



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ  
Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2016-17

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ & ΑΝΑΛΥΣΗ

(ΠΔ 97 / 2015 / ΦΕΚ 163Α' / 20.08.2014)



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

# ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ολοκληρωμένο Σύστημα  
Αυτοπροστασίας HVAPS για κινητούς ή  
σταθερούς στόχους με ενσωματωμένο  
ΣΔΕΠ μάχης

Γεώργιος Ζγαρδανάς

A.M.: 2015018025

ΜΑΡΤΙΟΣ 2018



Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Γεωργίου Ζγαρδανά εγκρίνεται:

### **ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Καθηγητής (Επιβλέπων), Γεώργιος Γερούλης



Καθηγητής, Νικόλαος Δάρας



Καθηγητής, Χαράλαμπος Λίτος



ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΑ ΚΕΝΗ

© Copyright υπό Γεωργίου Ζγαρδανά

Έτος 2018

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία και κατά συνέπεια το μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου, για την τεράστια υπομονή και την κατανόηση που επέδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Γεώργιο Γερούλη, χάρη στον οποίο είχα την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον και πρωτοπόρο θέμα στον τομέα των εξελιγμένων οπλικών συστημάτων.

Αθήνα, Μάρτιος 2018

Γεώργιος Ζγαρδανάς

ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΑ ΚΕΝΗ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### I. ΘΕΩΡΙΑ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° : Θεωρία Ηλεκτρονικού Πολέμου

- 1.1 Ηλεκτρονικός πόλεμος (Electronic Warfare - EW)
- 1.2 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
- 1.3 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° : Τεχνολογία Radar

- 2.1 Τεχνολογία Stealth (Αντιραντάρ)

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° : Υπέρυθρη (IR) Τεχνολογία

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : Μικροκυματικοί Αισθητήρες Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

- 4.1 Καθοδήγηση Βολής με Laser Beam
- 4.2 Εύρος Μήκους Κύματος Απειλών
- 4.3 Σύστημα Ανίχνευσης - Προειδοποίησης
- 4.4 Αρχές Ανάπτυξης Δολωμάτων Laser (decoys)

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° : Ορισμοί – Διευκρινήσεις

- 5.1 Απόκρυψη
- 5.2 Παραλλαγή
- 5.3 Μείωση ίχνους
- 5.4 Παθητική Άμυνα
- 5.5 Εγκλωβισμός(Lock ON)
- 5.6 Αποδοτικότητα(Emissivity)

### II. ΕΡΕΥΝΑ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° : Προσδιορισμός Απειλής

- 6.1 Δυναμική Θεάτρου Επιχειρήσεων
- 6.2 Ομαδοποίηση Προτεινομένων Μεθόδων
- 6.3 Δυνατότητες Αντιπάλων

## 6.4 Ενδεικτική Σύγκριση Δυνάμεων

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7° : Συστήματα και Τακτικές Επιβίωσης

### 7.1 Τομείς Έρευνας

### 7.2 Τακτικές Εκμετάλλευσης Σύγχρονων Όπλων

### 7.3 Λειτουργικές Ικανότητες Συστήματος Αυτοπροστασίας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8° : Διαθέσιμη Τεχνολογία

### 8.1 Όπλα και Αισθητήρες Οπλικών Συστημάτων Υπέρυθρης (IR) Τεχνολογίας

### 8.2 Όπλα και Αισθητήρες Οπλικών Συστημάτων που Χρησιμοποιούν Radar 8.3

### 8.3 Οπλικά Συστήματα τεχνολογίας Laser

### 8.4 Εκπομπή Κατευθυνόμενης Δέσμης Ηλεκτρομαγνητικού Παλμού Μεγάλης Ισχύος

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9° : Τακτική Χρήσης Συστημάτων από Φίλιες και Αντίπαλες Δυνάμεις

### 9.1 Τεχνολογία Παρατήρησης και Απόκρυψης

### 9.2 Τεχνολογία Εντοπισμού και Παραλλαγής

### 9.3 Τεχνολογία Εγκλωβισμού, Παραπλάνησης και Ηλεκτρονικής Παρεμβολής

### 8.4 Εκπομπή Κατευθυνόμενης Δέσμης Ηλεκτρομαγνητικού Παλμού Μεγάλης Ισχύος

## III. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10° : Προτάσεις Αντιμετώπισης Απειλής

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11° : Διαπιστώσεις και Συμπεράσματα

### 11.1 Διαπιστώσεις

### 11.2 Αποκάλυψη και Εγκλωβισμός Στόχου

### 11.3 Λειτουργικές Ικανότητες Συστήματος Αυτοπροστασίας

### 11.4 Συμπεράσματα

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12°: Προτεινόμενο Ολοκληρωμένο Σύστημα Αυτοπροστασίας

