

مبانی محاسبات ایمنی در تهاجم هوایی

مبانی محاسبات ایمنی در تهاجم هوایی

در حال حاضر، در کشور ما مدل ریاضی مورد نیاز برای تحلیل ایمنی اهداف در برابر تهاجم هوایی موجود نیست و دسترسی به اطلاعات مشابه سایر کشورها نیز امکان پذیر نمی باشد. لذا کتاب حاضر با هدف دسترسی به اهداف زیر تدوین شده است:

- (۱) تبیین فرآیند شکل گیری تهاجم هوایی و مراحل اصلی آن
- (۲) تعریف عوامل موثر در خطای مهمات و شناسایی هدف و میزان تاثیر آنها
- (۳) تبیین یک مدل ریاضی برای برآورد بازدهی حملات هوایی
- (۴) تبیین میزان تاثیرگذاری اقدامات پدافند غیر عامل در کاهش بازدهی حملات هوایی
- (۵) تدوین الگوریتم برآورد سطح ایمنی اهداف ثابت در برابر تهاجم هوایی
- (۶) ترسیم خطوط اصلی توسعه و پیشرفت روشهای محاسباتی و مراجع مورد نیاز

دکتر کاظم سبازندگی خاتم الانبیا، (ص)

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ
الْحَمْدُ لِلّٰهِ رَبِّ الْعَالَمِیْنَ

اللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ
لَا سِیْمَا حِجَّةِ ابْنِ الْحَسَنِ الْعَسْكَرِیِّ
وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ وَ اجْعَلْنَا مَعَهُمْ

پیشگفتار

در دنیای جنگهای نوین، پدافند غیر عامل یکی از ارکان اساسی سیستم دفاعی کشور محسوب می شود و دقیقا به همین دلیل است که در قوانین و مقررات جمهوری اسلامی ایران، بر ضرورت اجرای طرح های پدافند غیر عامل تاکید شده است. یک برنامه پدافند غیر عامل موثر و اقتصادی نیازمند مدیریت یکپارچه و پویا است. دو رکن اساسی مدیریت یکپارچه و پویا عبارتند از:

- مدیریت عالی برای تامین منابع و برنامه های مورد نیاز، در زمان قبل از وقوع تهدید
 - مدیریت یک سیستم کنترل متمرکز برای حفظ پویایی برنامه ها، در زمان وقوع تهدید
- مهم ترین ابزار برای مدیریت عالی، تحلیل هزینه و فایده طرح های پدافند غیر عامل است. تحلیل هزینه و فایده یعنی سبک و سنگین کردن ترکیب های مختلف از طرح های قابل اجرا بر مبنای هزینه و ایمنی قابل دسترس آنها و نهایتا گزینش اقتصادی ترین و موثرترین طرح ها.
- مهم ترین ابزار مدیریت سیستم کنترل متمرکز، استفاده از شبیه سازی رایانه ای سناریوی تهدید و اندرکنش آن با سناریوی پدافند غیر عامل است.

برای تحلیل هزینه و فایده و تولید یک مدل رایانه ای، به یک مدل ریاضی نیاز است. علی رغم گام های بلندی که تا کنون در جهت تحقق اصول پدافند غیر عامل در سطح کشور برداشته شده است اما هنوز دسترسی به یک مدل ریاضی برای انجام محاسبات پدافند غیر عامل محقق نشده است.

قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص) در راستای اجرای رسالت خود در جهت گسترش فرهنگ و دانش پدافند غیر عامل در سطح کشور، اقدام به انتشار کتاب "مبانی محاسبات ایمنی در تهاجم هوایی" نموده است که یک گام محکم در جهت بکار گرفتن محاسبات مهندسی در تحلیل تهدیدات هوایی محسوب می شود.

در اینجا لازم است از زحمات جناب آقای مهندس سید محمد حسینی یگانه که در تالیف این کتاب ایفای نقش نموده اند، تشکر و قدردانی گردد.

از موسسه مهندسين مشاور طرح جامع و هیئت رئیسه آن که در مدیریت، هدایت، کنترل، گردآوری، تدوین و چاپ این کتاب اقدام نموده اند تشکر نموده و امید است تلاش صورت گرفته مورد بهره برداری جامعه مهندسين اجرایی کشور قرار گیرد و صاحب نظران به جهت تکامل این اثر در چاپهای بعدی ما را از نظرات خود بهره مند نمایند.

فهرست مطالب

.....	مقدمه	.....
.....	۱ مفاهیم اولیه	.....
.....	۱.۱ ایمنی و ریسک	.....
.....	۱.۲ تهاجم هوایی متعارف	.....
.....	۱.۳ اصطلاحات و متغیرهای اصلی مدل	.....
.....	۲ فرآیند شکل گیری تهاجم هوایی	.....
.....	۲.۱ ترسیم یک مدل پویا	.....
.....	۲.۲ سناریوهای حمله	.....
.....	۳ کارآئی و خطای مهمات	.....
.....	۳.۱ کارآئی مهمات	.....
.....	۳.۲ مبانی محاسبه احتمال برخورد	.....
.....	۳.۳ خطای محتمل مهمات	.....
.....	۳.۴ خطای سیستم مزدوج	.....
.....	۴ شعاع آسیب پذیری اهداف	.....
.....	۴.۱ متغیرهای موج انفجار	.....
.....	۴.۲ آسیب پذیری اهداف	.....
.....	۴.۳ روش های تجربی برآورد شعاع آسیب پذیری	.....
.....	۵ احتمال دسترسی و قفل کردن مهمات	.....
.....	۵.۱ جستجو و شناسایی	.....
.....	۵.۲ وضوح هدف نسبت به پس زمینه	.....
.....	۵.۳ احتمال هدفگیری	.....
.....	۵.۴ احتمال دسترسی	.....
.....	۵.۵ کاهش زمان کشف با افزایش تعداد تجربه	.....
.....	۵.۶ احتمال کشف و شناسایی با حسگرهای راداری	.....

۱۳۹	نتیجه گیری و پیشنهاد.....	۶
۱۳۹	۶.۱ ساختار محاسبات ایمنی.....	۶.۱
۱۴۶	۶.۲ توسعه مدل محاسبات ایمنی.....	۶.۲
۱۵۳	۷ مراجع و منابع.....	۷
۱۵۸	۸ پیوست ها.....	۸
۱۶۰	۹ اصطلاحات.....	۹
۱۶۴	۱۰ اختصارات.....	۱۰
۱۶۶	۱۱ واژه نامه.....	۱۱

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱ - نمودار فرآیند شکل گیری آسیب در تهاجم هوایی ۴
- شکل ۲-۱ - شماتیک چشمه انفجار و نقطه برخورد مهمات ۱۴
- شکل ۳-۱ - شماتیک خطای محتمل دایروی ۱۵
- شکل ۱-۲ - نمودار فرآیند عمومی جنگ هوایی ۱۸
- شکل ۲-۲ - نمودار فرآیند هدفیابی ۱۹
- شکل ۳-۲ - نمودار عمومی تهاجم هوایی به یک نقطه هدف ۲۰
- شکل ۴-۲ - مراحل اصلی شکل گیری یک حمله هوایی ۲۱
- شکل ۵-۲ - شماتیک عناصر اصلی مسیریابی و دسترسی به ناحیه هدف ۲۲
- شکل ۶-۲ - نمونه ای از نمودار شبکه ای در حملات هوایی ۲۶
- شکل ۷-۲ - تصویر بمب های عادی سری مارک ۸۰ ۲۸
- شکل ۸-۲ - تصویر بمب مختصاتی سری JDAM ۳۰
- شکل ۹-۲ - تصویر موشک کروزر ۳۱
- شکل ۱۰-۲ - تصویر موشک AGM-۸۴E ۳۱
- شکل ۱۱-۲ - تصویر نمونه هایی از بمب های لیزری ۳۲
- شکل ۱۲-۲ - تصویر بمب گلایدری کوچک SDB ۳۳
- شکل ۱-۳ - مدل ساده یک بعدی بمباران جاده ۳۹
- شکل ۲-۳ - نمودار فرضی توزیع خطای مهمات در بمباران جاده ۳۹
- شکل ۴-۳ - محاسبه احتمال وقوع خطا با استفاده از تابع چگالی احتمال ۴۱
- شکل ۳-۳ - نمودار عمومی تابع طبیعی چگالی احتمال PDF ۴۱
- شکل ۵-۳ - شماتیک خطای مهمات در جهت حمله و در جهت عمودی ۴۲
- شکل ۶-۳ - تبدیل مختصات عمودی (x, y) به مختصات قطبی (r, θ) ۴۳
- شکل ۷-۳ - نمودار مدل ساده محاسبه مسیر پرواز سقوط آزاد بمب ۴۶
- شکل ۸-۳ - تاثیر باد و مقاومت هوا بر مسیر پرواز بمب ۴۶
- شکل ۹-۳ - نمودار عمومی دستگاه های مختصاتی سه گانه ۴۷
- شکل ۱۰-۳ - شماتیک مسیر پرواز مهمات هدایتی ساده مانند GBU-۱۰ ۴۸
- شکل ۱۱-۳ - نمودار پیوستگی فعالیت های عناصر اصلی و فرآیند کنترل پرواز در مهمات هدایتی ۴۹
- شکل ۱۲-۳ - نمودار محدوده نقطه پرتاب برای بمب های عادی GP و هدایتی ۵۰
- شکل ۱۳-۳ - نمودار شماتیک هندسه بمباران مختصاتی BOC ۵۲
- شکل ۱۴-۳ - نمودار هندسه خطای بمباران مختصاتی در اثر خطای محاسبه مختصات هواپیما ۵۴
- شکل ۱۵-۳ - نمودار هندسه خطای بمباران مختصاتی در اثر خطای محاسبه سرعت ۵۵
- شکل ۱۶-۳ - نمودار شماتیک زاویه برخورد برنامه ریزی شده ۵۷

- شکل ۱-۴ - نمودار عمومی کاهش دامنه فشار مبنا نسبت به فاصله..... ۶۳
- شکل ۲-۴ - نمودار مرجع مشخصات موج انفجار بر حسب فاصله مقیاس شده ۶۴
- شکل ۳-۴ - انفجار سطحی و ترکیب شدن موج انعکاس R با موج اصلی A ۶۷
- شکل ۴-۴ - نمایش انفجار داخل محدوده آسیب پذیری هدف و خارج آن ۷۱
- شکل ۵-۴ - روش محاسبه شعاع آسیب پذیری R_v با استفاده از R_8 ۸۰
- شکل ۶-۴ - نمودار احتمال عدم آسیب ریه بر مبنای دامنه و مدت زمان موج انفجار ۸۵
- شکل ۱-۵ - تصویر هوایی نقطه هدف (برج مراقبت) و ناحیه اطراف آن ۸۹
- شکل ۲-۵ - مسیر پرواز فرضی که از فراز جزایر کیش، لاوان، می گذرد ۸۹
- شکل ۳-۵ - شبیه سازی در مراحل دسترسی و هدفگیری برج مراقبت ۹۰
- شکل ۴-۵ - تصویر فضایی فرودگاه برای بررسی نشانه های زمینی اطراف آن ۹۱
- شکل ۵-۵ - تصویر هوایی ناحیه هدف (فرودگاه خلیج فارس) ۹۲
- شکل ۶-۵ - تصویری هوایی که برج مراقبت و عوارض شاخص اطراف ۹۳
- شکل ۷-۵ - نمایش تاثیر وضوح در مشاهده هدف ۹۶
- شکل ۸-۵ - سناریوی فرضی شناسایی پل روگذر ۹۸
- شکل ۹-۵ - نمایش چگونگی تضعیف وضوح هدف به دلیل انتشار در جو ۹۸
- شکل ۱۰-۵ - مقدار تقریبی ضریب اصلاحی تضعیف اتمسفر H برای مسیرهای افقی و مایل ۹۹
- شکل ۱۱-۵ - نمودار وضوح تصویری نسبت به اختلاف دما ۱۰۳
- شکل ۱۲-۵ - نمودار تجربی غلظت بخار آب در هر کیلومتر از مسیر بر حسب دما و رطوبت نسبی ۱۰۵
- شکل ۱۳-۵ - تقریب نمائی برای محاسبه ضریب اصلاحی $pp0$ برای فواصل مستقیم و مسیرهای افقی ۱۰۵
- شکل ۱۴-۵ - نمودار تابع انتقال اتمسفر در طیف مادون قرمز بر حسب توزیع بخار آب CM ۱۰۷
- شکل ۱۵-۵ - نمودار احتمال شناسایی به صورت تابعی از تعداد نقاط تصویر ۱۰۸
- شکل ۱۶-۵ - صفحه نمایشگر سیستم FLIR هواپیما ۱۱۱
- شکل ۱۷-۵ - شماتیک محاسبه عرض میدان دید دوربین ۱۱۱
- شکل ۱۹-۵ - نمودار احتمال دسترسی بر حسب میزان انحراف ۱۲۲
- شکل ۱۸-۵ - شماتیک انحراف هواپیما نسبت به مسیر اصلی پرواز ۱۲۲
- شکل ۲۰-۵ - نمایش سه نشانه خطی که محدوده فرودگاه را مشخص می کنند ۱۲۴
- شکل ۲۱-۵ - نمودار احتمال شناسایی هدف بر حسب مدت زمان جستجو ۱۲۹
- شکل ۲۲-۵ - نمایش زاویه برخورد و زاویه خراش برای سطح زمین ۱۳۵

فهرست جداول

- جدول ۱- دسته بندی عمومی تهدیدات و آسیبهای متناظر آنها..... ۳
- جدول ۲- نمونه هایی از مهمات متعارف..... ۴
- جدول ۳- ضریب هم ارزی برخی از خرج های انفجاری متداول..... ۶۸
- جدول ۴- ضریب آسیب پذیری برای سطوح مختلف آسیب یک ساختمان عادی..... ۷۹
- جدول ۵- سطح بندی احتمال پارگی پرده گوش نسبت به فشار مبنای انفجار..... ۸۳
- جدول ۶- محاسبه شعاع آسیب پذیری نیروی انسانی در مثال (۱۱)..... ۸۳
- جدول ۷- سطح بندی ضربه موج فشار در مورد آسیب پرتاب خرده شیشه به سمت نیروی انسانی..... ۸۴
- جدول ۸- برآورد آسیب جانی متناظر با سطح آسیب ساختمان..... ۸۵
- جدول ۹- تغییرات درخشش و وضوح در شکل (۵-۷)..... ۹۷
- جدول ۱۰- مقادیر نسبت روشنایی مسیر برای پس زمینه های مختلف..... ۱۰۰
- جدول ۱۱- محاسبه توان های جمله نمائی برای مثال (۱۸)..... ۱۳۱
- جدول ۱۲- محاسبه احتمال قفل کردن برای حملات اول تا چهارم در مثال (۱۸)..... ۱۳۱
- جدول ۱۳- محاسبه بازدهی حملات اول تا چهارم برای مثال (۱۸)..... ۱۳۲
- جدول ۱۴- محاسبه بازدهی تهاجم برای تعداد حملات یک تا چهار در مثال (۱۸)..... ۱۳۲
- جدول ۱۵- مقادیر بازتابش راداری برخی از مواد متداول..... ۱۳۵
- جدول ۱۶- مقادیر محاسبه شده سیگنال به کلاتر برای مثال (۱۹)..... ۱۳۶
- جدول ۱۷- مقادیر محاسبه شده سیگنال به کلاتر برای تحلیل مثال (۲۰)..... ۱۳۷
- جدول ۱۸- متغیرهای مدل محاسبات ایمنی..... ۱۴۱

مقدمه

آمریکا و متحدانش در سال ۲۰۰۳ موفق شدند طی یک عملیات برق آسا فقط ظرف مدت ۲۴ روز مقاومت کشور عراق را در هم بشکنند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که عامل اصلی این موضوع، استفاده موثر از تهاجم هوایی گسترده و دقیق بوده است. چرا که در این جنگ، بیش از ۹۰٪ حملات هوایی با استفاده از مهمات هدایتی به اجرا درآمد:

- بمب‌های لیزری LGB تقریباً ۴۳٪
- بمب‌های مختصاتی JDAM تقریباً ۳۶٪
- موشک‌های کروز و سایر مهمات هدایتی تقریباً ۱۳٪

گرچه برخی از سازندگان تسلیحات و مهمات ادعا می‌کنند که با استفاده از تجهیزات مکان‌یابی مزدوج INS/GPS و حسگرهای تصویری چند طیفی FLIR و رادارهای تصویری SAR میانگین بازدهی مهمات هدایتی را به ۹۵٪ رسانده و در اکثر موارد مستقیماً به هدف اصابت می‌کنند، اما آمار قابل دسترس جنگ‌های دو دهه اخیر اتحادیه ناتو این ادعا را تأیید نمی‌کند.

