتصادی و عملکردی استتار درون ساخته (شکل‌دهی ویژه به سامانه)، به مراتب از روش‌های مدفون بیشتر است. در ادامه مراحل مختلف تولید و ساخت یک سازه پنهان به روش استتار درون ساخته ارائه شد (مکان‌یابی، انتخاب سایت، انتخاب محدوده طراحی، بازآفرینی بافت، استخراج رنگ‌های اصلی، شکل‌دهی به حجم و هماهنگ‌سازی بنا با طبیعت).

به‌منظور پیشگیری از شناسایی سازه به‌وسیله تصاویر ماهواره‌ای، امواج راداری، طیف امواج الکترومغناطیس، امواج مبتنی بر چگالی و ثقل زمین، و ... نیز راهکارها و زیرساخت‌هایی بسیار ساده و کاربردی ارائه گردید. همچنین به‌منظور مقاومت بیشتر سازه و ارتقای ضریب ایمنی آن، راهکارهای متنوعی برای مقابله با انواع انفجار و امواج ناشی از آن ارائه گردید. کلیات مطالب مطرح‌شده در جدول (۲) به‌صورت‌دسته‌بندی شده ارائه شده است.

نتایج نشان‌گر آن است که اقدامات استتار درون‌ساخته که در حین طراحی و ساخت هدف به کار 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 آنکه در طراحی اهداف ثابت برای انواع کاربری‌ها مانند، مراکز درمانی، مراکز مسکونی و ... قابل استفاده است.

۱۱- منابع

1. Gh. Jalali Farahani and M. Eraghizadeh, "Definition of architectural design position in the provision of inactive building defense purposes," Arch. Sta. city quarterly, vol. 1, no. 1, pp. 67-75, 2012. (In Persian).
2. M. Daeinezhad, "Principles and guidelines for designing and equipping residential complexes for passive defense," Building and housing researches center, Tehran, 2006. (In Persian)
3. M. Farzamshad, "Architectural theoretical in inactive defense," Jam publishing institute: Tehran, 2007. (In Persian).
4. O. Shayesteh Afshar, "Determine the optimal city from based on passive defense principles," Proc. 1st Ntl. Conf. Pasv. Def. resist. Bldgs. Ind., University of babol noshirvani, 2010. (In Persian).
5. H. Salehi, M. Heshmati rad, M. Vaseli khabbaz, "Numerical analysis of the penetrating of non-nuclear bunker buster bombs in underground structures and the changes of the energy in the projectile," J. Aeronautical Eng., vol. 17, no. 2, pp. 23-43, 2015. (In Persian)
6. S. M. Hosseini yeganeh, "Comparing in efficiency of deception plan and strengthening in buried buildings safety," Pasv. Def. quarterly, vol. 3, no. 1, pp. 25-35, 2012. (In Persian)
7. V. Ghobadian, "Traditional buildings of iran," Tehran university publishers: Tehran, 2010. (In Persian)
8. https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=ZSaxQ1rA&id=EA58F68AE308526CB18436F2797EAE8061CA4A2A&thid=OIP.ZSaxQ1rAU06p9c3XBaj5jAHaGB&mediaurl=http%3a%2f%2fimages.hamshahrionline.ir%2fimages%2f2014%2f12%2f14-12-31-12438.
9. F. Ghanbari, "Operational method of camouflage during design and build check," Pasv. Def. quarterly, vol. 2, no. 4, pp. 9-17, 2011. (In Persian)
10. "DoD Information Enterprise Architecture," Department of defense office of the Chief Information Officer, 2012.
11. FEMA-453, "Design Guidance for Shelters and Safe Rooms," 2006.
12. J. Reitz and J. Milford, "Foundations of electromagnetic theory," publishers of university publishing center, 1965.
13. D. Cheng, "Field and wave electromagnetics," Translated by P. Jobbehdar Maralani, M. Ghavami, sixth print, publishers Tehran university institute, Tehran, 2000. (In Persian)
14. M. Seyf and S.Khazaei, "Detection and location of targets underground facilities based on gradient data by Euler's method," Scientific Mag. Mod. science Def. Tech., vol. 6, no. 1, p. 43, 2015, (in Persian).
15. F. Ghanbari, "Operational method of camouflage during design and build check," Pasv. Def. quarterly, vol. 2, no. 4, pp. 9-17, 2011. (in Persian)
16. "Radar theory principles," J. Air Tutr. Cmd., Air force of Islamic Republic of Iran, Tehran, 1991. (In Persian)
17. J. Soltani, "Electronic navigation and radar," Kish educational of science and technics institute: Tehran, 1991. (In Persian)
18. F. Ghanbari, "Operational method of camouflage during design and build check," Pasv. Def. quarterly, vol. 2, no. 4, pp. 9-17, 2011, (in Persian).
19. A. Akbarpour and S. A. Hoseini, "Explaining of blasting effect reduce method in safety places and underground," Pasv. Def. quarterly, vol. 2, no. 3, pp. 53-59, 2011. In Persian)
20. FEMA-426/BIPS-06, "Buildings and infrastructure protection series," Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings, Edition 2, 2011.

Providing Architectural Patterns for Designing Hidden Buildings Against Military Threats Based on the Inside Camouflaged Method

H. Salehi*, E. Akbari

Abstract

In the recent years with the advancement of military technology, for many reasons, the ethical principles have gone down, and different countries are attacking to each other. One of the most important defensive strategies that have been taken into account of many developed countries, is using of passive defense principles for the design of the hidden systems according to the patterns of deception and camouflage. The inside camouflaged, have significant advantages compared to the additive camouflage, and it is considered in time of the new systems design. This camouflage is a component of design system and no need to the personnel activities for using of it. The main objective of this research is to present the new patterns for design of hidden buildings by the passive method as a defensive strategy and for development of resistance of structures. Another goal is to increase the possibility of continuity of its activity against the military and terrorist attacks.

Key Words: *military and terrorist attacks, passive defense, inside made camouflaged, patterns of deception, patterns of architectural, geometric shaping*

* Khatam al-Anbia Air Defense Academy (h.salehi@sru.ac.ir)- Writer-in-Charge