### 12.1 Αρχές Λειτουργίας

### 12.2 Αναλυτική Περιγραφή

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάγκη για αυτοπροστασία και έγκαιρη ενημέρωση των φίλιων δυνάμεων σήμερα αποτελεί σημαντική επιχειρησιακή επιδίωξη και σημαντικό πολλαπλασιαστή ισχύος. Η παρούσα διατριβή στοχεύει στον προσδιορισμό της απαίτησης για ένα ολοκληρωμένο σύστημα αυτοπροστασίας προσαρμόσιμο σε επίγεια, θαλάσσια ή εναέρια μέσα και επίγειες εγκαταστάσεις με ένα ενσωματωμένο τακτικό σύστημα διοικήσεως και ελέγχου. Εν συνεχεία περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά και τεχνικά γνωρίσματα που πρέπει να πληροί για να ικανοποιεί τις φίλιες Ένοπλες Δυνάμεις στο σύγχρονο πεδίο μάχης. Αρχικά αναλύεται το σύγχρονο θέατρο επιχειρήσεων στο οποίο θα δράσει το φίλιο μέσο. Από την περιγραφή διαφαίνεται αφενός το είδος των απειλών αποτελούμενο από αισθητήρες εντοπισμού και συστήματα σκόπευσης και καθοδήγησης όπλων, εγκατεστημένα σε επίγεια, θαλάσσια ή εναέρια οπλικά συστήματα και κατευθυνόμενα όπλα και αφετέρου η σημασία της επιβίωσης των φίλιων μέσων και δυνάμεων στο πεδίο της μάχης, αντιμετωπίζοντας την τεχνολογία των σύγχρονων αντίπαλων οπλικών συστημάτων. Στην συνέχεια παρατίθενται και αξιολογούνται τα σύγχρονα μέσα παρατήρησης, αναγνώρισης, εντοπισμού και καθοδήγησης, τα οπλικά συστήματα και τα όπλα που καθοδηγούνται με ακτινοβολία IR, Laser, Radar, ηλεκτροπτικά και GPS, εξεapolυόμενα από διάφορες πλατφόρμες. Κατόπιν αναλύονται οι μέθοδοι εντοπισμού του υπό προστασία μέσου από τον αντίπαλο. Αναλύεται επίσης η τεχνολογία στην οποία βασίζονται τα συστήματα IR, Radar, Laser και η τεχνοτροπία που απαιτείται προκειμένου να μην επιτύχουν την αποστολή τους, περιγράφεται ο τρόπος, που θα επιτευχθεί η μείωση της αποτελεσματικότητας των αντίπαλων οπλικών συστημάτων, (μείωση θερμικού, ακουστικού & Radar ίχνους, εκτροπή του όπλου, έγκαιρη αντίδραση και αποφυγή, παραπλάνηση ή καταστροφή), και γίνεται εκτίμηση της αναμενόμενης αποτελεσματικότητας στο πεδίο της μάχης. Τέλος προτείνεται το ολοκληρωμένο αυτό σύστημα και οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον 6ο αιώνα μ.Χ. ο στρατηγός Σουν Τσου στο έργο του η Τέχνη του Πολέμου αναφέρει χαρακτηριστικά πως στον πόλεμο πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν μεταξύ άλλων οι εξής παράγοντες: Προσαρμοστικότητα – Ευελιξία, Αιφνιδιασμός, Ταχύτητα, Παραπλάνηση – Μυστικότητα. Ένας εξελιγμένος στρατός οφείλει να παραδειγματιστεί και να ενστερνιστεί μεθόδους και τακτικές που εδώ και αιώνες έκριναν και κρίνουν τις σημαντικότερες μάχες της ιστορίας. Ανάγοντας τα ανωτέρω ιστορικά στοιχεία στις επιχειρησιακές απαιτήσεις του σήμερα και αξιοποιώντας τις πλέον σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις, θα ερευνηθούν μέσω της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής οι τρόποι και τα μέσα που απαιτούνται ώστε να προταθεί ένα σύστημα το οποίο θα παρέχει στον κάτοχό του πλεονεκτική θέση έναντι του αντιπάλου και θα τον τοποθετεί σε θέση ισχύος. Πιο συγκεκριμένα θα προσδιοριστεί η απαίτηση προστασίας ενός κινητού ή σταθερού μέσου έτσι ώστε να προκύψει μια συγκεκριμένη πρόταση για ένα ολοκληρωμένο σύστημα αυτοπροστασίας, που αφενός θα προστατεύει το μέσο ή την εγκατάσταση και αφετέρου θα ενσωματώνει ένα τακτικό σύστημα διοικήσεως και ελέγχου μάχης το οποίο θα αξιοποιεί συγκεκριμένες πληροφορίες ώστε να δίνει συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι του αντιπάλου. Προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω σκοπός θα μελετηθούν ενδελεχώς οι τρόποι δράσης των κυριότερων σύγχρονων απειλών που ενδέχεται να αντιμετωπιστούν από το μέσο αυτό και θα μελετηθεί εξίσου διεξοδικά το περιβάλλον του θεάτρου επιχειρήσεων.



## I. ΘΕΩΡΙΑ

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

#### Θεωρία Ηλεκτρονικού Πολέμου

Η έρευνα που πραγματοποιείται στην παρούσα εργασία ανάγεται στο περιβάλλον του ηλεκτρονικού πολέμου.

##### 1.1 Ηλεκτρονικός πόλεμος (Electronic Warfare - EW)

Ορίζεται ως η δραστηριότητα, η οποία εμπλέκει τη χρήση της **ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας** με σκοπό τη μείωση ή την απαγόρευση χρήσης του **ηλεκτρομαγνητικού φάσματος** από τον εχθρό, αλλά και την εκμετάλλευση όπως και την υποστήριξη εκμετάλλευσης του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από φίλιες δυνάμεις. Σκοπός του ηλεκτρονικού πολέμου είναι η άρνηση στον αντίπαλο του πλεονεκτήματος της πρόσβασης στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ή η εξασφάλιση απρόσκοπτης πρόσβασης σε αυτό. Πρόκειται εν ολίγοις για ένα διαρκή αγώνα κυριαρχίας στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Ο ηλεκτρονικός πόλεμος μπορεί να διεξαχθεί από επανδρωμένα και μη επανδρωμένα συστήματα και να εφαρμοστεί από τον αέρα, τη θάλασσα, τη γη και το διάστημα, και ενδέχεται να στοχεύσει σε ανθρώπους, επικοινωνίες, ραντάρ, ή άλλους στόχους. Μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εξής: 1.ELINT(ELEctronic INTelligence) που αφορά την αναγνώριση και καταγραφή των παραμέτρων εκπομπής των ραντάρ, 2.ESM(Electronic Support Measures) που αφορά την ανίχνευση και εντοπισμού εκπομπών ραντάρ για άμεση αναγνώριση του εχθρού, 3.ECM(Electronic Counter Measures) όπου ασκούνται αντίμετρα και παρεμβολές στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, 4.ECCM(Electronic Counter Measures) που αφορά τις μεθόδους αποφυγής των αντιπάλων αντιμέτρων και τη διασφάλιση της απρόσκοπτης εκπομπής, 5.COMINT(COMMunication INTelligence) που αφορά τον εντοπισμό των πηγών εκπομπής και τις υποκλοπές αυτών, 6.SIGNIT(SIGNAL InTelligence) που αφορά την ανάλυση και επεξεργασία όλων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που

προαναφέρθηκαν και επιπλέον των ηλεκτρο-μαγνητικών εκπομπών, σεισμικών ή αυτών που προέρχονται από πυρηνικές εκρήξεις.

Η επιτυχία στην υλοποίηση των στρατιωτικών επιχειρήσεων έγκειται στον άφογο συντονισμό, σχεδίαση και διεξαγωγή των επιχειρήσεων Ηλεκτρονικού Πολέμου. Μέχρι σήμερα δεν υφίσταται δύναμη η οποία διεξάγει επιχειρήσεις και να διαθέτει όλες τις απαραίτητες, τόσο σε επάρκεια όσο και σε περιεχόμενο, απαιτούμενες πληροφορίες, ώστε να μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να έχει την απόλυτη εικόνα του πεδίου της μάχης. Συνεπώς, επιβάλλεται η στενή συνεργασία μεταξύ των τριών κλάδων των ενόπλων δυνάμεων, κατά βάση σε θέματα που αφορούν στον προσδιορισμό δυνατοτήτων του αντιπάλου συστήματος C2 (Command and Control), τις επιλογές των στόχων για προσβολή και εξουδετέρωση τους καθώς και της αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων αντιμέτρων. Οι κοινές δραστηριότητες και ενέργειες που απαιτούνται, επιβάλλουν την λήψη των απαιτούμενων μέτρων για την επίτευξη του επιθυμητού βαθμού συντονισμού των επιχειρήσεων ηλεκτρονικού πολέμου. Οι επιχειρήσεις ηλεκτρονικού πολέμου εφαρμόζονται τόσο σε αμυντικές όσο και σε επιθετικές ενέργειες, καθώς και σε ειδικές επιχειρήσεις όπως στην αντιμετώπιση ασύμμετρων απειλών, στις αεροκίνητες, στις αεραποβατικές επιχειρήσεις, στις αμφίβιες επιχειρήσεις και στην τρομοκρατία.