این آمار و گزارشات نشان می‌دهند که میانگین بازدهی مهمات هدایتی از ۶۵٪ بیشتر نبوده است. اکنون این سوالات مطرح می‌شوند که:

- (۱) چه عاملی باعث ایجاد شکاف ۳۰٪ بین ادعای سازندگان و بازدهی واقعی مهمات شده است؟
- (۲) آیا می‌توان میزان تأثیر هر یک از عوامل در بازدهی حملات هوایی را محاسبه نمود؟
- (۳) آیا اقدامات پدافند غیر عامل می‌توانند باعث کاهش بازدهی حملات هوایی بشوند؟
- (۴) میزان تأثیر گذاری اقدامات پدافند غیر عامل بر بازدهی حملات هوایی چقدر است؟

برای دسترسی به پاسخ این سوالات، باید فرآیند تهاجم هوایی و تعامل بین خلبان، محیط، هدف، مهمات، تجهیزات مکان‌یابی و حسگرهای چند طیفی تحلیل شوند. بطور کلی، تحلیل چنین فرآیند پیچیده‌ای فقط با استفاده از یک مدل ریاضی امکان‌پذیر است و مدل ریاضی یعنی گروهی از معادلات مرتبط با یکدیگر که بر مبنای مجموعه‌ای از فرضیات ساده‌کننده، پایه‌گذاری می‌شوند.

هر یک از اقدامات پدافند غیر عامل باعث تحمیل هزینه مشخصی می‌شوند و در برابر نیز می‌توانند با کاهش آسیب‌پذیری و رویت‌پذیری هدف، بازدهی حمله را تا اندازه‌ای کاهش دهند. بطور مثال استفاده از عمق زمین یا تونل‌های درون کوه (سازه‌های مدفون) می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش آسیب‌پذیری و رویت‌پذیری اهداف حیاتی کشور ایجاد نماید اما در مقابل نیز بخش قابل توجهی از بودجه کشور را مصرف خواهد نمود. طرح‌های گسترده استتار، فریب و اغتشاش اگرچه نمی‌توانند مانند سازه‌های مدفون، هدف را از مقابل چشمان دشمن دور کنند اما می‌توانند تا حدودی باعث کاهش رویت‌پذیری اهداف شوند. اجرای طرح‌های کوچک‌سازی، پراکنده‌سازی، مقاوم‌سازی و

ظرفیت های جایگزین، هزینه های قابل توجهی را در پی دارد ولی می تواند باعث کاهش آسیب پذیری اهداف حیاتی کشور بشود.

بدیهی است که یک برنامه پدافند غیر عامل شامل ترکیبی بهینه از طرح های کاهش آسیب پذیری و کاهش رویت پذیری می باشد. طراحی بهینه نیازمند تحلیل هزینه و فایده است. تحلیل هزینه و فایده یعنی سبک و سنگین کردن ترکیب های مختلف از طرح های قابل اجرا بر مبنای میزان هزینه مورد نیاز و میزان ایمنی قابل دسترس آنها و برای چنین تحلیلی نیازمند یک مدل ریاضی هستیم.

اما در حال حاضر، در کشور ما مدل ریاضی مورد نیاز برای تحلیل ایمنی اهداف در برابر تهاجم هوایی موجود نیست و دسترسی به اطلاعات مشابه سایر کشورها نیز امکان پذیر نمی باشد. لذا کتاب حاضر با هدف دسترسی به اهداف زیر تدوین شده است:

- (۱) تبیین فرآیند شکل گیری تهاجم هوایی و مراحل اصلی آن
- (۲) تعریف عوامل موثر در خطای مهمات و شناسایی هدف و میزان تاثیر آنها
- (۳) تبیین یک مدل ریاضی برای برآورد بازدهی حملات هوایی
- (۴) تبیین میزان تاثیرگذاری اقدامات پدافند غیر عامل در کاهش بازدهی حملات هوایی
- (۵) تدوین الگوریتم برآورد سطح ایمنی اهداف ثابت در برابر تهاجم هوایی
- (۶) ترسیم خطوط اصلی توسعه و پیشرفت روشهای محاسباتی و مراجع مورد نیاز

در فصل اول کتاب با عنوان "مفاهیم اولیه" مفاهیم پایه ای که مدل محاسبات ایمنی را تشکیل داده اند، توصیف می شوند. در آغاز این فصل مفاهیمی مانند ایمنی، ریسک، عدد ایمنی و تفاوت های موجود بین مفهوم حمله و تهاجم تشریح شده است. در ادامه این فصل، مدل محاسبه عدد ایمنی بصورت مقدماتی معرفی و چگونگی ارتباط آن با مراحل اصلی حمله شامل ناوبری و هدایت مهمات توصیف می شود.

در فصل دوم کتاب با عنوان "فرآیند شکل گیری تهاجم هوایی" ابتدا به فرآیند واقعی شکل گیری یک جنگ پرداخته و سپس تشریح می شود که چگونه با ساده سازی فرآیند واقعی و حذف مراحل غیرضروری، می توان مکانیزم شکل گیری تهدیدات را با استفاده از "نمودار عمومی فرآیند شکل گیری آسیب شکل (۱-۱)" شبیه سازی نمود. در این فصل نگاهی گذرا به روشهای استاندارد محاسبات بازدهی مهمات و نقاط قوت و ضعف آنها خواهیم داشت و توضیح خواهیم داد که چگونه در مدل محاسباتی این کتاب می توانیم نقاط ضعف روش های موجود را بهبود بخشیم. در پایان این فصل تاکتیک های متداول حمله هوایی با تکیه بر تجهیزات تصویری و مکان یابی را مرور می کنیم.

فصل سوم کتاب با عنوان "کارآئی و خطای مهمات" به بررسی و تحلیل مفاهیم احتمال انهدام و احتمال برخورد اختصاص دارد. در این فصل خواهید دید که احتمال انهدام یک هدف، تابعی از شعاع

آسیب پذیری و خطای مهمات است. در این فصل، ابتدا به تعریف و ارائه مبانی محاسبات کارائی و خطای مهمات می پردازیم و سپس با استفاده از آمارهای قابل دسترس در جنگهای دو دهه اخیر اتحادیه ناتو، مقادیر تجربی کارائی و خطای برخی از مهمات را ارائه می کنیم. در پایان این فصل، روش های ساده ای برای برآورد خطای سیستم های هدایت مختصاتی و محاسبه بازدهی حملاتی که تاکتیک اصلی آنها استفاده از تجهیزات مکان یابی جغرافیایی است مطرح و مثالهایی در این زمینه ارائه می شود. با توجه به اهمیت مفهوم آسیب و شعاع آسیب پذیری در برآورد احتمال انهدام هدف، فصل چهارم کتاب با عنوان "شعاع آسیب پذیری" به تشریح این مفاهیم اختصاص دارد. در این فصل ضمن ارائه خلاصه ای از تئوری انفجار، مبانی بنیادی ارزیابی آسیب پذیری در برابر موج انفجار مطرح می شود. در ادامه این فصل برخی از اطلاعات تجربی و روشهای محاسباتی معتبر برای برآورد شعاع آسیب پذیری افراد، تجهیزات، تاسیسات و ساختمان ها و مثال هایی در این زمینه ارائه می شود.

فصل پنجم کتاب با عنوان "احتمال دسترسی و قفل کردن مهمات" به بررسی بازدهی حملاتی اختصاص دارد که در آنها از تجهیزات تصویری برای شناسایی هدف استفاده می شود. این فصل با یک مثال شروع شده و در ادامه به تحلیل و بررسی تاکتیک های دشمن برای شناسایی نشانه ها و اهداف با استفاده از تجهیزات تصویری ویدئویی و مادون قرمز می پردازد. در ادامه این فصل مفاهیم بنیادی و فرآیند های جستجو، کشف و شناسایی و عوامل اصلی تاثیر گذار در آنها مطرح و مدل محاسباتی برای برآورد احتمال قفل کردن مهمات بر روی یک نقطه هدف با استفاده از "وضوح تصویر" ارائه شده است. در پایان این فصل، با ساده سازی فرآیند شناسایی نشانه های خطی، روشهایی برای محاسبه احتمال دسترسی به ناحیه هدف پیشنهاد شده است. این فصل حاوی مثال های حل شده در مورد محاسبات احتمال دسترسی و احتمال قفل کردن و عدد ایمنی هدف می باشد.

در فصل ششم، ضمن مرور کلیات مطالب کتاب و نتیجه گیری، به تشریح الگوریتم محاسبات ایمنی پرداخته شده است. در ادامه این فصل، پیشنهادهای جهت توسعه و تکمیل مدل ریاضی ارائه شده است. در پایان، فهرست مراجع و منابع، پیوستهای مرجع، اصطلاحات، اختصارات و واژه نامه ارائه شده است. خداوند منان را شکرگزارم که بنده را از فیض خود بهره مند نمود و فرصتی برای ارائه خدمتی به کشور اسلامی ایران موهبت فرمود. لازم می بینم که از برادر بزرگوام جناب آقای جعفر موحدی نیا که مشوق اصلی برای تدوین این کتاب بوده است، تشکر کنم. همچنین از برادران گرامیم آقای مهندس علی رضا معراج پور و آقای مهندس محمد حسین علی که در زمان تدوین این کتاب از راهنمایی ها و نقطه نظرات کارشناسی ایشان بهره بردم، تشکر می کنم. در پایان از موسسه مهندسين مشاور طرح جامع و به ویژه مدیر عامل محترم موسسه برادر عزیزم جناب آقای مهندس مالمیریان تشکر می کنم که بستر مناسب برای تدوین و انتشار این کتاب را مهیا نمودند.

۱ مفاهیم اولیه

ارائه مبانی محاسبات یعنی تبیین گام‌های اصلی برای ترسیم یک مدل ریاضی واقع‌گرایانه در مورد یک پدیده که برای ما از اهمیت زیادی برخوردار است. برای آنکه بتوانیم ایمنی یک هدف را در یک تهاجم هوایی محاسبه کنیم، قبل از هر چیز باید دو مفهوم اصلی یعنی "ایمنی" و "تهاجم هوایی" را به دقت معنی کنیم. لذا در این فصل ابتدا به مفاهیم ایمنی، ریسک و تهاجم هوایی پرداخته و سپس شمای کلی مدل محاسباتی پیشنهادی، ارائه شده است.

۱-۱- ایمنی و ریسک

در امور روزمره جهان، پایداری برخی از سیستم‌ها به چالش کشیده می‌شود و لذا برخی از امور مطابق با آنچه برنامه ریزی می‌شود، پیش نمی‌روند. تقریباً همه تلاش‌های انسانی حامل مقداری ریسک هستند اما برخی از آنها نسبت به برخی دیگر ریسک بیشتری دارند. ایمنی واژه‌ای است که در برابر ریسک قرار می‌گیرد.

۱-۱-۱- مفهوم ایمنی

همه ما معنای ایمنی را در ذهن خود حس کرده و برای تصمیم‌گیری‌های خود از محاسبات ایمنی استفاده می‌کنیم. شاید به همین دلیل است که هر یک از ما تعریفی کاملاً اختصاصی از ایمنی در ذهن خود داریم و به همین دلیل است که برای ادامه بحث باید این واژه را به دقت معنی کنیم.

۱-۱-۱-۱- ایمنی و مدیریت ریسک

بطور کلی ایمنی Safety به وضعیت ایمن بودن^۱ Safe گفته می‌شود. وضعیت حفاظت شده در برابر پیامدهای ناخواسته، اشتباه، خرابی، تصادف، صدمه یا هر پدیده دیگری که نامطلوب باشد. بسیار مهم است که بدانیم ایمنی یک موضوع نسبی است. حذف کردن همه ریسک‌ها، حتی اگر امکان پذیر باشد، فوق‌العاده دشوار و بسیار پرهزینه است. یک وضعیت ایمن، وضعیتی است که ریسک آسیب جانی یا مالی کم بوده یا قابل مدیریت باشد. لذا ایمنی می‌تواند بصورت کنترل تهدیدات (مخاطرات) برای دسترسی به سطح قابل قبولی از ریسک، تعریف شود.

۱-۱-۱-۲- ایمنی و پایداری

ایمنی وضعیت پایداری (ماندن در حالت پایدار "steady state") یک سازمان یا سیستم است برای آنکه "چیزی را که از آن انتظار می‌رود" انجام بدهد. [۳]

^۱ "safe" (from French *sauf*)

"چیزی را که از آن انتظار می رود" در قوانین و مقررات ملی، استانداردها، طرح های مهندسی، آئین نامه های اجرائی، دستورات و برنامه های عملیاتی و سیاستهای نیروی انسانی تعریف می شود. بدین ترتیب برای هر سازمان، سیستم یا فعالیتی، چه کوچک باشد و چه بزرگ، ایمنی یک مفهوم اختصاصی محسوب می شود که تعاریف منحصر بفرد تابع شرایط موجود در مورد آنچه مورد انتظار و قابل قبول است، را رعایت می کند.

۱-۱-۲- ریسک

ریسک Risk پتانسیل آن است که یک واکنش یا فعالیت (یا حتی عدم انجام واکنش) باعث خسارت (یا یک خروجی نامطلوب) بشود. ریسک در استاندارد مدیریت ریسک این گونه تعریف می شود:
 اثر^۱ تردیدها بر روی مطلوب ها^۲ [۳]
 تردیدها همواره به پدیده هایی مربوط می شوند که ممکن است اتفاق بیافتند یا اتفاق نیافتند. تردیدها در اثر ابهام یا کمبود اطلاعات بوجود می آیند.
 در این کتاب، ریسک یعنی پتانسیل اینکه یک تهدید مشخص بتواند به آسیب پذیری های یک سیستم برسد و باعث اختلال در کار آن بشود.

۱-۱-۲-۱- ارزیابی ریسک

ترس واقعی یک موهبت است. این یک علامت حیات بخش است که فقط در زمان وجود یک خطر به صدا در می آید. می توان گفت که ارزیابی ریسک، راهی برای اندازه گیری و اشتراک ترس واقعی است، ترکیبی از تردید منطقی، ترس غیرمنطقی و مجموعه ای از گرایش ها با مقادیر نامشخص بر مبنای تجربه شخصی ما.

همانطور که تعاریف مختلفی برای ریسک ارائه شده، روش های مختلفی نیز برای برآورد آن وجود دارد. برخی از تعاریف ریسک به خوبی بر مبنای نظریه آمار بوده و طبیعتاً باعث برآوردهای آماری نیز می شوند اما برخی از آنها به شدت وابسته به شرایط و منحصر بفرد هستند. مثلاً یک عامل بحرانی در بسیاری از محاسبات ریسک، عامل تصمیم گیری انسان است.

بطور کلی ارزیابی ریسک ترکیبی از برآورد احتمال وقوع پدیده های متعدد محتمل و جمع بندی کل خسارات وارده هر یک از آنها بصورت یک عدد کلی می باشد.

$$\text{ریسک} = \text{احتمال وقوع تهدید} \times \text{سطح خسارت وارده}$$

در شرایطی که چندین تهدید مختلف محتمل هستند، برای هر یک از آنها ریسک بصورت جداگانه برآورد شده و ریسک نهائی، مجموع ریسک هر یک از تهدیدات است.