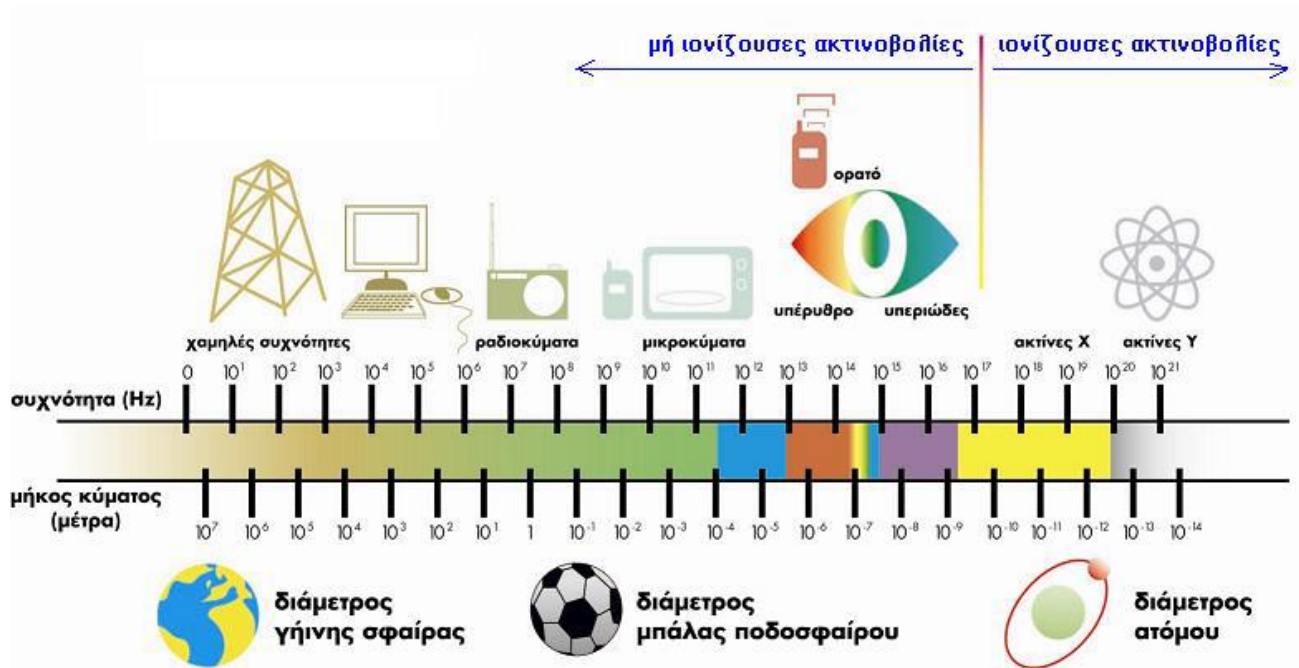
## 1.2 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Πρόκειται για διάχυση- εκπομπή στον χώρο μιας μορφής κυματοειδούς ενέργειας (ηλεκτρομαγνητική). Τα εν λόγω κύματα που εκπέμπονται ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά και είναι συγχρονισμένα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, διαφόρων συχνοτήτων και μήκους κύματος, τα οποία ταλαντώνονται σε άξονες κάθετους μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός ( $c=299.792.458 \text{ m/s}$ ) αλλά και μέσα στην ύλη σε μικρότερες

ταχύτητες.. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει μέθοδος ή τρόπος που να την περιορίζει απόλυτα, επηρεάζεται δε σε μικρό ή μεγάλο βαθμό από γεωγραφικούς, στρατιωτικούς ή άλλους τεχνητούς παράγοντες.

### 1.3 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Είναι το εύρος της περιοχής συχνοτήτων που καλύπτουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και θεωρητικά εκτείνεται από σχεδόν μηδενικές συχνότητες έως το άπειρο.



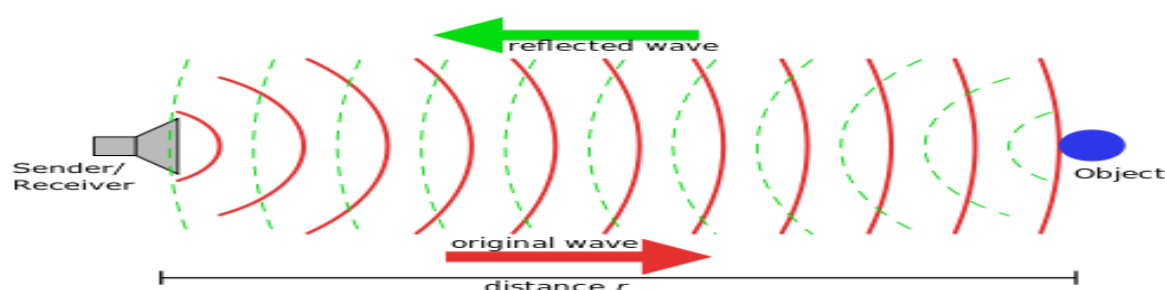
Με βάση κάποιες χαρακτηριστικές ιδιότητες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα χωρίζεται σε επιμέρους ζώνες, που είναι οι εξής: Ραδιοκύματα – ( $0-300$  MHz), Μικροκύματα – ( $300$  MHz -  $300$ GHz), Υπέρυθρη ακτινοβολία – ( $300$ GHz -  $400$ THz), Ορατή ακτινοβολία – ( $400$  -  $800$ THz), Υπεριώδης ακτινοβολία - ( $800$ THz -  $3 \cdot 10^{17}$ Hz), Ακτίνες X – ( $3 \cdot 10^{17}$ Hz -  $5 \cdot 10^{19}$  Hz), Ακτίνες γ – ( $5 \cdot 10^{19}$ Hz -  $3 \cdot 10^{22}$ Hz), Κοσμικές ακτίνες – ( $3 \cdot 10^{22}$ Hz -). Η στρατιωτική χρησιμοποίηση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σχετίζεται κυρίως με διοίκηση και έλεγχο, ραδιοναυτιλία, επικοινωνίες και πληροφοριακά συστήματα ασύρματα τοπικά δίκτυα, συλλογή πληροφοριών,

έρευνα, αναγνώριση και εντοπισμό, στοχοποίηση, κατάδειξη στόχων, και πληθώρα εξειδικευμένων εφαρμογών στις επιθετικές και αμυντικές επιχειρήσεις.

## Κεφάλαιο 2°

### Τεχνολογία Radar

Το ραντάρ είναι ένα σύστημα ανίχνευσης αντικειμένων που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για τον προσδιορισμό της απόστασης, της γωνίας και της ταχύτητας των αντικειμένων. Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και προσδιορισμό αεροσκαφών, πλοίων, διαστημικών σκαφών, κατευθυνόμενων βλημάτων, μηχανοκίνητων οχημάτων και άλλες χρήσεις πολιτικού τύπου. Ένα σύστημα ραντάρ αποτελείται από έναν πομπό που παράγει ηλεκτρομαγνητικά κύματα, μια κεραία μετάδοσης, μια κεραία λήψης (συνχνά η ίδια κεραία χρησιμοποιείται για μετάδοση και λήψη) και ένα δέκτη και επεξεργαστή για τον προσδιορισμό των ανιχνευμένων αντικειμένων. Τα ραδιοκύματα (παλμικά ή συνεχή) από τον πομπό αντανακλώνται στο αντικείμενο και επιστρέφουν στον δέκτη, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία και την ταχύτητα του αντικειμένου.



Το ραντάρ αναπτύχθηκε μυστικά για στρατιωτική χρήση από διάφορα κράτη κατά την περίοδο πριν και κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Ο όρος RADAR χρησιμοποιήθηκε το 1940 από το Ναυτικό των Ηνωμένων Πολιτειών ως ακριτιόλεξο RAdio Detection And Ranging.



Οι διάφοροι τύπο Radar κατηγοριοποιούνται με βάση το μήκος κύματος και τη συχνότητα. Υπάρχουν Radar συνεχούς κυματομορφής (Continuous Wave – CW) και παλμικά (Pulsed Radar – PR). Τα CW εκπέμπουν συνεχώς ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και διαθέτουν ξεχωριστές κεραίες λήψης και εκπομπής. Δύνανται να υπολογίσουν με μεγάλη ακρίβεια την ταχύτητα και να παρακολουθήσουν την τροχιά ενός στόχου γι' αυτό και χρησιμοποιούνται στην καθοδήγηση βαλλιστικών βλημάτων. Τα PR ταξινομούνται με βάση τη συχνότητα επανάληψης των παλμών (PRF-Pulse Repetition Frequency), σε Χαμηλού, Μεσαίου και υψηλού PRF. Τα χαμηλού PRF υπολογίζουν τη θέση του στόχου με ακρίβεια όταν δεν μας ενδιαφέρει η ταχύτητα του. Αντίθετα τα υψηλού PRF προσδιορίζουν την ταχύτητα. Για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης ενός στόχου απαιτείται συγκεκριμένη διαμόρφωση για κάθε τύπο Radar.

Band	Frequency	Wavelength	Example Radar Applications
HF	3–30 MHz	10–100 m	Over-the-horizon surveillance, ocean remote-sensing (skywave and ground-wave radars)
VHF	30–300 MHz	1–10 m	Very long-range air-surveillance, ground-penetrating radar, wind profilers
UHF	300–1000 MHz	0.3–1 m	Very long-range air-surveillance/airborne early-warning (AEW) radars (e.g., BMD)
L	1–2 GHz	15–30 cm	Long-range air-surveillance/AEW radars (maximum range coverage of ~500 km)
S	2–4 GHz	7.5–15 cm	Multifunction radar, terminal air traffic control (ATC) radar, marine radar
C	4–8 GHz	3.75–7.5 cm	Medium to short-range weapons fire-control, weather-mapping radar
X	8–12 GHz	2.5–3.75 cm	Airborne intercept and attack, missile defence radars, missile guidance
Ku	12–18 GHz	1.67–2.5 cm	Short-range seekers, maritime navigation radars (civil and military)
K	18–27 GHz	1.11–1.67 cm	Limited use (due to strong H <sub>2</sub> O absorption)
Ka	27–40 GHz	0.75–1.11 cm	Very short-range seekers, airport surface movement detection radars

#### Συχνότητες και μήκη κύματος Radar

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα τα High Frequency (HF) Radar λειτουργού με ανάκλαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ιονόσφαιρα και εντοπίζουν αντικείμενα πέρα από τον ορίζοντα. Τα VHF και UHF χρησιμοποιούνται για μεγάλου εύρου προειδοποιητικά Radar Early Warning Receivers. Τα L και S μπάντας είναι συνήθως εδάφους και ναυτικά για έλεγχο

εναέριας κυκλοφορίας και μεγάλης κλίμακας στρατιωτικές επιχειρήσεις. Τα C μπάντας χρησιμοποιούνται για έλεγχο οπλικών συστημάτων μικρών έως μεσαίων αποστάσεων και στην μετεωρολογία. Τα X μπάντας έχουν ευρεία χρήση σε στρατιωτικές εφαρμογές στον τομέα της αεράμυνα και στην καθοδήγηση βαλλιστικών βλημάτων. Τέλος τα Radar Ka, K και Ku μπάντας έχουν περιορισμένη στρατιωτική και πολιτική χρήση σε παρακολούθηση εδάφους, ναυτικής πλοήγησης κλπ και δέχονται σημαντικές απώλειες λόγω της ατμόσφαιρας.



Τύποι Radar με βάση τη συχνότητα λειτουργίας

## 2.1 Τεχνολογία Stealth (Αντιραντάρ)

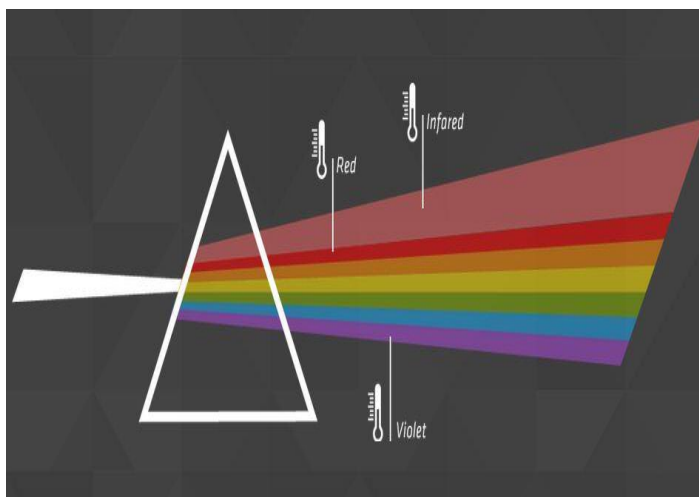
Η εφαρμογή της σύγχρονης αντιραντάρ τεχνολογίας αποσκοπεί στην απαγόρευση επιστροφής της ηχούς του ηλεκτρομαγνητικού παλμού που εκπέμπει ένα ραντάρ. Αυτό επιτυγχάνεται με την απορρόφηση και την διάχυση στο περιβάλλον, διαφορετικές από αυτή που βρίσκεται το ραντάρ έρευνας. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ειδικών υλικών (μη μεταλλικών), ειδική απορροφητική βαφή ή ειδική γεωμετρία κατασκευής που μέσα από διαδοχικές ανακλάσεις η ενέργεια διαχέεται στον χώρο εφαρμόζοντας το φαινόμενο της σκέδασης. Το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής σκέδασης συνίσταται στην δευτερεύουσα ακτινοβολία που παράγει ένα αντικείμενο, όταν προσπίπτει σε αυτό κάποιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στην ανίχνευση αυτής της δευτερεύουσας ακτινοβολίας, η οποία προδίδει την ύπαρξη κάποιου στόχου στην περιοχή άμεσου επιχειρησιακού ενδιαφέροντος. Κάθε στόχος χαρακτηρίζεται από την ισχύ της ακτινοβολίας που σκεδάζει, και η οποία είναι συνάρτηση της γεωμετρίας του στόχου, του υλικού του, του προσανατολισμού του στο χώρο, καθώς και της συχνότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Το ποσό της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας εκφράζεται από το μέγεθος της Ενεργού Διατομής Σκέδασης  $\sigma$  (Radar Cross Section - RCS)