^۱ این موضوع شامل آثار مثبت و آثار منفی بر روی اهداف می شود اما فعلاً موضوع بحث این کتاب فقط آثار منفی است.

^۲ effect of uncertainty on objectives

۱-۲-۲-۱- ریسک در پ غ ع

در یک جنگ واقعی، موفقیت دشمن در هر حمله ای می تواند آثار بسیار زیان بار و فاجعه انگیزی را در پی داشته باشد. لذا یکی از روش های برآورد ریسک اهداف در یک جنگ هوایی، استفاده از روش سازمان های با درجه اطمینان بالا^۱ HRO^۲ است. در این روش کلیه اهداف موجود در کشور را بر مبنای سطح خسارت های ناشی از انهدام آنها اولویت بندی می کنند و سپس احتمال موفقیت دشمن در انهدام آنها را بدست می آورند. مثلاً می توان کلیه اهداف یا دارائی های کشور را در سه سطح از یک تا سه (حساس، مهم و حیاتی) اولویت بندی نمود و ریسک را از حاصل ضرب اولویت در احتمال انهدام هدف بدست آورد:

ریسک = احتمال موفقیت تهاجم هوایی X درجه اولویت هدف

محاسبه درجه اولویت اهداف مختلف، کاری است که با هماهنگی نزدیک بین سازمان های دولتی و سازمان پ غ ع کشور، قابل اجرا است. اما به دلیل وجود عامل انسانی، محاسبه احتمال موفقیت یا بازدهی یک تهاجم هوایی کار دشواری است. در این کتاب به تحلیل فرآیند شکل گیری آسیب و ارائه یک مدل ریاضی برای محاسبه بازدهی تهاجم هوایی پرداخته شده است.

۱-۲-۱- تهاجم هوایی متعارف

تهدیدات نظامی که در حوزه مطالعات پ غ ع قرار می گیرند شامل سایبری، تروریستی، حمله هوایی متعارف و نامتعارف هستند. در جدول (۱) عناصر مختلف بر مبنای آسیب پذیری آنها در برابر تهدیدات، دسته بندی شده اند.

جدول ۱- دسته بندی عمومی تهدیدات و آسیبهای متناظر آنها

جنگ روانی	زیستی (شیمیایی، میکروبی و هسته ای)	گرافیتی	الکترومغناطیسی	نرم افزاری	متعارف	آسیبها/ تهدیدات
					•	سازه
					•	مکانیک
		•	•		•	برق
		•	•		•	الکترونیک
				•		سایبری
	•				•	جانی

^۱ سازمان هایی که در پیشگیری از وقوع تهدیدات فاجعه انگیز بسیار پیشرفته هستند و در کشورهای غربی به اختصار با معرفی می شوند.

^۲ High Reliability Organization

جنگ هوایی	زیستی (شیمیایی، میکروبی و هسته ای)	گرافیتی	الکترومغناطیسی	نرم افزاری	متعارف	آسیبها/ تهدیدات	
						انسانی	روحی
•		•					

کلیه عناصر سازه، مکانیک، برق، الکترونیک و نیروی انسانی در برابر تهدیدات متعارف آسیب پذیر هستند. راهکارهای ایمن سازی یک مجموعه در برابر حملات تروریستی متعارف صرفاً به تقویت روشهای حرارتی و حفاظتی محدود می شود و در مقایسه با طرح های ایمن سازی در برابر حملات هوایی متعارف، بسیار ساده تر هستند.

همچنین آمار جنگ های دو دهه اخیر اتحادیه ناتو نشان می دهند که فراوانی استفاده از مهمات متعارف خیلی بیشتر از مهمات نامتعارف بوده است. [۹] و [۱۲] و [۱۳] و [۱۴] به همین دلیل است که در این کتاب بیشتر به محاسبات مربوط به حملات هوایی متعارف پرداخته شده است. عناوین برخی از مهمات متعارف که در جنگ های اخیر اتحادیه ناتو بکار گرفته شده اند در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- نمونه هایی از مهمات متعارف

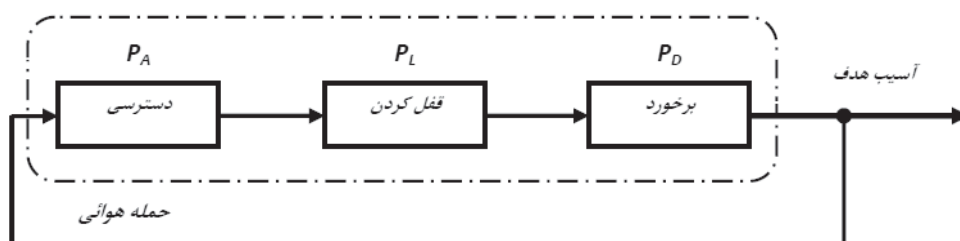
ردیف	نوع مهمات	عنوان مهمات
۱	بمب عادی	MK-۸۲
۲	بمب لیزری	GBU-۱۰/۲۴
۳	بمب مختصاتی	GBU-۲۵ JDAM
۴	موشک کروز	BGM-۱۰۹ TLAM

۱-۲-۱- مفهوم حمله هوایی

در بسیاری از موارد واژه های تهاجم و حمله را معادل یکدیگر فرض می کنند اما صحیح تر آن است که، هر تهاجم هوایی متشکل از تعدادی حمله هوایی است. این بدان معناست که وقتی دشمن اراده می کند که هدف مشخصی را منهدم کند، از نظر تئوری آنقدر به حملات هوایی خود ادامه می دهد تا هدف منهدم شود.

در شکل (۱-۱) نمودار عمومی فرآیند شکل گیری یک آسیب در اثر وقوع یک تهاجم هوایی نمایش داده شده است.

همانطور که ملاحظه می شود، یک حمله هوایی با اجرای سه مرحله دسترسی، قفل کردن و برخورد مهمات شکل می گیرد. اگر هدف به اندازه کافی آسیب نبیند، یک حمله دیگر به اجرا می آید و همچنین ممکن است حملات دیگری نیز یکی پس از دیگری به اجرا در آیند.



شکل ۱-۱- نمودار فرآیند شکل گیری آسیب در تهاجم هوایی

نکته بسیار مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد اینکه این نمودار برای بمب های لیزری صادق است ولی هنگامیکه در مورد بمب های مختصاتی بحث می شود، مراحل قفل کردن و دسترسی حذف شده و صرفاً مرحله برخورد منظور می شود.

۱-۱-۲-۱- حمله و تهاجم هوایی

منظور از حمله هوایی^۱، یکبار پرتاب کردن^۲ مهمات به سمت یک نقطه هدف^۳، با استفاده از یک سکوی پرتاب و در یک پرواز^۴ می باشد. [۱۶] نوع تجهیزات و تاکتیک هایی که در یک حمله هوایی بکار گرفته می شوند، مستقیماً وابسته به نوع مهمات است. لذا مهم ترین مشخصه یک حمله هوایی، نوع مهمات بکار گرفته شده در آن می باشد.

در هنگام مطالعه این کتاب لازم است که به تفاوت بین مفهوم "حمله هوایی" و "تهاجم هوایی" توجه شود. منظور از تهاجم هوایی، اجرای یک مجموعه هماهنگ از حملات هوایی^۵ می باشد که به منظور انهدام یک هدف انجام می شوند. لذا مهم ترین مشخصه یک تهاجم هوایی، تعداد حمله N_s است.

۱-۲-۱-۲- حمل مهمات

از نظر اجرایی، یک حمله هوایی شامل کلیه فعالیت هایی است که برای حمل مهمات از پایگاه هوایی دشمن تا نقطه هدف مورد نیاز هستند و بطور کلی شامل دو فعالیت اصلی است: ناوبری^۶ و هدایت^۷ مسیریابی یا ناوبری به معنی حمل مهمات تا نزدیکی هدف است، جایی که ناحیه هدف قابل تشخیص بوده و هدفگیری امکان پذیر می باشد. در این وضعیت اصطلاحاً می گویند که هدف در دسترس قرار گرفته است. [۴۰]

هدایت به معنی رساندن مهمات به نقطه هدف است. در مورد مهمات هدایت شونده، معمولاً هدایت شامل مراحل اصلی هدفگیری، قفل کردن، خیره شدن و برخورد است. هدفگیری یا نشانه گیری^۸، به معنی کشف و شناسایی نقطه هدف است تا سیستم های پرتاب هواپیما یا ردیاب مهمات بر روی نقطه هدف قفل کند.

^۱ Strike

^۲ Delivery

^۳ در یک حمله به یک هدف ممکن است بیش از یک مهمات استفاده گردد.

^۴ Sortie

^۵ این حملات هوایی می توانند همزمان یا بصورت جداگانه اجرا شوند.

^۶ Navigation

^۷ Guidance

^۸ Target Aiming

برخورد^۱، به معنی خیره شدن ردیاب^۲ بر روی هدف و اصلاح جهت پرواز است، تا زمانیکه مهمات با هدف برخورد نماید یا به معنی فعال شدن مهمات در لحظه مناسب، تا هدف را منهدم نماید. مهمات عادی فاقد سیستم های حسگر و کنترل پرواز هستند و لذا در مورد مهمات عادی، معمولاً هدایت فقط شامل دو مرحله اصلی هدفگیری و پرتاب است.

۱-۲-۲- بازدهی حمله

بمب های لیزری LGB دقیق ترین بمب های حال حاضر جهان محسوب می شوند. این بمب با استفاده از نشانه گذاری لیزری بر روی نقطه هدف قفل می کند. در نتیجه می تواند با دقت خیره کننده ای در نزدیکی هدف فرود آید. نشانه گذاری لیزری هنگامی آغاز می شود که هدف شناسایی شده و فعالیت های هدفگیری با موفقیت به پایان رسیده باشد. لذا بمب های لیزری فقط وقتی می توانند بر روی نقطه هدف قفل کنند که هدف به درستی شناسایی شده باشد. به همین دلیل است که امروزه همه هواپیماهای جنگنده و بمب افکن پیشرفته مجهز به تجهیزات تصویری چند طیفی FLIR (پاد های پیشرفته^۳) هستند که فعالیت های شناسایی هدف و هدفگیری را برای خلبان تسهیل می کنند. همچنین تجهیزات تصویری چند طیفی، یکی از ارکان اصلی در سیستم هدایت مهمات خودکار مانند موشکهای کروزر و مهمات نیمه خودکار مانند موشک های SLAM (ER) هستند.

بمب های مختصاتی JDAM مجهز به تجهیزات مکان یابی مزدوج INS/GPS هستند که مختصات جغرافیایی را با دقت حدود یک متر محاسبه می کند. این نوع بمب نیازی به هدفگیری ندارد و صرفاً با در اختیار داشتن مختصات جغرافیایی نقطه هدف، به سمت آن پرواز می کند. همچنین امروزه کلیه هواپیما ها و بسیاری از مهمات مجهز به سیستم های ناوبری خودکار یا نیمه خودکار هستند که در آنها با استفاده از تجهیزات مکان یابی مزدوج INS/GPS و نقشه های GIS، تصاویر دیجیتال، تصاویر سه بعدی و سایر تجهیزات و نرم افزارهای جانبی، کلیه فعالیت های کنترل مسیر پرواز به صورت دستی، خودکار یا ترکیبی به انجام می رسد.

در نتیجه می توان گفت که مهم ترین ارکان دقت مهمات در جنگ های نوین، وابسته به دو فعالیت بنیادی است:

- مکان یابی با استفاده از تجهیزات مزدوج INS/GPS
- هدفگیری با استفاده از تجهیزات تصویری چند طیفی FLIR

بازدهی یک حمله هوایی که با P_{SS} نمایش داده می شود، یعنی احتمال آماری انهدام یک هدف در اثر اجرای یک حمله هوایی و با استفاده از رابطه بنیادی (۱) بدست می آید:

^۱ Hit or Kill

^۲ Seeker

^۳ Modern Pod

$$P_{SS} = P_A P_L P_D \quad (1)$$

عوامل سه گانه در رابطه (۱) در نمودار عمومی فرآیند شکل گیری یک آسیب در شکل (۱-۱) نمایش داده شده اند و عبارتند از:

- احتمال دسترسی P_A یعنی احتمال اینکه دشمن بتواند با استفاده از مختصات جغرافیایی یا نشانه های زمینی فعالیت های ناوبری را با موفقیت انجام داده و مهمات را به ناحیه هدف برساند و به صورت یک عدد بین صفر و یک تعریف می شود.
- احتمال قفل کردن P_L یعنی احتمال اینکه دشمن بتواند نقطه هدف را (هدفگیری کند) کشف کرده، به درستی تشخیص داده و آنرا با اطلاعات مرجع تطبیق نموده و پس از نشانه گذاری، مهمات را بر روی آن قفل کند و به صورت یک عدد بین صفر و یک تعریف می شود.
- احتمال انهدام P_D یعنی احتمال اینکه مهمات در ناحیه خطر هدف برخورد کرده (منفجر شود) تا موج انفجار آن باعث انهدام هدف بشود و به صورت یک عدد بین صفر و یک تعریف می شود.

نکته بسیار مهمی که هنگام استفاده از این مدل ریاضی باید در نظر گرفت اینکه برای تاکتیک هایی که در آنها از تجهیزات مزدوج INS/GPS استفاده می شود (مثلا بمب های مختصاتی) مقادیر احتمال دسترسی P_A و احتمال قفل کردن P_L را برابر با یک منظور می کنیم.

۱-۲-۲-۱- بازدهی تهاجم و عدد ایمنی

اگر بازدهی حمله در طول دوره جنگ ثابت باقی بماند، بازدهی تهاجم P_N یعنی احتمال انهدام نقطه هدف در یک تهاجم هوایی و از رابطه (۲) بدست می آید: [۱۵]

$$P_N = 1 - (1 - P_{SS})^N \quad (2)$$

در این رابطه، تهاجم هوایی شامل تعداد N حمله است که بازدهی آنها P_{SS} با یکدیگر برابر است. بطور مثال اگر بازدهی یک موشک ۱۵٪ باشد و در یک تهاجم هوایی از ۸ فروند موشک استفاده شود، احتمال انهدام هدف در این سناریو حدود ۷۳٪ است و بصورت زیر محاسبه می شود:

$$P = 1 - (1 - 0.15)^8 = 1 - (0.85)^8 = 1 - 0.272 \approx 73\%$$

گاهی برای حمله به یک هدف از طرح ها، تاکتیک ها یا مهمات مختلفی استفاده می شود که بازدهی آنها با یکدیگر برابر نیست که در این صورت خواهیم داشت: [۱۵]

$$P_N = 1 - (1 - P_{S1})(1 - P_{S2}) \dots (1 - P_{SN}) \quad (3)$$

در این رابطه $P_{S1}, P_{S2}, \dots, P_{SN}$ به ترتیب بازدهی حملات اول، دوم و N ام هستند.

۱-۲-۲-۲- شاخص ایمنی و عدد ایمنی

در این کتاب، تعداد حملات هوایی مورد نیاز برای انهدام یک هدف N را به عنوان عدد ایمنی تعریف می کنیم. افزایش عدد ایمنی از یک طرف به معنی کاهش ریسک هدف و از طرف دیگر بیان کننده

هزینه دشمن برای انهدام هدف است. عدد ایمنی، شاخص مناسبی برای بیان سطح ایمنی اهداف است که در متون نیروی هوایی آمریکا نیز برای بیان هزینه انهدام یک هدف مورد استفاده قرار می گیرد. [۱۶] حداقل مقدار قابل بحث برای عدد ایمنی $N = 1$ است. این بدان معنی است که برای انهدام هدف، فقط به یک حمله نیاز است.