## Κεφάλαιο 3ο

### Υπέρυθρη (IR)Τεχνολογία

Η επιβίωση ενός στρατιωτικού μέσου σε ένα σύγχρονο πεδίο μάχης αποτελεί το κύριο σημείο μελέτης στην σχεδίαση και την κατασκευή του. Το μειωμένο θερμικό του ίχνος είναι μία από τις κυριότερες επιδιώξεις τόσο των κατασκευαστών αλλά κυρίως των χρηστών. Οι μέθοδοι και τακτικές που εφαρμόζονται ποικίλλουν. Στη συνέχεια θα παρουσιασθεί η αρχή λειτουργίας των μέσων που εκμεταλλεύονται το υπέρυθρο φάσμα. Σκοπός είναι να προσδιορισθεί η απαιτούμενη τεχνολογία, να εφαρμοσθεί στο προστατευόμενο μέσο και να γίνει αξιοποιηθεί σε όλο το επιχειρησιακά εκμεταλλεύσιμο φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Κάθε αντικείμενο με μια θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν, εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Όσο υψηλότερη είναι αυτή η θερμοκρασία, τόσο πιο στενό είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Αυτή η θεμελιώδης αρχή απετέλεσε



την βάση για την ταχύτατα αναπτυσσόμενη τεχνολογία των ηλεκτρο-οπτικών, (ΕΟ) και υπέρυθρων (IR) αισθητήρων. Το 1800 ο S

William Herschel διαχώρισε το φως στα χρώματα του φάσματος και μέτρησε με θερμόμετρο την θερμοκρασία κάθε χρώματος. Διαπίστωσε ότι μετακινούμενος από το Μωβ (violet) στο Κόκκινο (red) η θερμοκρασία αύξανε, ακόμα και όταν το χρώμα ήταν άορατο. Έτσι προέκυψε η ανακάλυψη του τμήματος του Ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, γνωστού ως Υπέρυθρο (Infrared).

Καθώς λοιπόν αυξάνεται η θερμοκρασία ενός σώματος (μικρότερα μήκη) μεταβάλλεται και το χρώμα τους στο ορατό φάσμα. Η επιφάνεια του Ήλιου στους 6000K βρίσκεται στην κίτρινη περιοχή του ορατού φάσματος, γι' αυτό και φαίνεται κίτρινη στον ουρανό. Αντίθετα η εξαγωγή καυσαερίων ενός μαχητικού αεροσκάφους στους 800K

περίπου δεν είναι τόσο ζεστή για να εκπέμψει ακτινοβολία στο ορατό φάσμα, αλλά εκπέμπει σε μεγαλύτερο μήκος κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία.



Όλα λοιπόν τα αντικείμενα εκπέμπουν Υπέρυθρη ακτινοβολία. Η θερμοκρασία κάθε αντικειμένου καθορίζει το ποσό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας καθώς και το μήκος κύματος.

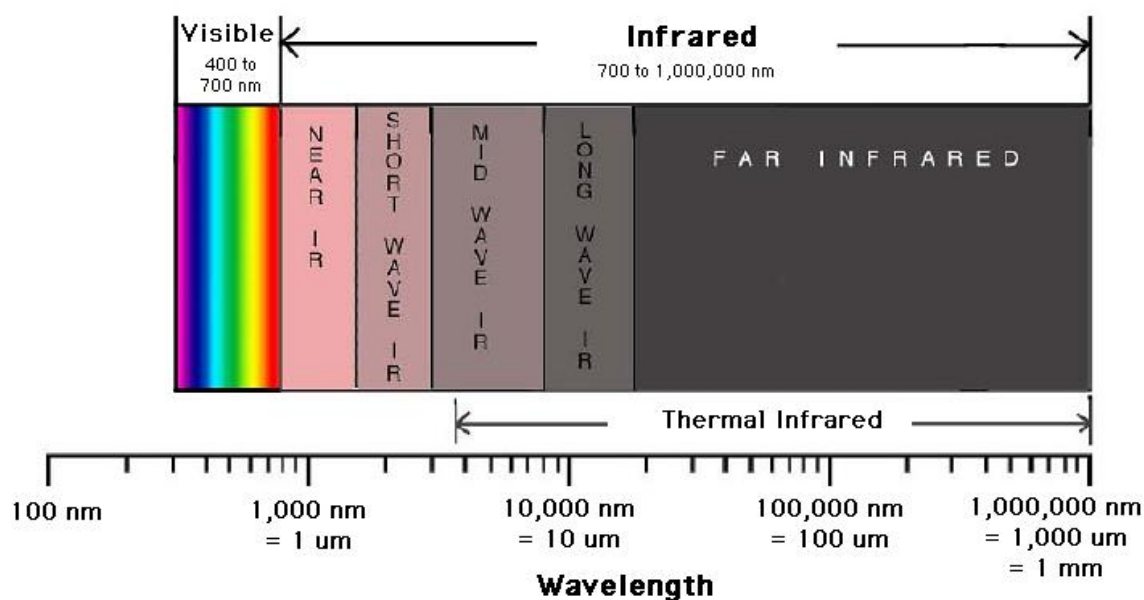
Ανάλογα με τα την υποδιαίρεση του φωτός στα χρώματα της ίριδος, υποδιαιρείται αντίστοιχα και το υπέρυθρο φάσμα. Η υποδιαίρεση αυτή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο γίνεται αναγνωρίσιμο και εκμεταλλεύσιμο από τους αισθητήρες, (IR sensor systems).

Στο εμπόριο υπάρχει πληθώρα συστημάτων έρευνας, επιτήρησης και παρακολούθησης εδάφους - εδάφους, εδάφους - αέρος, αέρος - αέρος και βλημάτων που χρησιμοποιεί αυτά τα συγκεκριμένα ηλεκτρομαγνητικά μήκη κύματος. Η εκμετάλλευση αυτής της τεχνολογίας απαιτεί ένα σύστημα το οποίο θα αξιοποιεί κατάλληλα τις ακτινοβολίες που θα λαμβάνει μετατρέποντας αυτές σε μια μορφή που μπορεί να γίνει αντιληπτή από τον άνθρωπο. Οι μετατροπές που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό ποικίλουν και είναι βασισμένοι στη μετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας σε ορατά φωτεινά ή ευδιάκριτα στοιχεία μετασχηματίζοντας την ενέργεια από μια μορφή σε άλλη, ώστε να επιτραπεί στον παρατηρητή να αντιληφθεί τα σήματα αυτά. Ένα ευρύ φάσμα θερμικών ανιχνευτών bolometers, thermistors, thermocouples, thermopiles και



συσκευές pyroelectric διατίθενται για το σκοπό αυτό. Στη συνέχεια θα εξεταστούν οι παραπάνω αισθητήρες αλλά και τα συστήματα ηλεκτρονικού πολέμου που δρουν στις περιοχές IR.

Οι αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν ενδεικτικά, ανάλογα με το μήκος κύματος σύμφωνα με το ανωτέρω σχήμα ως εξής:



- Short (περιλαμβάνει και μέρος του near ir)
- Medium
- Long
- Far IR

Μετά το κόκκινο χρώμα  $1\mu\text{m}$  -  $3\mu\text{m}$  είναι η πρώτη περιοχή γνωστή ως Short Wavelength Infrared (SWIR), η οποία χρησιμοποιείται πέραν των όσων προαναφέρθηκαν για τα επίγεια και εναέρια μέσα και βλήματα κυρίως από τους SPACE BASED SENSORS για αποκάλυψη των εκτοξευμένων πυραύλων (Boost Phase). Στα  $3\mu\text{m}$  -  $8\mu\text{m}$  είναι η μεσαία περιοχή (MWIR) χρησιμοποιούμενη για αποκάλυψη και παρακολούθηση αντικειμένων και πυραύλων (through booster burn) σε γήινο background. Από τα  $8\mu\text{m}$  -  $14\mu\text{m}$  είναι η long περιοχή (LWIR) χρησιμοποιούμενη από τα δορυφορικά συστήματα για ανίχνευση και παρακολούθηση στόχων άνωθεν του ορίζοντα, σε κρύο space background και από τα συστήματα αεροσκαφών ή επίγειων οπλικών συστημάτων

για εντοπισμό στόχων με έντονη θερμοκρασιακή διαφορά στο χώρο, (ψυχρό background). Τέλος από τα  $14\mu\text{m}$  -  $30\mu\text{m}$  είναι η περιοχή FAR IR χρησιμοποιούμενη κυρίως για παρακολούθηση πολύ κρύων στόχων σε διαστημικό περιβάλλον. Για την καλύτερη κατανόηση και ειμετάλλευση των συστημάτων αυτών είναι απαραίτητη η γνώση των παρακάτω απλών δεδομένων:

Η θερμική υπογραφή κάθε μέσου είναι αποτέλεσμα τριών κύριων παραγόντων:

1. Της υφής των υλικών κατασκευής του υλικού (θερμοαγωγιμότητα),
2. Της εσωτερικής του θερμοκρασίας (λόγω μηχανής και πληρώματος που το επανδρώνουν και των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται),
3. Της θερμοκρασίας και της IR υπογραφής του περιβάλλοντος χώρου στον οποίο επιχειρεί.

Τα δύο πρώτα παραμένουν σταθερά και την νύκτα. Η αγωγιμότητα των υλικών και η διαφορετική θερμοκρασία σε σχέση με αυτή του περιβάλλοντος (έδαφος, νερό, άσφαλτος, μέταλλο) είναι αυτά που κατά την



διάρκεια της νύκτας συντελούν στην αυξομείωση της IR ακτινοβολίας και της θερμικής υπογραφής του συγκεκριμένου μέσου.

Κατά βάση τα περισσότερα IR συστήματα αποτελούνται από συγκεκριμένες κατηγορίες οπτικών διατάξεων. Αυτές περιλαμβάνουν ένα περιστρεφόμενο ή κινούμενο καθρέπτη που σαρώνει την περιοχή ενδιαφέροντος. Η Υπέρυθρη (IR) ενέργεια, εκπεμπόμενη από την περιοχή ενδιαφέροντος ή τον στόχο, συγκεντρώνεται από ειδικούς εστιακούς φακούς στον κινούμενο καθρέπτη. Ο καθρέπτης στη συνέχεια την ανακλά σε μία ανιχνευτική διάταξη η οποία μετασχηματίζει την IR ενέργεια σε ηλεκτρικά σήματα με σκοπό την παραγωγή μίας κυματομορφής (VIDEO). Εν συνεχεία η παραγόμενη

κυματομορφή μεταφέρεται σε οθόνες και απεικονίζει το σιηνικό σε αποχρώσεις του γκρι, ή σε έγχρωμες απεικονίσεις κατ' αντιστοιχία της ανιχνευόμενης θερμοκρασίας ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο λογισμικό του συστήματος απεικόνισης. Το θερμότερο σώμα απεικονίζεται με την πλέον ανοιχτή απόχρωση και το ψυχρότερο προσεγγίζει το μαύρο. Αντίστοιχα το κόκκινο (θερμότερο) προς το μπλε (ψυχρότερο) για τις έγχρωμες οθόνες.

Τα περισσότερα συστήματα έχουν την δυνατότητα αλλαγής της πολικότητας απεικόνισης. Δηλαδή Cold on Hot ή Hot on Cold. Αυτό επιτρέπει τον εγκλωβισμό στόχου ψυχρότερου από το περιβάλλον ή θερμότερου από αυτό αντίστοιχα.

**ΕΞΙΣΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ**

$$L_{\text{apparent},\lambda} = \frac{\cos\theta}{\pi} \int_{\lambda} M_{\lambda}(T) \epsilon_{\lambda} \tau_{\lambda}(h, \theta, r) R_{\lambda} d\lambda$$

Thermal Emission

$$+ \frac{\cos\theta}{\pi} \int_{\lambda} E_{\lambda}(h) \rho_{d,\tau} \tau_{\lambda}(h, \theta, r) R_{\lambda} d\lambda$$

Diffuse Reflection

$$+ \frac{\cos\theta}{\pi \sin^2(\frac{\alpha}{2})} \int_{\lambda} E_{\lambda}(h) \rho_{s,\lambda} \tau_{\lambda}(h, \theta, r) R_{\lambda} d\lambda$$