۱-۲-۳- محدودیت دشمن در تعداد حملات هوایی

در واقعیت، دشمن هرگز نمی تواند برای انهدام یک هدف هر تعداد حمله که لازم بداند انجام بدهد. لذا می توان با استفاده از این محدودیت، میزان ایمنی یک هدف را تعیین نمود. عدد حمله N_s یعنی حداکثر تعداد حملات هوایی که دشمن می تواند برای انهدام یک هدف مشخص انجام بدهد. هنگامی ایمنی وجود دارد که $N > N_s$ و لذا عدد حمله N_s معیار اصلی در تعیین میزان ریسک و ایمنی یک هدف محسوب می شود. برخی از مهم ترین عوامل موثر بر عدد حمله N_s عبارتند از:

- تعداد پایگاه های هوایی منطقه ای و فرمانطقه ای دشمن
- تعداد هواپیماهای قابل استفاده
- میانگین فاصله پایگاه های هوایی تا اهداف
- تعداد کل نقاط هدف در کشور
- زمان بندی و محدودیت های زمانی حاکم بر جنگ
- ظرفیت های دفاع هوایی و دفاع ضد هوایی کشور

محاسبه و گزینش عدد حمله N_s موضوعی است که باید در سطوح ملی در مورد آن تصمیم گیری شود. این محاسبات نیازمند مدل سازی در سطوح بالای جنگ بوده و لذا باید در کتاب دیگری به این موضوع پرداخته شود. در ادامه این کتاب، فقط به موضوع محاسبه عدد ایمنی اهداف پرداخته خواهد شد.

۱-۲-۴- رابطه بین بازدهی حمله و عدد ایمنی

قبل از هر چیز باید در نظر داشت که عدد ایمنی یک مقیاس نسبی^۱ است بدین معنی که صرفاً برای مقایسه سطح ایمنی اهداف نسبت به یکدیگر بکار می رود^۲. در این کتاب عدد ایمنی یک هدف N از محاسبه تعداد حملات مورد نیاز برای دسترسی به بازدهی ۶۵٪ بدست می آید. بدین ترتیب عدد ایمنی یک هدف، به نوع و تعداد حملات یک تهاجم هوایی مرتبط می شود و اگر فرض کنیم که بازدهی حملات در طول جنگ ثابت است می توانیم بنویسیم:

$$P_N = 1 - (1 - P_{SS})^N = 0.65$$

^۱ در این جمله واژه نسبی در برابر واژه مطلق مورد استفاده قرار می گیرد.

^۲ لذا می توان بجای ۶۵٪ هر مقدار دیگری را به عنوان معیار تعریف کرد (مثلاً معیار ۷۰٪ یا بیشتر) و این امر در نتایج مقایسه تاثیری نخواهد داشت.

$$N = -\frac{1}{\ln(1 - P_{SS})} \quad (4)$$

در این رابطه \ln علامت لگاریتم طبیعی است.

۱-۲-۲-۵- معیار بازدهی ۶۵٪

اکنون باید به این سوال پاسخ داده شود که چرا معیار ۶۵٪ برای محاسبه عدد ایمنی برگزیده شده است؟

با توجه به نتایج جنگ های اخیر اتحادیه ناتو می توان گفت که:

- انهدام ۶۵٪ از نقاط هدف باعث شکست کشور می شود
- میانگین بازدهی حملات هوایی اتحادیه ناتو حداکثر ۶۵٪ است

۱-۲-۲-۵-۱- آمار جنگ های ۱۹۹۱ عراق و ۱۹۹۵ یوگوسلاوی

گزارش های بازدهی حملات هوایی در مورد جنگ های ۲۰۰۲ افغانستان یا ۱۹۹۹ کوزوو در دسترس نیست اما پاره ای از اطلاعات در مورد جنگهای ۱۹۹۱ عراق و جنگ ۱۹۹۵ یوگوسلاوی قابل دسترس است.

در سال ۱۹۹۵ دولت یوگوسلاوی پس از ۱۶ روز حملات هوایی ناتو، تسلیم شد. در یک گزارش رسمی منتشر شده در مورد این جنگ مشخص شد که انهدام میانگین حدود ۶۵٪ از نقاط هدف، ظرفیت فعالیت های حیاتی های کشور را تا حدی کاهش داد که باعث تسلیم دولت یوگوسلاوی شد.

[۱۲]

در جنگ ۱۹۹۱ عراق گزارش رسمی کنگره آمریکا [۹] نشان می دهد که:

- تعداد اهداف برق ۲۹ بوده و انهدام حدود ۵۷٪ از این اهداف باعث کاهش حدود ۸۸٪ از ظرفیت تولید و توزیع قدرت برق شد.
- تعداد اهداف خطوط حمل و نقل ۵۹ بوده و انهدام حدود ۶۷٪ از این اهداف باعث کاهش بیش از ۹۰٪ از ظرفیت حمل و نقل زمینی عراق شد.

همانطور که ملاحظه می شود بطور میانگین، انهدام حدود ۶۵٪ از اهداف برق و خطوط حمل و نقل باعث کاهش حدود ۹۰٪ از ظرفیت های این سیستم ها در جنگ ۱۹۹۱ عراق شده است.

به عبارت دیگر می توان گفت که اتحادیه ناتو نقاط هدف را بر این مبنا گزینش می کند که انهدام حدود ۶۵٪ از نقاط هدف باعث توقف فعالیت های حیاتی و تحمیل شکست به کشور بشود^۱.

همچنین در گزارش های جنگ های ۱۹۹۱ عراق [۹] و [۱۱] و ۱۹۹۵ یوگوسلاوی [۱۲] میانگین بازدهی بمب های لیزری حدود ۶۰٪ و میانگین بازدهی موشکهای کروز حدود ۶۵٪ است^۱.

^۱ در جنگ های اخیر اتحادیه ناتو برای گزینش نقاط هدف از راهبرد واردن استفاده شده است.

۱-۲-۲-۵-۲-آمار جنگ ۲۰۰۳ عراق

جنگ ۲۰۰۳ عراق پیشرفته ترین جنگ جهان تا زمان انتشار این کتاب است. در این جنگ آخرین فن آوری های موجود در ارتش های مدرن جهان بر علیه کشور عراق به کار گرفته شد. در این جنگ ظرف ۲۴ روز تقریباً ۲۰۷۰۰ حمله به ۱۹۹۰۰ نقطه هدف اجرا شد. [۱۴] به عبارت دیگر، در جنگ ۲۰۰۳ عراق به طور میانگین، به هر نقطه هدف فقط یک حمله صورت گرفته است (البته مقدار دقیق آن ۱.۰۴ حمله به هر هدف بود). و لذا عدد ایمنی اهداف تقریباً برابر با یک $N = 1$ یعنی حداقل مقدار ممکن بوده است. اگر با توجه به نتایج جنگ های ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵ بپذیریم که انهدام حدود ۶۵٪ از نقاط هدف منجر به توقف فعالیت های حیاتی عراق در سال ۲۰۰۳ و شکست این کشور شده است، مشخص می گردد که میانگین بازدهی حملات هوایی آمریکا در این جنگ حدود ۶۵٪ بوده است.

۳-۱- اصطلاحات و متغیرهای اصلی مدل

منظور از نگارش این بخش، ارائه یک نگاه عمومی به فلسفه مدل پیشنهادی و تبیین برخی از مفاهیم اصلی کتاب می باشد.

۱-۳-۱- پ غ ع

پ غ ع علامت اختصاری پدافند غیرعامل بوده و تعریف آن عبارت است از: «مجموعه اقدامات غیرمسلحانه ای که موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب پذیری، تداوم فعالیت ها، ارتقاء پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات و اقدامات نظامی دشمن می شود.»

۲-۳-۱- مهمات

مهمات^۲ بمب یا موشک مسلح به سرجنگی^۳ و دارای فیوز می باشد. سرجنگی های مهمات به دو گروه متعارف و نامتعارف تقسیم بندی می شوند. سرجنگی متعارف شامل انواع انفجاری، نفوذی^۴، ترکشی یا

^۱ این بدان معنی نیست که بازدهی هیچ مهماتی به این مقدار نرسیده باشد. بلکه این موضوع نشان می دهد که در گزارش های قابل دسترس، بیشترین کانون توجه کارشناسان برای ارزیابی بازدهی مهمات به بمب های لیبری و موشک های کروز معطوف بوده است.

^۲ Ordnance / Munitions

^۳ Warhead

^۴ Penetrator

آتش زا هستند و معمولا از سرجنگی انفجاری بر علیه اهداف ثابت استفاده می شود. سرجنگی های انفجاری موضوع اصلی این کتاب می باشد.^۱

سرجنگی نامتعارف شامل انواع الکترومغناطیسی، گرافیتی، شیمیایی، میکروبی و اعلامیه هستند که موضوع این کتاب نمی باشد.

۱-۳-۳- تهدید نظامی

معنای لغوی تهدید^۲، ترساندن، بیم دادن و تولید خطر است. در این کتاب، واژه تهدید به عنوان معادل معنای واژه تخصصی مخاطره^۳ می باشد. تهدید از نظر ماهیت، فقط در حد یک ایده و صرفا یک خطر بالقوه می باشد که نه تنها محقق نشده بلکه ممکن است هیچگاه بوقوع نپیوندد.

تهدیدها به دو دسته تهدیدهای طبیعی و انسان ساز تقسیم می شوند. [۱]

تهدیدهای طبیعی شامل سیل، زلزله و توفان و تهدیدات انسان ساز شامل سه گروه نظامی، امنیتی و تصادفی هستند. تهدیدات امنیتی مانند خرابکاری و بمبگذاری و تهدیدات تصادفی مانند آتش سوزی، انفجار مخازن یا نشت مواد سمی هستند. بطور کلی تهدید نظامی شامل تهاجم هوایی، زمینی و دریایی می باشد که در این کتاب فقط به تهدیدات ناشی از تهاجم هوایی پرداخته می شود.

تهدید نظامی، یک استعداد نهفته در یک مهمات است که می تواند به دارایی ها و/یا نیروی انسانی آسیب بزند.

مثلا در مورد تهدیدات متعارف، وقتی که سرجنگی یک مهمات فعال می شود، تهدیدات نهفته در آنها به وقوع پیوسته و در فضا منتشر می شود.

۱-۳-۴- نقطه هدف

نقطه هدف^۴ ناحیه ای می باشد که دشمن در نظر دارد، مهمات را در نزدیکترین فاصله نسبت به آن، فعال نماید.

۱-۳-۵- احتمال دسترسی و قفل کردن

برای حمل مهمات تا نقطه هدف، ضرورت دارد که ابتدا آنرا تا ناحیه هدف حمل کنند که در این کتاب به عنوان "دسترسی به ناحیه هدف" مطرح می شود. در برخی از تاکتیک های حمله هوایی مانند بمب

^۱ بطور کلی انواع موشکها یا راکت های لیزری یا هلی فایر که معمولا برای حمله به اهداف متحرک بکار می روند، در گروه مهمات هدایت شونده دسته بندی می شوند. اما تمرکز مطالب این کتاب بر روی اهداف است و لذا به مهماتی مانند هلی فایر پرداخته نمی شود.

^۲ Threat

^۳ Hazard

^۴ Aim Point

های JDAM ، بمب های SDB، موشک های کروز، موشک های SLAM (ER) یا تاکتیک بمباران مختصاتی، می توان بدون بهره برداری از حسگرهای تصویری و صرفا با استفاده از مختصات جغرافیایی، مهمات را هدایت نمود. در این تاکتیک ها از سیستم های مکان یابی جغرافیایی به عنوان جایگزین تجهیزات تصویری استفاده می شود. اما در سایر موارد، باید احتمال دسترسی و قفل کردن را بر مبنای قابلیت رویت پذیری نشانه ها و ظرفیت های سکوی حمله برای جستجو و شناسایی ناحیه هدف، محاسبه نمود.

۱-۳-۶- سکوی حمله^۱

در این کتاب^۲، سکوی حمله عبارت است از موشک یا هواپیمایی که مهمات را به سمت هدف حمل می کند. [۹] مهمترین مشخصات سکوی حمله عبارتند از:

- مشخصات فنی تجهیزات مکان یابی مزدوج INS/GPS
- مشخصات فنی تجهیزات تصویری چند طیفی FLIR
- مشخصات فنی تجهیزات رادار تصویری SAR
- ارتفاع و سرعت پرواز.

۱-۳-۷- ناوبری و مسیریابی

هر چند که هواپیماها یا برخی از مهمات پیشرفته امروزی قادر هستند که فعالیت های ناوبری و مسیریابی را با استفاده از سیستم های خودکاری انجام دهند که با رایانه های پیشرفته و تجهیزات مکان یابی جغرافیایی مانند INS , GPS راهبری می شوند اما همچنان فعالیت های هدفگیری وابسته به شناسایی دیداری هدف توسط خلبان می باشد. لذا بازدهی خلبان برای شرایطی که سیستم های خودکار احتمال خطا دارند، همچنان یک موضوع بحرانی محسوب می شود. [۳۹] بدین ترتیب، می توان موضوع دسترسی به ناحیه هدف را از طریق دو روش موازی دنبال نمود:

(۱) استفاده از سیستم های خودکار مجهز به تجهیزات مزدوج INS/GPS

(۲) استفاده از نقشه های مسیریابی و نشانه های زمینی توسط خلبان

۱-۳-۸- شعاع اغتشاش

سیستم های مکان یابی مزدوج با استفاده از ترکیب تجهیزات GPS و INS قادر به محاسبه مختصات جغرافیایی با دقت بسیار بالا بوده و رکن اصلی سیستم های ناوبری خودکار هستند. اگر سطح اغتشاش

^۱ Platform

^۲ بطور کلی سکوی پرتاب به تجهیزات خاصی اطلاق می شود که جهت پرتاب مهمات بکار می رود و بر اساس محل استقرار آنها شامل سکوهای زمین پایه، دریا پایه، هواپایه و فضاپایه هستند.

رادبویی در باند سیگنال های ماهواره ای زیاد باشد، آنگاه گیرنده های GPS قادر به فعالیت نبوده و در صورتیکه شعاع منطقه اغتشاش گسترده باشد، خطای سیستم INS هر لحظه افزایش خواهد یافت. در چنین شرایطی کارآئی سیستم های مکان یابی جغرافیایی به شدت کاهش می یابد. در نتیجه، شعاع اغتشاش یکی از عوامل موثر در برآورد احتمال دسترسی است.

۱-۳-۹- احتمال قفل کردن

وقتی که فعالیت های دسترسی به ناحیه هدف تکمیل شوند، هواپیما مستقیماً به سمت نقطه هدف پرواز می کند و مرحله هدفگیری آغاز می شود. در این مرحله برای کشف و شناسایی نقطه هدف، باید ناحیه هدف را جستجو کنند^۱. وقتی که نقطه هدف شناسایی شود، هدفگیری پایان پذیرفته و مهمات بر روی نقطه هدف قفل می کند. برای اینکه بدانیم که احتمال قفل کردن مهمات P_L بر روی نقطه هدف چقدر است، به اطلاعات زیر نیاز داریم:

- مشخصات فنی حسگرهایی که برای هدفگیری بکار می روند.
- بازتاب های پس زمینه و هدف که باعث شفافیت یا پیچیدگی صحنه می شود.
- شرایط جوی و وضعیت سرزمین که باعث تضعیف انرژی دریافتی حسگر می شوند.

۱-۳-۱۰- وضوح دریافتی

تحقیقات نشان دهنده آنست که مهم ترین عامل در تعیین بازدهی شناسایی دیداری، میزان وضوح دریافتی هدف نسبت به پس زمینه است. وضوح دریافتی یعنی میزان اختلاف نسبی تصویر هدف نسبت به تصویر پس زمینه که خلبان (یا سیستم های خودکار هدفگیری) آن را مشاهده می کند. میزان وضوح دریافتی به عوامل محیطی و از جمله میزان تضعیف اتمسفر وابسته است و لذا انجام اقداماتی مانند عملیات دود می تواند باعث کاهش وضوح دریافتی شود. همچنین می توان با استفاده از اقدامات استتار، فریب و اختفاء میزان وضوح دریافتی را کاهش داد. حداقل وضوح دریافتی مورد نیاز برای کشف و شناسایی یک شی یا "وضوح آستانه" با انجام تحقیقات و آزمایش های متعدد، بدست آمده است. لذا می توان میزان احتمال قفل کردن مهمات را به صورت تابعی از وضوح دریافتی بیان نمود.