Specular Reflection

$$+ \int_{\lambda} L_{\lambda}(h, \theta, \phi, r) d\lambda$$

Path Radiance

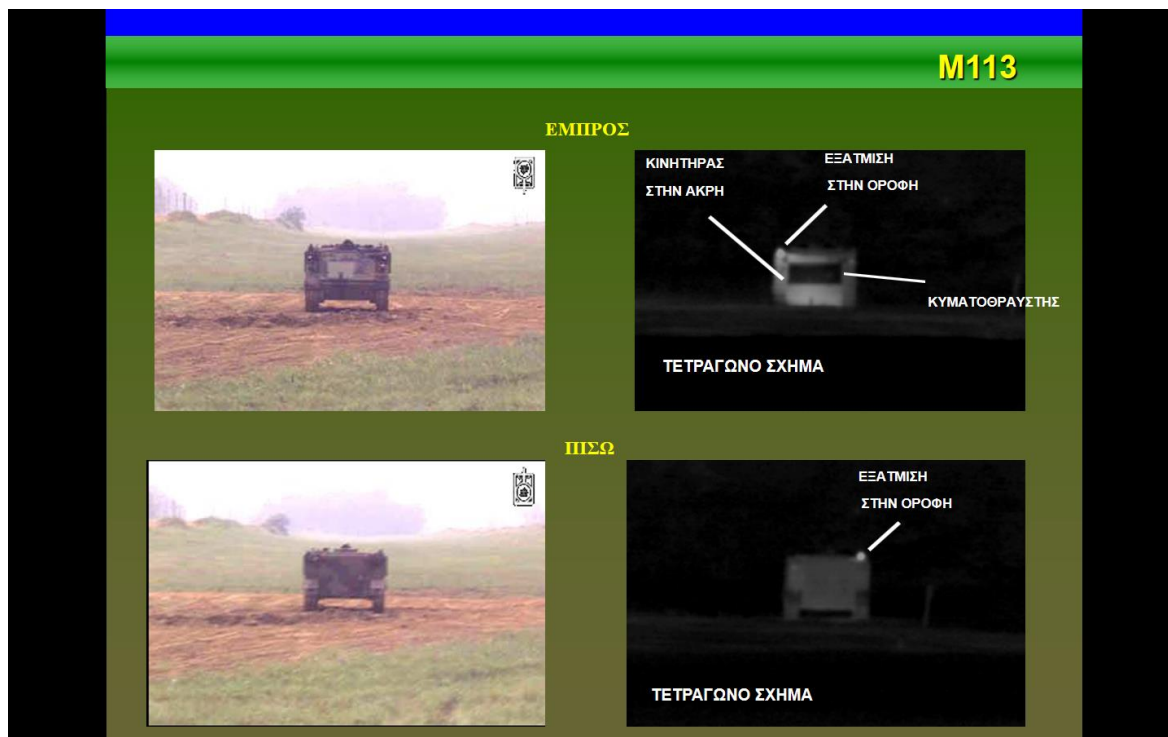
$L_{\text{apparent}}$	Apparent radiance of a target surface	W/cm <sup>2</sup> /SR
$M_{\lambda}$	Blackbody spectral radiant emittance	W/cm <sup>2</sup> /um
$E_{\lambda}$	Sun or sky spectral irradiance	W/cm <sup>2</sup> /um
$\tau_{\lambda}$	Atmospheric spectral transmission	Dimensionless
$L_{\lambda}$	Atmospheric spectral path radiance	W/cm <sup>2</sup> /SR/um
$R_{\lambda}$	Normalized sensor response	Dimensionless
$\epsilon_{\lambda}$	Spectral emissivity	Dimensionless
$\rho_{s,\lambda}$	Diffuse spectral reflectance	Dimensionless
$\rho_{d,\lambda}$	Specular spectral reflectance	Dimensionless
$h$	Altitude	Meters
$\theta$	View elevation angle	Radians
$\phi$	View azimuth angle from solar plane on incidence	Radians
$r$	Range along the viewing path	Radians
$\alpha$	Angular width of the sun	Radians

Η απόσταση στην οποία το σύστημα IR έρευνας και εγκλωβισμού δύναται να αποκαλύψει και εγκλωβίσει τον στόχο είναι προφανώς ο λόγος της διαφοράς θερμοκρασίας του στόχου προς το περιβάλλον. Το γωνιακό μέγεθος του

στόχου (οπτική προβολή), συσχετιζόμενο με την διευκρινιστική ικανότητα (Resolution) του αισθητήρα IR αποτελούν ένα στοιχείο προς μελέτη πολύ



χρήσιμο για την επιχειρησιακή σχεδίαση. Μερικές φορές αν και υπάρχει ικανοποιητική θερμική διαφορά μεταξύ στόχου και περιβάλλοντος ( $\Delta T$ ), το προβαλλόμενο μέγεθος του στόχου είναι τέτοιο που δεν είναι δυνατόν να διευκρινισθεί και να απεικονισθεί από το IR σύστημα. Συνεπώς πέραν της παραμέτρου  $\Delta T$ , αποτελεί και το μέγεθος του στόχου καθοριστικής σημασίας παράγοντα για την επιτυχή του αποκάλυψη από έναν αισθητήρα IR.



ΤΟΜΠ Μ113 Θερμική Απεικόνιση

## Κεφάλαιο 4°

### Μικροκυματικοί Αισθητήρες Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

Τα λέιζερ παράγουν ίδιας φάσης μονοχρωματικό φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος-χρώμα, το οποίο διαδίδεται σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση, σχηματίζοντας στενές δέσμες.

Η γενική αρχή χρήσης των Laser δεν διαφέρει από αυτή των Radar. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν και τα διάφορα συστήματα στηριζόμενα στην ακτινοβολία μικροκυμάτων όπως, οι καταδείκτες στόχων, οι αισθητήρες κατευθυνόμενων βλημάτων και βομβών, οι φωτοανιχνευτές, τα συστήματα αδρανειακής πλοήγησης (INS), τα όπλα κατευθυνόμενης Ενέργειας κλπ.

Ορισμένες χρήσιμες ιδιότητες των LASER είναι οι εξής:

A) Μονοχρωματικότητα: Το LASER έχει μονό μήκος κύματος. Σήμερα βέβαια υπάρχουν συστήματα LASER που λειτουργούν την ίδια χρονική στιγμή σε περισσότερα από ένα μήκη κύματος με προσθήκη ενός δεύτερου που εκπέμπει από το ίδιο το σύστημα.

B) Υψηλή κατευθυντικότητα: Κατευθύνουν τη δέσμη σε συγκεκριμένη περιοχή λόγω του μεγάλου παραλληλισμού ακτινών και της μικρής αποκλίσεως.

Γ) Ομοαξονικότητα: Απόκτηση συνοχής, ικανότητα ομαδοποίησης και ενωτικότητας των φωτονίων, τα οποία διευθύνονται στο χώρο και στο χρόνο. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι σημαντικά διότι ένα σύγχρονο σύστημα παρακολούθησης και ανίχνευσης στρατιωτικής χρήσης, για να ανταποκριθεί σε όλες τις καιρικές συνθήκες τυπικά απαιτεί την επιλογή χρήσης μήκους κύματος 1 cm ή μεγαλύτερου. Αυτό έχει ως συνέπεια την αντιμετώπιση μεγάλων περιορισμών, λόγω των παρακάτω αναμενόμενων προβλημάτων :

Α) Ανακριβή αναζήτηση καθ' ύψος λόγω των πολλαπλών διαδρομών που ακολουθούν οι δέσμες σάρωσης.