^۱ در برخی از سناریوهای حمله هوایی که در آنها صرفاً از مختصات جغرافیایی هدف برای هدایت مهمات استفاده می شود، مانند بمب های از نوع JDAM مسئله قفل کردن مطرح نیست. مبنای محاسبات بازدهی این نوع تاکتیک های حمله، در بخش پایانی فصل سوم ارائه شده است.

۱-۳-۱۱- فرصت جستجو

در تحقیقات و آزمایش های شبیه سازی شده و آزمایش های میدانی اثبات شده است که مدت زمانی که برای کشف هدف در اختیار خلبان قرار می گیرد یا "فرصت جستجو" تاثیر قابل ملاحظه ای در بازدهی فعالیت های کشف و شناسایی اهداف دارد. به گونه ای که می توان احتمال شناسایی یک هدف را به صورت یک تابع نمائی از فرصت جستجو نمایش داد.

۱-۳-۱۲- توابع ریاضی احتمال شناسایی

با توجه به واقعیت های فوق الذکر، در فصل پنجم این کتاب، مسئله دسترسی و هدفگیری با دقت بیشتری مرور شده و توابع ریاضی و متغیرهای مربوط به آنها برای برآورد "احتمال قفل کردن" P_L و "احتمال دسترسی" P_A ارائه می شود.

۱-۳-۱۳- احتمال انهدام

پس از قفل کردن، مرحله نهائی پرواز مهمات آغاز می شود. در این مرحله، اصابت دقیق مهمات به نقطه هدف و انفجار آن بر روی هدف مطلوب ترین حالت می باشد. اما در واقعیت چنین چیزی به وقوع نخواهد پیوست و در بهترین شرایط، مهمات در نزدیکی نقطه هدف منفجر می شود. اکنون سوال اصلی این است که احتمال انهدام هدف P_D یعنی احتمال اینکه مهمات در فاصله ای منفجر شود که هدف منهدم بشود، چقدر است؟ پاسخ این سوال به متغیرهای اصلی زیر وابسته است:

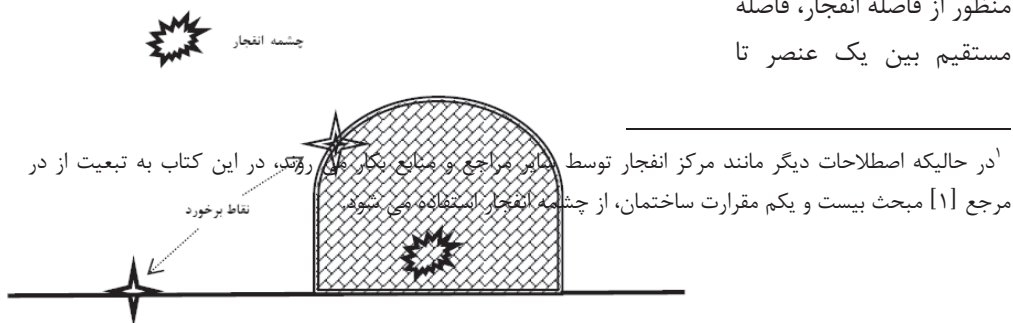
- میزان خطای مهمات CEP
- میزان کارائی مهمات P_R
- میزان ظرفیت سرچنگی مهمات W
- آستانه مقاومت هدف در برابر موج انفجار

۱-۳-۱۴- چشمه انفجار^۱

چشمه انفجار نقطه ای می باشد که انتشار موج فشار از آنجا شروع می شود. در این نقطه، فیوز مهمات عمل می کند و سرچنگی آنرا فعال می نماید.

۱-۳-۱۵- فاصله انفجار

منظور از فاصله انفجار، فاصله مستقیم بین یک عنصر تا



شکل ۲-۱ - شماتیک چشمه انفجار و نقطه برخورد مهمات

^۱ در حالیکه اصطلاحات دیگر مانند مرکز انفجار توسط منابع مراجع و منابع دیگر بیان شده است، در این کتاب به تبعیت از مرجع [۱] مبحث بیست و یکم مقررات ساختمان، از چشمه انفجار استفاده می شود.

چشمه انفجار است. در نتیجه فاصله انفجار برای عناصری که در نقاط مختلف یک محوطه قرار دارند، متفاوت می باشد.

بطور کلی هر چه فاصله انفجار یک عنصر بیشتر باشد، انرژی کمتری را دریافت کرده و احتمال تخریب آن کمتر است. هر چیزی که بین یک عنصر و چشمه انفجار قرار داشته باشد، یک سپر محسوب شده و بخشی از انرژی انفجار را جذب می کند.

۱-۳-۱۶- شعاع آسیب پذیری

منظور از شعاع آسیب پذیری حداکثر فاصله انفجاری است که باعث تخریب یک عنصر می شود.

۱-۳-۱۷- نقطه برخورد

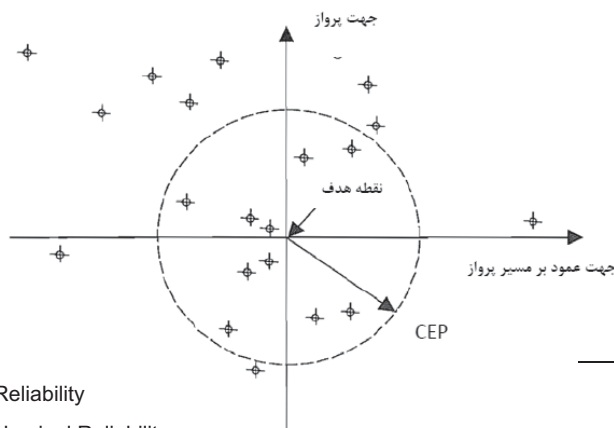
نقطه برخورد، ناحیه ای از سطح زمین یا سازه ها می باشد که مهمات در آنجا قرار گرفته یا با آن برخورد نموده است. ذکر این نکته ضروری می باشد که ماهیت نقطه برخورد با ماهیت چشمه انفجار متفاوت است، این موضوع در شکل (۱-۲) نمایش داده شده است. به عبارت دیگر سرچنگی گروهی از مهمات در نقطه برخورد فعال نمی شود، برخی قبل از رسیدن به نقطه برخورد و برخی نیز بعد از برخورد فعال می شوند.

۱-۳-۱۸- کارآئی^۱ مهمات

کارآئی به معنی احتمال عملکرد مهمات مطابق با مشخصات فنی آن می باشد و با درصد نمایش داده می شود. کارآئی نامی^۲ مهمات پارامتری است که فقط توسط سازنده آن قابل محاسبه می باشد اما کارآئی واقعی^۳ مهمات بر اساس آمار، گزارش های رسمی و سوابق جنگ های اخیر بدست می آید.

۱-۳-۱۸-۱- خطای مهمات

خطای مهمات را با CEP نمایش می دهند که می توان آن را با اصطلاح خطای محتمل دایروی^۴ بیان نمود. خطای محتمل دایروی CEP برابر با شعاع دایره



^۱ Reliability

^۲ Nominal Reliability

^۳ Actual Reliability شماتیک خطای محتمل دایروی

^۴ CEP / Circular Error Probable

ای است که مرکز آن روی نقطه هدف قرار داشته و به احتمال ۵۰٪ چشمه انفجار درون آن خواهد بود. در شکل (۳-۱) مفهوم خطای محتمل دایروی بصورت شماتیک توصیف شده است. خطای محتمل دایروی، مشخص کننده میزان خطای مهمات در شرایط ایدآل حمل و هدفگیری می باشد و با فرضیات زیر محاسبه می گردد:

- سیستم کنترل مهمات دقیقاً مطابق با انتظار عمل کرده است.
- مشخصات فنی در مورد ماهیت احتمالی پرواز مهمات، قابل قبول می باشد.
- خطایی در ناوبری و هدفگیری وجود نداشته است.

۱-۳-۱۹- تابع ریاضی احتمال انهدام هدف

با توجه به تعاریف فوق الذکر، در فصل های سوم و چهارم این کتاب موضوع کارائی و خطای مهمات مورد بررسی قرار گرفته و تابع ریاضی محاسبه احتمال انهدام هدف در یک حمله هوایی ارائه شده است.

۲ فرآیند شکل‌گیری تهاجم هوایی

یک مدل محاسباتی هنگامی قابل بهره‌برداری خواهد بود که بتواند واقعیت‌های خارجی را پیش‌بینی کند، اما پدیده‌های واقعی همواره پیچیده هستند. به این معنی که تعداد عوامل موثر در آنها آنقدر زیاد است که هزینه‌های اندازه‌گیری مقادیر و پیش‌بینی حالات آن، بسیار گزاف خواهد بود. به همین دلیل است که معمولاً برای کاهش هزینه‌های محاسبات، از تقریب‌های مهندسی استفاده می‌شود. از طرفی حتی هزینه‌های دسترسی به محاسبات و مدل‌های تقریبی نیز قابل توجه است و لذا مقابله بین دقت و هزینه، همواره باعث رشد و پیشرفت روش‌های محاسباتی خواهد شد.

در این کتاب مدل محاسبات ایمنی با ساده‌سازی فرآیند واقعی شکل‌گیری تهاجم هوایی بدست می‌آید. مدل‌های ساده ولی کارآمدی در برخی از متون مرجع نیروی هوایی آمریکا [۴] یافت می‌شود اما در یک مدل پویا، باید نکاتی مانند تکرار حمله و گزینش مهمات مختلف نیز مد نظر قرار بگیرند. در این فصل نگاهی گذرا به فرآیند واقعی شکل‌گیری حملات هوایی خواهیم داشت و با توجه به مدل‌های محاسباتی موجود، راهبردهای رفع نقاط ضعف آنها را ارائه می‌کنیم. در پایان این فصل با توجه به نوع مهمات، سناریوهای مختلف حملات هوایی را توصیف و مراحل اصلی آنها را تبیین می‌کنیم.

۲-۱- ترسیم یک مدل پویا

برای آنکه اطمینان حاصل کنیم که از یک مدل واقع‌گرایانه بهره‌مند هستیم و تمامی نکات مورد نیاز را در آن مورد توجه قرار داده‌ایم، کار خود را از مدل یک جنگ واقعی آغاز می‌کنیم. ابتدا مشخص می‌کنیم که جایگاه یک تهاجم هوایی در یک جنگ واقعی چیست؟ سپس مراحل مختلف شکل‌گیری آسیب در تهاجم هوایی را تبیین می‌کنیم و برای اطمینان از صحت نتیجه‌گیری‌های خود از مدل‌های محاسباتی استاندارد موجود بهره خواهیم گرفت.

۲-۱-۱- سطوح جنگ

بطور کلی، جنگ‌ها به منظور ایجاد تغییر در رفتار یک ملت شکل می‌گیرند. چهار سطح از تصمیم‌گیری‌های جنگی قابل بحث هستند:

- راهبردی عالیه Grand Strategic
- راهبردی Strategic
- عملیاتی Operational
- تخصصی یا تاکتیکی Tactical

۲-۱-۱-۱-۱- سطوح راهبردی

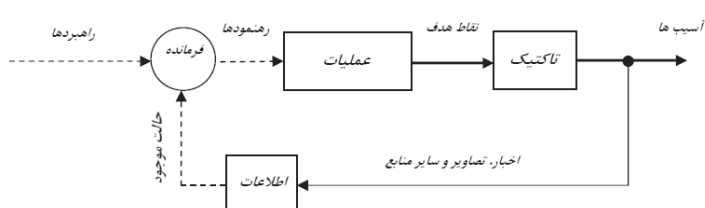
سطح راهبردی عالی‌ه جنگ سطحی است که در آن بنیادی‌ترین و در عین حال مفهومی‌ترین تصمیمات گرفته می‌شوند و درباره اصل ورود یا عدم دخالت کشور در جنگ تصمیم‌گیری می‌شود، یا مشخص می‌شود که صلحی که پس از جنگ مد نظر است چه ویژگی‌هایی دارد؟ مثلاً تصمیمی که رئیس‌جمهور وقت ایالات متحده آمریکا در مورد سرنگونی رژیم صدام حسین با اشغال نظامی خاک عراق در سال ۲۰۰۳ اتخاذ نمود، یک راهبرد عالی‌ه محسوب می‌شود.

یک سطح پائین‌تر نیز سطح راهبردی است که به هدایت عمومی جنگ توجه دارد. در این سطح در مورد مقادیر تقریبی نیروهایی که قابل دسترس هستند و میزان فشاری که باید در میدان‌های مختلف وارد شود، تصمیم‌گیری می‌شود. مثلاً اینکه اتحادیه ناتو در مرحله اولیه جنگ‌های دو دهه اخیر خود از تهاجم هوایی بر علیه مراکز ثقل کشورهای عراق، کوزوو، افغانستان و یوگوسلاوی استفاده کرده است، یک تصمیم‌گیری راهبردی محسوب می‌شود.

۲-۱-۱-۲- سطوح عملیاتی و تاکتیکی

سطح عملیاتی جنگ یک سطح پائین‌تر از سطح راهبردی است. بطور کلی یک فرمانده جنگی بیشتر متوجه عملیات‌هایی است که از طریق راهبردها به او دیکته شده است. در اینجا توجه اصلی بر روی این نکته است که چگونه می‌توان به کمک راهبردی که توسط سطوح بالاتر تعیین شده است جنگ را با استفاده از نیروهایی که قابل دسترس هستند به پایان برد و در این سطح طرح‌هایی برای حملات نظامی ساخته و مقداری که باید از نیروها در نقاط مختلف میدان جنگ استفاده شود، تعیین می‌شود.

پائین‌ترین سطح در یک جنگ، سطح تخصصی یا تاکتیکی است. در این سطح حملات هوایی بصورت فیزیکی به اجرا در می‌آیند و مطلوب‌ها اصلاً مبهم نیستند. کلمه "غیر مبهم" مهم است زیرا از طرف فرماندهان بالاتر به



نیروهایی که تحرکات تاکتیکی را طراحی یا اجرا می‌کنند گفته می‌شود که دقیقاً چه کاری باید انجام بدهند. مثلاً انهدام مرکز فرماندهی

شکل ۲-۱- نمودار فرآیند عمومی جنگ هوایی

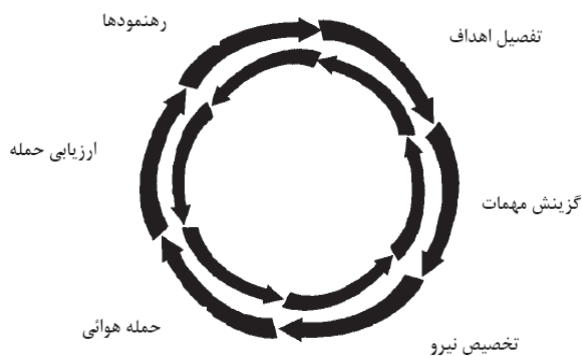
پایگاه هوایی بغداد با استفاده از یک بمب لیزری که با هواپیمای F-۱۱۷ حمل می‌شد یک تصمیم تاکتیکی بود.

در این کتاب، فرآیند عمومی تهاجم هوایی با استفاده از واقعیت های حاکم بر سطح عملیاتی جنگ تبیین شده است. ساختار اصلی محاسبات و مباحث این کتاب عمدتاً به سطح تاکتیکی جنگ مربوط می شوند.

۲-۱-۱-۳- فرآیند هدف یابی^۱

سطوح عملیاتی و تاکتیکی جنگ هوایی در قالب فرآیند هدفیابی توصیف می شوند. منظور از هدفیابی تامین پیشرفتی منطقی در گسترش راه حل های جنگی برای تحقق تصمیم های راهبردی می باشد. هدف، یک ناحیه جغرافیایی، مجموعه یا تاسیسات است که به منظور تسخیر یا انهدام آن توسط نیروی نظامی، برنامه ریزی شده است و هدفیابی فرآیندی است که در آن، اهداف و واکنش مناسب در برابر آنها با توجه به نیازمندیهای عملیاتی و ظرفیت های موجود، گزینش می شود. [۵] از سال ۱۹۶۳ تا

کنون، ارتش آمریکا از روشهای تهاجمی استاندارد پیروی می نماید. دستورالعمل هدفیابی و مدارک پشتیبان، پس از ۳۰ سال توسعه، بررسی و بازنگری، در سال ۱۹۹۴ نهایی شد. [۱۵] استاندارد فرآیند هدفیابی، در کلیه جنگ های هوایی دو دهه اخیر مورد استفاده بوده است. بر اساس متون استاندارد ارتش آمریکا [۶]، هدفیابی، بصورت



شکل ۲-۲- نمودار فرآیند هدفیابی

گزینش، اولویت بندی و واکنش نسبت به اهداف، با توجه به نیازها و فرصتها تعریف شده و شامل یک چرخه شش مرحله ای است. مراحل هدفیابی وابسته به زمان نیستند و برخی از این مراحل ممکن است بطور همزمان به اجرا درآیند، اما تعریف هر مرحله یک روش مناسب برای تعیین گامهایی است که به منظور هدفیابی صحیح باید پوشش داده شوند. این فرآیند حتی گردش معکوس مراحل را در بر دارد. در مطالعات پ غ ع لازم نیست جزئیات همه مراحل ششگانه هدفیابی در محاسبات ارائه شوند.

(۱) مطلوبها و رهنمودها Objectives & Guidance که مشخص می کند به کدام سیستم ها باید حمله بشود.

(۲) تفصیل اهداف Target Development که مشخص می کند کدام نقطه در کدام هدف باید منهدم شود (نقطه هدف) و ویژگی های رویت پذیری و آسیب پذیری آن را تعریف می کند.

^۱ Targeting

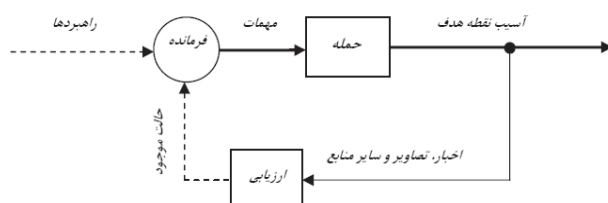
- (۳) گزینش مهمات Weaponeering که مشخص می کند کدام تاکتیک، کدام نوع مهمات و کدام نوع سکو برای حمله به نقطه هدف مناسب است.
- (۴) تخصیص نیرو Force Application که مشخص می کند کدام واحد باید عملیات را اجرا کند.
- (۵) حمله هوایی به اهداف Attack of Targets یعنی حمل مهمات تا نزدیک ترین فاصله نسبت به نقطه هدف، که فرآیند آن در این فصل ارائه می شود.
- (۶) ارزیابی حمله Combat Assessment که آسیب های وارد شده به هدف را ارزیابی کرده و در صورت لزوم باعث تکرار شدن حمله هوایی می شود.

۲-۱-۲- مدل محاسباتی تهاجم هوایی

با استفاده از استاندارد هدفیابی [۴] می توان نمودار عمومی تهاجم هوایی به یک نقطه هدف^۱ را بصورت شکل (۳-۲) بدست آورد.

تاثیر راهبردهای جنگ و تصمیم گیری های فرماندهی در مورد حداکثر تعداد حملات هوایی، موضوع محاسبات این کتاب نمی باشند در نتیجه می توان برای سادگی، آنها را از نمودار حذف نمود. اما همانطور که ملاحظه می شود در این نمودار، گزینش مهمات و ارزیابی حمله دو عنصر بسیار مهم و تاثیرگذار در سرنوشت یک تهاجم هوایی هستند.

۲-۱-۲-۱- گزینش مهمات



شکل ۳-۲- نمودار عمومی تهاجم هوایی به یک نقطه هدف

در این مرحله با توجه به امکانات تهاجمی، بازدهی مطلوب، آسیب پذیری، رویت پذیری، قابلیت دسترسی و حساسیت های هدف، طرح بهینه حمله و مهمات گزینش شده به نیروهای نظامی

ابلاغ می گردد. این مرحله یکی از فعالیتهای بحرانی در طراحی حملات بوده و به شدت به اطلاعات شناسایی اولیه وابسته می باشد. گزینش مهمات بر مبنای یک زنجیره محاسبات استاندارد انجام می پذیرد و مشخص می نماید که هزینه های دسترسی به مطلوبها و احتمال موفقیت عملیات چقدر است.

^۱ البته در واقعیت این فرآیند برای تهاجم چند هزار نقطه هدف طراحی شده است اما در این کتاب برای تبیین مدل محاسباتی خود به فرآیند تهاجم هوایی به یک نقطه هدف نیاز داریم.

۲-۱-۲-۲- اجرای یک حمله هوایی

همانطور که قبلاً ملاحظه شد، حمله هوایی شامل کلیه فعالیت های مورد نیاز برای حمل مهمات از پایگاه هوایی دشمن تا نقطه هدف می باشد. این فعالیتها با گزینش مهمات آغاز شده و با انفجار مهمات به پایان می رسند و در نمودار شکل گیری حمله هوایی شکل (۲-۴) در ۹ مرحله دسته بندی شده اند.

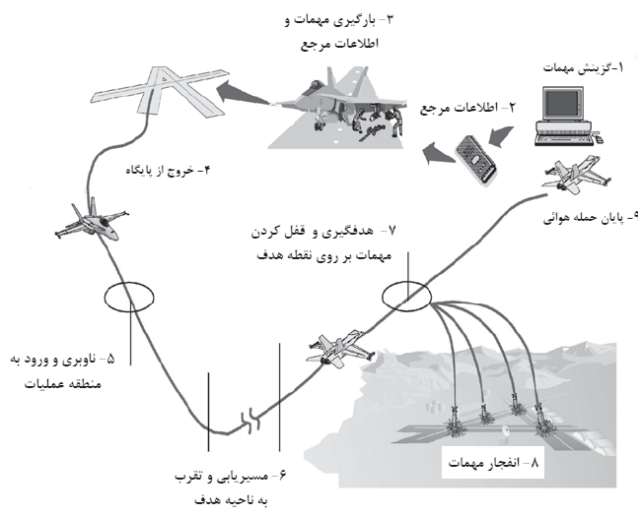
۲-۱-۲-۳- ارزیابی حمله

ارزیابی حمله یک فعالیت موثر و گسترده است و سعی می کند به این سوال پاسخ دهد که "چقدر از کار انجام شده است؟ و در گام بعدی چه باید کرد؟"

ارزیابی حمله یک فرآیند پیوسته و پویاست که تصمیمات جاری و آینده بر مبنای آن اتخاذ می گردد. نتیجه نهایی این مرحله در سطوح راهبردی و/یا عملیاتی به توسعه یا اصلاح راهبردها و رهنمودها می انجامد. با استفاده از نتایج این مرحله، یک پیشنهاد به فرمانده ارائه می شود که شامل توصیه های سیستماتیک برای حمله مجدد به اهداف است. ارزیابی حمله یک مرحله بحرانی در شکل گیری تهاجم هوایی است. زیرا اگر هدف در اثر حمله منهدم نشده باشد و همچنان به فعالیت خود ادامه دهد دشمن می تواند با ارزیابی دلایل عدم نتیجه گیری از حملات قبلی، بازدهی حملات بعدی خود را افزایش دهد.

۲-۱-۲-۴- فرآیند آسیب هدف

طراحان پ غ ع قادر نیستند هیچ تاثیر مستقیمی بر روی مراحل اول (رهنمودها و مطلوبها) و چهارم (تخصیص نیرو) یک تهاجم هوایی بگذارند. از نظر تئوری می توان با رعایت اصول حفاظت از اطلاعات و همچنین برنامه های فریب مناسب، فعالیت های مرحله دوم (تفصیل اهداف) و مرحله ششم (ارزیابی حمله) را دچار انحراف و خطا نمود و از این طریق بر روی فرآیند تهاجم هوایی تاثیر



شکل ۲-۴- مراحل اصلی شکل گیری یک حمله هوایی

گذاشت. پرداختن به این گونه مباحث دارای طبقه بندی بوده و از محدوده این کتاب خارج است. لذا در ادامه این کتاب، همواره فرض می کنیم که مهمات از پایگاه هوایی دشمن تا منطقه عملیاتی حمل

شده است و فقط مراحل دسترسی، قفل کردن و برخورد باقی مانده اند. اکنون مشخص می شود که چرا در فصل قبلی از نمودار ساده شده فرآیند آسیب هدف شکل (۱-۱) استفاده کردیم. عدد ایمنی یا تعداد حملات مورد نیاز برای انهدام یک هدف، مهم ترین عامل تصمیم گیری برای دشمن و خودی است. علاوه بر کارشناسان مهمات شناسی دشمن، کارشناسان پ غ ع خودی نیز می توانند از عدد ایمنی به عنوان شاخص اصلی تصمیم گیری های خود استفاده کنند. در واقعیت، تهاجم هوایی به یک نقطه هدف با استفاده از مهمات متنوعی صورت می گیرد و در مدل های محاسباتی، عدد ایمنی یک نقطه هدف باید برای هر یک از مهمات بصورت جداگانه محاسبه شود.

۳-۱-۲- تفاوت بین محاسبات گزینش مهمات با محاسبات پ غ ع

همانطور که شباهت های زیادی بین محاسبات عدد ایمنی و محاسبات بازدهی مهمات وجود دارد، اختلافاتی هم دارند. این اختلافات به دلیل تفاوت هایی است که بین بینش دشمن و خودی وجود دارد. در این بخش به نقاط مشترک و تفاوت های موجود بین محاسبات دشمن و خودی پرداخته می شود.

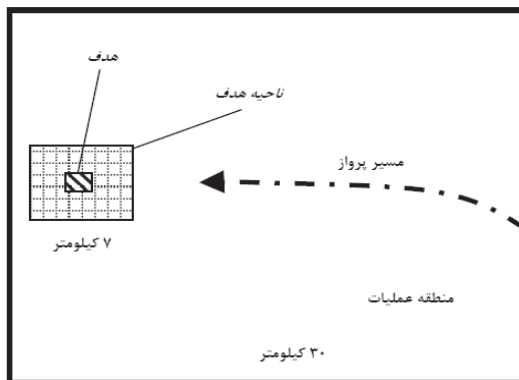
۳-۱-۳-۱- احتمال پرتاب

در کتاب مهمات شناسی [۱۵] که در دانشگاه های نیروی هوایی آمریکا و انگلیس تدریس می شود از روشی استفاده می شود که شباهت زیادی به روش ما در کتاب حاضر دارد. در این مرجع، بازدهی یک حمله هوایی از رابطه (۵) بدست می آید:

$$P_{SS} = P_L P_D \quad (5)$$

احتمال انهدام^۱ P_D یعنی احتمال اینکه هدف منهدم شود با فرض اینکه مهمات پرتاب شده است.

احتمال پرتاب^۲ P_L یعنی احتمال اینکه مهمات پرتاب شود و دقیقاً معادل است با احتمال اینکه هدف شناسایی شود. در مرجع [۱۵] با استفاده از راهنمای بازدهی مهمات، یک مدل توسعه یافته برای محاسبه احتمال پرتاب برای مهماتی که هدفگیری و قفل کردن آنها توسط خدمه پرواز انجام می



شکل ۲-۵- شماتیک عناصر اصلی مسیریابی و دسترسی به ناحیه هدف

^۱ در مرجع [۱۵] از اصطلاح SSPD احتمال انهدام در یک حمله (Single Sortie Probability of Damage) استفاده می شود که تعریف آن دقیقاً معادل با تعریف P_D است.

^۲ Probability of Launch

شوند ارائه شده است. در این مدل فرض می شود که فعالیتهای مسیریابی به درستی پایان یافته و هواپیمای مهاجم به نزدیکی هدف رسیده است. در نتیجه P_L احتمال پرتاب دقیقاً با مفهوم احتمال قفل کردن در فرآیند عمومی تهاجم هوایی شکل (۱-۱) منطبق است.

۲-۱-۳-۲- احتمال دسترسی

یکی از دستورات عمل های محاسبات بازدهی حمله در مدرک راهنمای هدف یابی نیروی هوایی آمریکا [۷] ارائه شده است. در این مرجع، انتظار تخریب^۱ که با D_E نمایش داده می شود از رابطه (۶) بدست می آید:

$$D_E = P_A P_D \quad (6)$$

در این رابطه P_A به معنی احتمال عبور از سپرهای دفاعی و دسترسی به هدف است. یکی از اهداف اصلی طراحان عملیات هوایی این است که ریسک صدمه به خدمه پرواز را به حداقل ممکن برسانند و P_A معیار مناسبی برای ارزیابی ریسک دشمن است. به همین دلیل است که کارشناس گزینش مهمات دشمن، از یک طرف به P_A یعنی احتمال دسترسی تاکتیک های مختلف حمل مهمات اهمیت می دهد و از طرف دیگر نیز به P_D یعنی توانایی مهمات برای انهدام هدف توجه دارد. به عبارت دیگر، احتمال دسترسی در گزینش مهمات، نمادی برای نمایش ظرفیت های دفاع هوایی و ضدهوایی است و برای طراحی زمان، سرعت، مسیر و ارتفاع پرواز بکار می رود اما در محاسبات پ غ ع منظور از احتمال دسترسی P_A این است که چقدر احتمال دارد دشمن موفق شود مهمات را تا ناحیه هدف حمل کند.^۲ مدل های محاسباتی دیگری نیز در متون مرجع نیروی هوایی آمریکا [۷] قابل دسترس هستند که تقریباً همگی آنها از یک منطق مشترک استفاده می کنند. به شماتیک عناصر اصلی مسیریابی و دسترسی در شکل (۲-۵) توجه کنید. مهم ترین نقطه ضعف مدل های موجود، عدم توجه به مرحله مسیریابی است. در کلیه مدل های موجود، فقط به مرحله هدفگیری و برخورد مهمات توجه می شود و فرض شده است که مرحله مسیریابی با موفقیت به پایان رسیده (یعنی احتمال دسترسی برابر با ۱۰۰٪ منظور می شود) و هواپیما در ناحیه هدف قرار دارد. در مدل محاسبات ایمنی (در کتاب حاضر) نه تنها کلیه ملاحظات پیش بینی شده در سایر مدل های موجود مد نظر قرار گرفته است بلکه به منظور تکمیل آنها، به محاسبه احتمال دسترسی P_A (از منظر پ غ ع) نیز پرداخته می شود.

^۱ Damage Expectancy

^۲ در مطالعات پ غ ع معمولاً اطلاعات کافی برای برآورد ظرفیتهای دفاع هوایی و ضدهوایی خودی در دست نیست و لذا به منظور رعایت احتیاط در محاسبات، احتمال عبور از سپرهای دفاعی را برابر با یک فرض می کنیم.

۲-۱-۳- نرخ افزایش بازدهی حمله

آزمایش ها و سوابق حاکی از آن هستند که وقتی وضعیت هدف و منطقه عملیاتی ثابت باشد، احتمال کشف و شناسایی هدف در حملات بعدی افزایش می یابد. افزایش احتمال مسیریابی و هدفگیری، از مزایای تحلیل های انجام گرفته در مرحله ارزیابی حمله هستند. از آنجا که دشمن بعد از اجرای هر حمله اقدام به تحلیل و ارزیابی نتایج و تجربیات خود می نماید، این کار می تواند باعث افزایش شناخت دشمن از منطقه عملیاتی و رویت پذیری اهداف بشود^۱. به عبارت دیگر توابع ریاضی احتمال مسیریابی $P_A(z)$ ، احتمال هدفگیری $P_L(z)$ و احتمال انهدام $P_D(z)$ دارای رابطه مستقیم با (z) یعنی شماره حمله هستند و لذا با فرض اینکه شرایط هدف ثابت باشد، بازدهی یک حمله می تواند از بازدهی حمله قبلی بیشتر باشد. نقطه ضعف بسیار مهم مدلهای محاسباتی موجود، عدم توجه به افزایش بازدهی حملات تکراری است^۲.

در این کتاب تلاش شده است که با استفاده از نتایج آزمایش های انجام شده در این زمینه، افزایش ظرفیتهای کشف و شناسایی دشمن در اثر ارزیابی حمله و تاثیر آن در افزایش احتمال دسترسی P_A و احتمال قفل کردن P_L در مدل محاسباتی منظور شود.

۲-۲- سناریوهای حمله

در این بخش مهم ترین فرآیندها و سیستم های متداول در اجرای فعالیتهای ناوبری و هدایت مهمات برای تاکتیک های مختلف حمله به صورت خلاصه تشریح می شوند. در این بخش تحقیق می کنیم که همه تاکتیک های ناوبری و هدایت که در مهمات یا سکوهای حمله دشمن از آنها بهره برداری می شود، متکی بر حسگرهای تصویری چند طیفی و/یا تجهیزات مکان یابی مزدوج هستند.

۲-۱- دسترسی به ناحیه هدف

در حال حاضر در مرحله ناوبری، از دو روش نشانه های زمینی و سیستم های مکان یابی جغرافیایی، استفاده می شود. تا چندی پیش روشهای استفاده از عوارض همتراز در ناوبری موشک های کروز نیز مورد استفاده واقع می شوند، اما به دلیل نقاط ضعف آنها در مقایسه با حسگرهای ماهواره ای تقریبا

^۱ از طرف دیگر، با فرض اینکه دشمن موفق به انهدام هدف در یک حمله نشود، اما هر بار که مهمات در حوالی نقطه هدف منفجر می شود، ممکن است آسیب هایی به هدف وارد و باعث کاهش مقاومت آن در برابر حملات بعدی شود ولی این بحث در ادامه کتاب مطرح نخواهد شد.

^۲ در مدلهای موجود اساسا موضوع افزایش بازدهی در اثر تکرار حمله مطرح نبوده و لذا فرض می شود که احتمال قفل کردن مهمات و احتمال انهدام هدف در حمله اول و حمله دوم یکسان است.

کنار گذاشته شده اند.^۱ در این بخش سناریوهای مختلف دسترسی به ناحیه هدف را تا اندازه ای که برای استفاده در مدل محاسباتی این کتاب مورد نیاز باشد، توصیف خواهیم کرد.

۲-۱-۱-۲- نشانه های زمینی

مسیر یابی با استفاده از نشانه های زمینی، همواره اولین و بهترین گزینه در حملات هوایی بوده و هست. [۴۰] نشانه های زمینی^۲، عوارض طبیعی یا مصنوعی موجود در منطقه ی عملیات و ناحیه هدف هستند. هر چند عوارض طبیعی مانند خطوط ساحلی، رودخانه ها و دریاچه ها نشانه های زمینی مناسبی هستند اما این نشانه ها ممکن است در همه مسیرهای پروازی قابل استفاده نباشند. عوارض مصنوعی (ساخت دست بشر) که به اندازه کافی بزرگ و قابل رویت باشند، بخش اصلی نشانه ها را تشکیل می دهند.

مهمترین ویژگی نشانه های زمینی، خطوط مستقیم و زاویه های قائمه است. نشانه های زمینی، به منظور مسیریابی برای تقرب و پیدا کردن ناحیه هدف تعریف می شوند و به ترتیب اولویت و اهمیت عبارتند از: [۵۱]

- خطوط راه آهن، بزرگراه ها، جاده ها، خیابانها
- نقاط تقاطع بین جاده ها و/یا ریل ها
- زمین های وسیع دارای فضای سبز
- زمین های وسیع خالی (بدون ساختمان یا فضای سبز)
- ساختمانهای منفرد و ممتاز و بلندیهای مرتفع و شاخص
- چراغهای چشمک زن هشدار دهنده

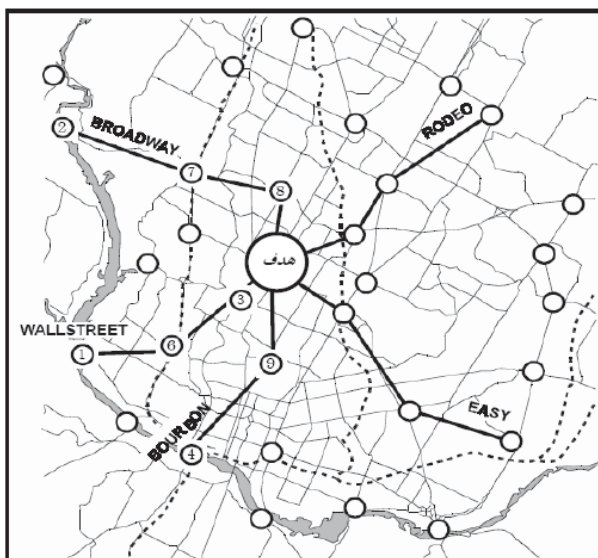
۲-۱-۲-۲- فرآیند مسیریابی

فرآیند مسیریابی شامل مقایسه بین نشانه ها با نقشه مرجع است. در این فرآیند نشانه ها بر روی تصاویر هوایی منطقه عملیاتی که به آنها نقشه مرجع گفته می شود، علامتگذاری شده اند. خلبان با استفاده از تطبیق تصویری، به یک سوال پاسخ می دهد: آیا در منطقه مورد نظر قرار دارد یا خیر؟ معمولاً از نمودارهای شبکه ای مانند شکل (۲-۶) استفاده می شود که تعیین کننده نقاط کنترل هوایی^۳ و مسیرهای مختلف منتهی به هدف هستند. در هر مسیری نقاط کنترل مشخصی تعریف می شوند که هم برای جهت یابی و هم برای تغییر جهت پرواز بکار می روند. بطور مثال یکی از مسیرهای

^۱ استفاده از رادارهای مخصوص پرواز در ارتفاع کم و همچنین نقشه های GIS نیز در حملات هوایی به ویژه برای زمانهایی که خلبان می خواهد در دیدرس رادار قرار نگیرد، مرسوم هستند.

^۲ Land Marks

^۳ Air Control Points (ACPs)



شکل ۲-۶ - نمونه ای از نمودار شبکه ای در حملات هوایی

پروازی مناسب برای حمله به نقطه هدف، از نقطه (۴) آغاز می شود و سپس از طریق نقطه (۹) به نقطه هدف می رسد. در ادامه نیز، از طریق نقطه (۸) و (۷) به سمت نقطه (۲) یعنی نقطه پایان عملیات می رسد. نقاط (۴) در آغاز و (۲) در پایان ناحیه عملیاتی، بر مبنای عوارض برجسته رودخانه انتخاب شده اند. اما سایر نقاط مسیر، با استفاده از تقاطع خیابانها، سازه های برجسته و منفرد و نواحی شهری تعریف می شوند. [۵۱]

۲-۱-۳ - عوارض همتراز

تا پایان قرن بیستم، واحد ناوبری موشکهای کروز، مجهز به سیستم های تطبیق عوارض همتراز^۱ TERCOM بودند. نقشه های ناوبری TERCOM شامل مجموعه ای منظم از قطعات سرزمین هایی است که انتظار می رود موشک برفراز آنها پرواز نماید. این نقشه ها بصورت مجموعه ای از مقادیر ارتفاعات شکل می گیرند. از آنجا که ارتفاع سنج های راداری قادر به اندازه گیری فاصله موشک تا زمین هستند - و نه ارتفاع مطلق - نقشه ها شامل مجموعه ی تغییرات ارتفاع عوارض سرزمین هستند (و نه مقدار ارتفاع مطلق آنها) و سپس یک مجموعه پشت سر هم از این نقشه ها تهیه شده که معمولا از اطلاعات رادارهای نقشه برداری ماهواره ها استفاده می کنند. وقتی که موشک می خواهد از فراز دریاها عبور کند، از نقشه های هم تراز میدان مغناطیسی بجای ارتفاع استفاده می کند. در مرحله ناوبری و مسیریابی، دقت سیستم باید به اندازه ای باشد که از اشتباه گرفتن عوارض همجوار پیشگیری کند. به این ترتیب می توان در این مرحله از نقشه هایی با دقت نسبی کمتری استفاده نمود و فقط بخش نهائی نقشه که به مرحله برخورد موشک با هدف مربوط می شود، باید دارای دقت بالاتری باشد.

یک نقطه ضعف مهم این سیستم ها آن است که باید تمامی مسیر و از جمله نقطه شلیک موشک، از قبل طراحی شده باشد و لذا اگر موشک از نقطه دیگری (بجز نقطه طراحی شده) پرتاب شود یا مسیر دیگری را بپیماید، هرگز موفق نخواهد شد به هدف برسد و گم می شود.

^۱ Terrain Contour Matching

این موضوع باعث شده است که سیستم های TERCOM در مقایسه با سیستم های GPS از انعطاف خیلی کمتری برخوردار باشند. امروزه عمدتاً از موشک های مجهز به سیستم ناوبری و مسیریابی GPS استفاده می شود که قابلیت حمله به هر نقطه و از هر نقطه ای را به دشمن می دهد. گاهی برای هدایت موشکهای کروز از روش ترکیبی اینرسیال و تشخیص عوارض همتراز^۱ TAINS استفاده می شود. در این روش برای جبران خطای انحراف سیستم اینرسیال از اطلاعات ارتفاع عوارض سرزمین استفاده می شود. استفاده از این روش در مقایسه با TERCOM به حافظه کمتری نیاز دارد اما نقاط ضعف حاکم بر آن همچنان وجود خواهد داشت.

۲-۱-۴- ناوبری مختصاتی

امروزه روش متداول برای ناوبری و مسیریابی موشک های کروز استفاده از GPS است که برای مکان یابی از سیگنالهای ارسالی توسط ماهواره استفاده می کند. اما سیستم GPS به اغتشاش (جمینگ) حساس است و در میدان های جنگی که یک دشمن هوشمند با توانایی های فن آوری پیچیده وجود داشته باشد، ایجاد سیگنالهای اغتشاش گسترده و هوشمندانه می تواند باعث کاهش کارایی سیستم های ماهواره ای شود. البته استفاده از سیستم اینرسیال INS در کنار سیستم ماهواره ای نیز یک روش متداول است که باعث دسترسی به دقت حدود یک متر در مکان یابی موقعیت جغرافیایی می شود. اما به دلیل وجود خطای انحراف در سیستم های اینرسیال، حتی در صورت استفاده از سیستم مزدوج^۲ نیز فقط برای محیط هایی که میزان اغتشاش خیلی گسترده نباشد می توان به مکان یابی مناسب دسترسی یافت.

در حال حاضر کلیه سکویهای حمله دشمن و همچنین مهمات دورایستا و موشک های دوربرد مجهز به سیستم مکان یابی ماهواره ای مزدوج هستند. منظور از سیستم مزدوج، یک سیستم مکان یابی جغرافیایی مزدوج GPS / INS است که دقت مکان یابی این سیستم ۱ متر می باشد. این مجموعه شامل یک سیستم اصلی مکان یابی INS و یک سیستم فرعی مکان یابی GPS می باشد. سیستم اصلی با استفاده از آخرین اطلاعات سیستم فرعی، خطای خود را اصلاح می نماید و بدون سیستم فرعی فعال می باشد.

این سیستم تحت تاثیر هیچیک از عوامل محیطی^۳ مانند دود، اغتشاش، فریب، استتار و اختفاء نیست و لذا با در اختیار داشتن مختصات جغرافیایی، می توان فعالیت های مسیریابی و هدفگیری را با کیفیت مطلوبی به انجام رسانید. برخی از مهم ترین مهماتی که مجهز به سیستم مزدوج هستند عبارتند از:

- بمبهای مختصاتی JDAM مانند GBU-۳۱

^۱ TERCOM-Aided Inertial Navigation System

^۲ Tightly Coupled GPS & IMU System

^۳ بجز شرایط آب و هوایی

- بمبهای لیزری ELGB & LJDAM مانند GBU ۲۴
- موشکهای ویدئویی دورایستا (ER) SLAM مانند AGM-۸۴H
- موشکهای کروز دوربرد TLAM & CALAM

۲-۲-۲- هدایت مهمات

در پایان مرحله ناوبری و پس از آنکه مهمات تا نزدیکی ناحیه هدف حمل شد، مرحله هدایت مهمات آغاز می شود.

ساده ترین نوع هدایت مهمات، پرتاب بمب های عادی است که اصطلاحاً به آن بمباران عادی گفته می شود. اما خطای برخورد مهمات در این نوع حمله خیلی زیاد است و برای مقابله با این نقیصه ظرف سه دهه گذشته فن آوری ساخت مهمات هدایت شونده رشد چشمگیری داشته است. استفاده از مهمات هدایت شونده با استفاده از انواع حسگرهای الکترواپتیکی و راداری و سیستم مزدوج باعث کاهش خطای برخورد مهمات تا مقادیر زیر ۱۰ متر شده است. امروزه بسیاری از مهمات و موشک ها مجهز سیستم های هدفگیری خودکار هستند که قادرند بدون دخالت خدمه پرواز، ضمن کشف و شناسایی هدف بر روی آن قفل کنند.



شکل ۲-۷ - تصویر بمب های عادی سری مارک ۸۰

۲-۲-۲-۱- بمباران

بمب های سری^۱ مارک ۸۰ مانند MK-۸۴ نوعی بمب های غیرقابل هدایت^۲ هستند. این بمب ها در ارتش های جهان (مثلا نیروی هوایی آمریکا) به عنوان بمب های عمومی^۳ یا GP شناخته می شوند و در بمباران های هوایی مورد استفاده قرار می گیرند. "بمباران"

قدیمی ترین و ساده ترین نوع حمله هوایی است. در ابتدایی ترین دوره های شکل گیری جنگ های هوایی خلبان ها پس از مشاهده هدف تلاش می کردند که بمب های خود را در نقطه ای رها کنند که احتمال فرود آمدن در حوالی نقطه هدف بیشتر بود.

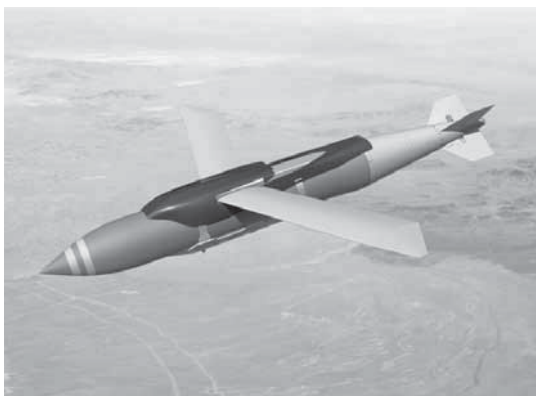
^۱ Mark ۸۰ series

^۲ Unguided

^۳ General-purpose bomb

امروزه هواپیماهای دشمن مجهز به تجهیزات پیشرفته‌ای هستند که با استفاده از رایانه، نرم افزارهای شبیه‌سازی پیشرفته و سیستم‌های اندازه‌گیری ارتفاع و سرعت باد، بهترین نقطه را برای پرتاب بمب‌های عادی پیش‌بینی کرده و قادر هستند که عملیات رهاسازی بمب‌ها را بصورت خودکار انجام دهند.

۲-۲-۲-۲- هدایت مختصاتی



شکل ۸-۲ - تصویر بمب مختصاتی سری JDAM

سیستم های مزدوج نه تنها در مرحله ناوبری بلکه در مرحله هدایت نیز به عنوان یک سیستم کارآمد در انواع مهمات دورایستا و موشک های دوربرد مورد استفاده قرار می گیرند. سیستم هدایت بمب های JDAM مانند GBU-۳۱ فقط بر مبنای استفاده از مختصات و سیستم های مزدوج طراحی شده است. در آغاز، عنوان این طرح "مهمات هدایتی دقیق ویژه آب و هوای نامساعد" بود^۱ و هدف از اجرای طرح این نوع بمبها،

ساخت یک کیت هدایت مختصاتی مزدوج برای بمبهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پوندی از سری MK بود که نسبت به شرایط آب و هوایی حساس نباشد و بتواند جایگزین بمبهای عمومی شود.

۲-۲-۲-۳- هدفگیری دستی

سیستم های پرتاب خودکار هواپیماهای پیشرفته قادر هستند با در اختیار داشتن مختصات نقطه هدف، عملیات رهاسازی را انجام بدهند. اما همواره روش هدفگیری و نشانه گذاری بر روی نقطه هدف، اولین گزینه برای پرتاب و هدایت مهمات است.

هدفگیری با استفاده از تجهیزات تصویری انجام می شود که مانند چشم های دشمن عمل می کنند. تجهیزات تصویری، با توجه به نوع حسگر آنها دسته بندی می شوند و عبارتند از:

- ۱- ویدئویی (VIS^۲)
- ۲- مادون قرمز حرارتی (TIR^۳)
- ۳- راداری^۴ (RADAR & LADAR^۵)
- ۴- دید در شب (NIR^۱)

^۱ Adverse Weather Precision Guided Munition

^۲ VISUAL

^۳ THERMAL INFRARED

^۴ در مورد اهداف زمینی بیشتر از رادارهای تصویری SAR یا انواع مشابه استفاده می شود اما در متن کتاب به دلیل پوشش کلیه حالات ممکن، علاوه بر ذکر کلیه رادارهای رادیویی به رادارهای لیزری نیز اشاره شده است. این در حالیست که هنوز فن آوری استفاده از رادارهای لیزری برای اهداف زمینی در هواپیماها صرفاً جنبه فاصله یابی دارد.

^۵ LADAR/ Laser Detection And Ranging



شکل ۹-۲ - تصویر موشک کروز

پرمصرف ترین تجهیزات برای هدفگیری، سیستم FLIR شامل ترکیب حسگرهای ویدئویی و حرارتی با قدرت تفکیک بالا هستند. در حال حاضر یکی از پیشرفته ترین سیستم های^۲ FLIR از نوع SNIPER است.

هدفگیری شامل سه فعالیت اصلی کشف، تشخیص و تطبیق است. هنگامیکه خلبان ناحیه هدف را شناسایی می کند، با استفاده از

حسگرهای ویدئویی، حرارتی یا راداری، جستجوی خود را برای کشف نقطه هدف آغاز می کند. خلبان باید هر چیزی را که به هدف مورد نظر شباهت داشته باشد با دقت بررسی کرده و این کار را تا جایی ادامه می دهد که اطمینان حاصل شود که نقطه هدف را یافته است.

۲-۲-۴- هدفگیری خودکار

سیستم های مدرن هدایت موشک می توانند تعداد زیادی از تصاویر یک هدف از زوایای مختلف را ذخیره و از روش های تحلیل تصویری پیشرفته استفاده کنند. این سیستم ها با بهره گیری از دوربین های^۳ CCD قادر هستند تصاویر زنده ای از ناحیه هدف را با اطلاعات حافظه خود مقایسه کرده و بصورت خودکار بر روی نقطه هدف قفل کنند. واحد هدفگیری موشک کروز، مجهز به کیت هدفگیری خودکار و سیستم دیجیتال تشخیص صحنه و تطبیق ناحیه^۴ DSMAC است. این سیستم در حال حاضر به عنوان کنترل کننده مهمات در مرحله هدفگیری و مرحله پایانی برخورد مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۲-۵- هدفگیری ترکیبی

مهمات ویدئویی دورایستا (ER) SLAM مانند AGM-۸۴H از ترکیب هدفگیری دستی و هدفگیری خودکار بهره گیری می کنند. این نوع مهمات که در مرحله نوابری از سیستم



شکل ۱۰-۲ - تصویر موشک AGM-۸۴E
NEAR INFRA RED

^۲ FLIR / Forward Looking Infra Red

^۳ CCD/ Coupled Charge Device

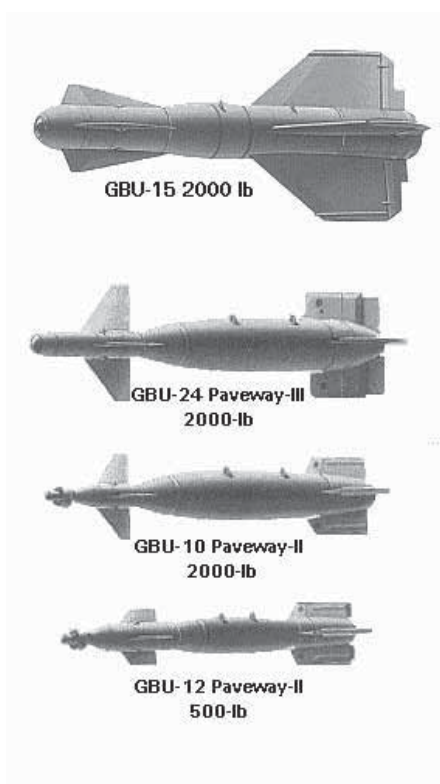
^۴ DSMAC/ Digital Scene-Mapping Area Correlator

مزدوج و در مرحله هدایت نهائی، از ردیاب ویدئویی استفاده می کنند. این نوع مهمات دارای یک سیستم فرستنده و گیرنده بی سیم هستند که تصویر ویدئویی حسگر و سایر اطلاعات مهمات را به هواپیما مخابره نموده و فرامین ارسالی از هواپیما را دریافت می نماید. خلبان می تواند با استفاده از تصویر ویدئویی مخابره شده، بمب را بصورت دستی کنترل نماید. بدین ترتیب مهمات (ER) SLAM از یک سیستم هدایت ترکیبی استفاده می کنند که از روشهای هدفگیری و هدایت خودکار و دستی بصورت موازی بهره می گیرد. همچنین قادر هستند در صورت لزوم، در مرحله هدایت نهایی از هدایت مختصاتی، استفاده کنند.

۲-۲-۶- هدایت لیزری

نشانه گذاری لیزری فقط در صورتی امکان پذیر است که مرحله هدفگیری با موفقیت به پایان رسیده باشد.^۱ روش هدایت لیزری^۲ روشی است که در آن، از یک ردیاب لیزری استفاده می شود تا انرژی بازتابی از هدف را آشکارسازی نموده و با پردازش سیگنال، فرامین هدایتی را برای سیستم کنترل پرواز تامین و مهمات را به سمت نقطه ای که انرژی از آنجا بازتابیده می شود، هدایت نماید.

نشانه گذاری بر روی هدف بصورت تابش پرتو لیزری منبع بر روی هدف انجام می شود. منبع پرتوهای لیزری نشانه، از مهمات جدا بوده و نشانه گذاری لیزری می تواند توسط هواپیمای مهاجم، هواپیمایی غیر از هواپیمای مهاجم یا از روی زمین، انجام شود. پرتاب بمب های لیزری متداول مانند GBU ۱۰ دقیقاً مشابه با پرتاب بمب های عادی سری مارک است. پس از پرتاب بمب لیزری و حدوداً ۱۰ ثانیه قبل از برخورد، نشانه گذاری لیزری آغاز شده و ردیاب بمب قادر خواهد بود که پرتوهای برگشتی از نقطه هدف را دریافت کرده و بر روی نقطه هدف خیره شود.



شکل ۲-۱۱- تصویر نمونه هایی از بمب های لیزری

^۱ در یکی از تاکتیک های نشانه گذاری لیزری، از افراد نیروهای ویژه مستقر در نزدیکی هدف استفاده می شود که به آن تاکتیک نیروهای ویژه می گوئیم. در این تاکتیک، نیازی به هدفگیری نیست و حسگر صرفاً باید نشانه لیزری که توسط افراد مستقر بر روی زمین تولید می شود را دریافت نماید. در این کتاب به بررسی تاکتیک نیروهای ویژه پرداخته نشده است.

^۲ Laser-Guided Weapon (LGW)

سیستم های هدایت برخی از بمبهای لیزری مانند بمب های ۲۴ GBU مجهز به یک دستگاه مکان یابی مزدوج و یک ردیاب لیزری هستند. این نوع بمب های لیزری از فواصل بیش از ۱۵ کیلومتری هدف پرتاب شده و بوسیله سیستم مزدوج تا نزدیکی نقطه هدف پرواز می کنند و سپس حدوداً ۱۰ ثانیه قبل از برخورد، نشانه گذاری لیزری آغاز می شود. این نوع بمب ها از سیستم کنترل پرواز سروو^۱ و بال های^۲ با قابلیت کنترل پیوسته استفاده نموده و لذا می توانند در ارتفاع کم و مانند هواپیماهای گلایدر، فواصل نسبتاً طولانی را طی کنند. همچنین در صورت عدم دریافت پرتوهای بازتابی از هدف، قادر هستند در مرحله هدایت نهایی از هدایت مختصاتی استفاده کنند.

۲-۲-۲-۲- بمبهای گلایدر کوچک



شکل ۲-۱۲ - تصویر بمب گلایدری کوچک SDB

طرح تولید بمبهای کوچک^۳ SDB مانند GBU-۳۹/B بر مبنای مفهوم اولیه بمبهای MMDT^۴ شکل گرفت. اولین قرارداد تولید انبوه این کلاس از مهمات در سال ۲۰۰۶ با شرکت بوئینگ^۵ منعقد و تا سال ۲۰۰۹ مجموعاً تعداد ۲۴۰۰۰ دستگاه از این نوع بمبها تولید شد.

در این بمبها از روش اصلاح مکان یابی DGPS در سیستم مزدوج بهره برداری می شود تا خطای برخورد مهمات را تا حدود ۳ متر

کاهش دهد. در این روش، بلافاصله قبل از پرتاب بمب، اطلاعات اصلاحی تهیه شده توسط سیستمهای DGPS در حافظه بمب ذخیره می شود و لذا سیستم مزدوج بمب می تواند با انجام اصلاحات مورد نیاز، دقت مختصاتی را تا چند برابر افزایش دهند. در پروژه های تولید این بمبها، از ترکیب سیستم مزدوج با یکی از ردیابهای لیزری، مادون قرمز و ویدئویی استفاده می شود.

مشکل اصلی در افزایش برد بمبهای مختصاتی دورایستا JDAM جرم زیاد بمب و قطر زیاد آن است که هم باعث سقوط سریعتر و هم باعث کاهش انرژی جنبشی بمب در اثر مقاومت هوا می شود. این مسئله

^۱ Servo motor

^۲ بالک یعنی بال کوچک و به دلیل اینکه بالهای مهمات هدایت شونده در مقایسه با هواپیماها، مساحت کمتری از کل بدنه را به خود اختصاص می دهند، بهتر است که در مورد مهمات بجای بال از واژه بالک استفاده شود. اما در این کتاب به منظور پیشگیری از ابهام، از واژه بال استفاده می کنیم.

^۳ SDB/ Small Diameter Bomb

^۴ MMDT/ Miniature Munitions Demonstration Technology

^۵ Boeing Company

در بمبهای گلایدر، با کاهش جرم و قطر بمب تا حدود زیادی بر طرف شده است. سیستم بال های پربازده یکی دیگر از نقاط قوت این بمبها بوده و فاصله پرتاب آنها به بیش از یکصد کیلومتر می رسد^۱.

۲-۲-۱- ردیاب راداری

سیستمهای ردیابی راداری در مرحله تحقیق و توسعه می باشند و هنوز دشمن موفق به تولید انبوه و بهره برداری گسترده از این نوع مهمات نشده است. به همین دلیل، سیستمهای هدفگیری دوگانه راداری^۲ / مختصاتی یا JDAM/RADAR SEEKER، هنوز به تولید انبوه نرسیده اند و در محتاطانه ترین برآوردها، پیش بینی می شود که این نوع سیستمها در جنگهای آینده، به عنوان یک مهمات نوین بکار گرفته شوند.

این نوع ردیاب راداری از سال ۱۹۹۱ توسط شرکت Loral Aerospace در حال طراحی و آزمایش است و به دلیل عدم وابستگی به شرایط آب و هوایی، توسط نیروی هوایی آمریکا، سفارش داده شده است.

۲-۲-۹- بمب مادون قرمز دورایستا

یک بمب از نوع JDAM/IIR SEEKER که سیستم هدایتی آنها DAMASK^۳ نامیده شده و علاوه بر سیستم مزدوج به یک ردیاب مادون قرمز از نوع uncooled imaging infrared focal plane array technology مجهز می باشد. قرارداد تولید این نوع بمبها هنوز منعقد نشده است و فعلا اطلاعات بیشتری در این مورد در اختیار نیست.

^۱ در شرایطی که سرعت سکوی پرتاب مافوق صوت است و پرتاب از ارتفاع بیش از ۱۰ کیلومتر انجام شود.

^۲ سیستمهای مختصاتی/الیداری نیز در مرحله اولیه تحقیقات هستند و هنوز به مرحله آزمایش میدانی نرسیده اند. فعلا مهمترین حسگر جدید، حسگر راداری است که پروژه های توسعه آنها آغاز شده است.

^۳ DAMASK/ Direct Attack Munition Affordable Seeker

۳ کارآئی و خطای مهمات

با آنکه از نظر سازندگان تسلیحات نظامی مطلوب است که مهمات دقیقا بر روی نقطه هدف فرود آمده و سپس منفجر شود، اما واقعیت این است که گاهی مهمات منفجر نشده یا در فواصلی بسیار دورتر از انتظار فرود می آیند و در بهترین شرایط، مهمات در نزدیکی نقطه هدف - و نه بر روی نقطه هدف - منفجر می شود. در نتیجه برای دسترسی به یک مدل محاسباتی قابل اعتماد، ضروری است در مورد پاسخ دو سوال اصلی تحقیق کنیم:

- چقدر احتمال دارد که مهمات مطابق با انتظار عمل کرده و در نزدیکی هدف منفجر شود؟
- اگر مهمات مطابق با انتظار عمل کند چگونه می توانیم احتمال انفجار آن در یک ناحیه مشخص را برآورد کنیم؟

برای این منظور ابتدا باید احتمال انهدام را تعریف کنیم. احتمال انهدام P_D یعنی احتمال اینکه مهمات در ناحیه خطر هدف برخورد کرده (منفجر شود) تا موج انفجار آن باعث انهدام هدف بشود و به صورت حاصل ضرب دو عامل اصلی قابل تفکیک است:

$$P_D = P_R P_H \quad (V)$$

در رابطه (V) کارآئی^۱ مهمات P_R یعنی احتمال اینکه مهمات مطابق با مشخصات فنی خود عمل کند و احتمال برخورد P_H یعنی احتمال اینکه مهمات در ناحیه خطر هدف برخورد کند. در این فصل ابتدا به موضوع کارآئی مهمات پرداخته و سپس با استفاده از نظریه آمار و تعریف خطای محتمل، تابع احتمال برخورد تبیین می شود و در ادامه نیز به مبحث خطای محتمل مهمات پرداخته شده است. در پایان این فصل، موضوع خطای تجهیزات مکان یابی مزدوج و احتمال انهدام اهداف در سناریوهای حملات هوایی با استفاده از تاکتیک های مختصاتی ارائه شده است.^۲

۳-۱- کارآئی مهمات

هم در زمان جنگ تحمیلی هشت ساله و هم پس از پایان جنگ، وجود تعدادی از بمب و گلوله های عمل نکرده گزارش شده است. در جنگ های مختلف دیگر نیز بسیار مشاهده شده است که برخی از بمب ها یا موشک ها، علی رغم اینکه در نقطه مورد نظر فرود آمده اند اما منفجر نشده اند. آزمایش های میدانی و آمار و گزارش های بازدهی مهمات در جنگهای واقعی نشان داده است که در برخی موارد، عوامل ناشناخته ای که عمدتا به نقاط ضعف فنی سیستم هدایت مهمات در اندرکنش با

^۱Reliability

^۲ مقادیر کارآئی و خطای مهمات که در این فصل ارائه شده است صرفا به منظور آشنایی خواننده محترم با موضوع است و بر اساس پژوهش های قبلی نویسنده بدست آمده اند ولی هدف اصلی کتاب ارائه این مقادیر نبوده و بیان آنها برای نویسنده هیچ مسئولیتی ایجاد نخواهد نمود.