Β) Αδυναμία αποστασιομέτρησης λόγω εφαρμογής ηλεκτρονικών αντιμέτρων από τον αντίπαλο.

Γ) Περιορισμένες δυνατότητες ταξινόμησης, διαχωρισμού των στόχων και ακριβούς προσδιορισμού του σημείου σκόπευσης λόγω φτωχής γωνιακής διακριτικής ικανότητας. Για την αντιμετώπιση των ανωτέρω προβλημάτων λοιπόν προτιμώνται τα μικροκυματικά συστήματα Laser. Η λειτουργία στην χιλιοστομετρική ζώνη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος επιτρέπει ανίχνευση του στόχου κάτω από περισσότερο αντίξοες συνθήκες, (ομίχλη, περιορισμένη ορατότητα, σκότος), σε σύγκριση με τις δυνατότητες που έχουν οι αισθητήρες υπερύθρης ακτινοβολίας. Τα προβλήματα πολλαπλών διαδρομών των δεσμών, όπως αυτά προκύπτουν με εφαρμογή σε περιοχές καλυμμένες από χιόνι, σε εθνικές οδούς, σε επιφάνειες ύδατος, και σε τελείως ομαλούς δρόμους εμποδίζουν την ακριβή αναζήτηση του στόχου καθ' ύψος. Εμποδίζουν επίσης και σε περιπτώσεις συνθηκών χαμηλού υψομέτρου όπως στα σύστημα αέρος εδάφους, σε περιπτώσεις δηλαδή που απαιτείται ακριβέστατη αναζήτηση του στόχου. Σε αυτές τις καταστάσεις η οπισθοσκέδαση, δηλαδή η εκτροπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κατά γωνία μεγαλύτερη των  $90^\circ$  ως προς την αρχική γωνία διάδοσης, δημιουργεί πρόβλημα ατμοσφαιρικών παρασίτων. Σε περιοχές όπου στατιστικά οι περίοδοι κακών συνθηκών ορατότητας είναι λιγότερες, αξιοποιούνται περισσότερο τα συστήματα τύπου Radar. Το φαινόμενο της διάδοσης σε πολλαπλές διαδρομές προξενείτε λόγω της διάδοσης της μικροκυματικής ενέργειας προς ένα στόχο με χαμηλή γωνιά ανύψωσης. Ο βαθμός κατά τον οποίο το επιστρέφον σήμα από την χαμηλή διαδρομή είναι εντός του πεδίου οράσεως του δέκτη ή των πλευρικών λοβών ευαισθησίας του δέκτη (μικροκυματική κεραία) αποτελεί μια πηγή σφάλματος. Επίσης στο βαθμό που ο παράγοντας επιφανειακής ανάκλασης είναι συμμετρικός ως προς τον δέκτη μικροκυμάτων, το φαινόμενο είναι λιγότερο εμφανές στην αναζήτηση κατά

διεύθυνση. Σαν αποτέλεσμα, μπορεί κανείς να διευθετήσει ένα πεδίο έρευνας ενός συστήματος LASER με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ευρύτερο καθ' ύψος από ότι είναι κατά διεύθυνση. Η χρήση των LASER και των αντίστοιχων μηχανών κύματος οδηγεί σε ένα εύρος δέσμης πάρα πολύ στενό, κατ'επέκταση το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας η οποία διαδίδεται μπορεί να κατευθυνθεί προς το στόχο και επακόλουθα ελαττώνονται σε σημαντικό βαθμό τα σφάλματα εξαιτίας των πολλαπλών διαδρομών.

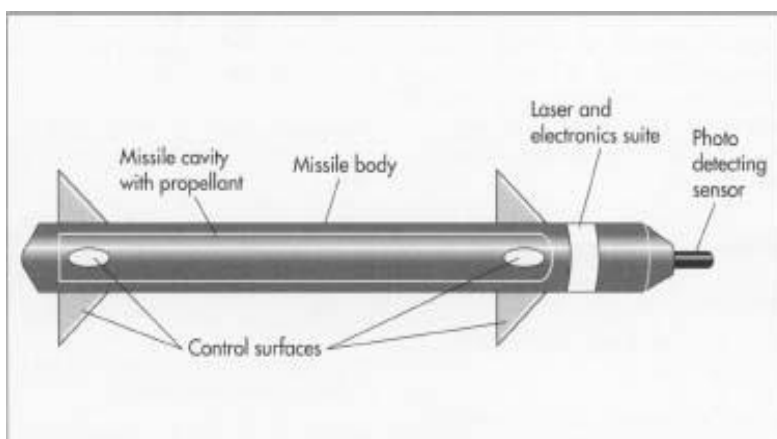
#### **4.1 Καθοδήγηση Βολής με Laser Beam**

Η χρήση Laser είναι μια από τις παλιότερες μεθόδους για την κατεύθυνση όπλων και η μοναδική σε προσβολές αέρος - επιφάνειας στην οποία το σήμα ακτινοβολίας προέρχεται από πηγή εξωτερικά του όπλου και του στόχου. Μια λεπτή δέσμη Laser κατευθύνεται και προσπίπτει στον στόχο. Οι ακτίνες Laser ανακλώνται από το στόχο προς όλες τις κατευθύνσεις και έτσι δημιουργείται στο χώρο ένας κώνος ανακλώμενης ενέργειας Laser. Ένα σύστημα ανίχνευσης ακτινών Laser σε συνδυασμό με υπολογιστή και τμήμα καθοδήγησης προσαρμόζεται σε μια συμβατική βόμβα ή βλήμα. Στην περίπτωση αυτή γίνεται προσπάθεια να αφαιρεθεί το όπλο κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να βρεθεί μέσα στον κώνο της ανακλώμενης ενέργειας Laser. Όταν ο ανιχνευτής ακτινών ενεργοποιηθεί από την ανακλώμενη ενέργεια κατευθύνει το όπλο προς το σημείο ανάκλασης των ακτινών Laser, δηλαδή προς τον στόχο. Η ακτινοβολία Laser μπορεί να προέρχεται από καταδείκτη που υπάρχει στο αεροσκάφος που θα εκτελέσει την άφηση (αυτοκατάδειξη), σε άλλο αεροσκάφος (σχηματισμός καταδεικτικού-βομβαρδιστικού) ή από επίγειο σύστημα κατάδειξης.

Η ακρίβεια του συστήματος εξαρτάται από την ικανότητα του ανιχνευτή να εντοπίσει την ανακλώμενη ακτινοβολία Laser και την ικανότητα του καταδείκτη να διατηρήσει την δέσμη στον στόχο μέχρι αυτός να πληγεί από κατευθυνόμενο όπλο. Αν το όπλο χάσει την ακτινοβολία Laser, είτε λόγω βλάβης του ανιχνευτή

είτε λόγω αστοχίας του καταδείκτη θα ακολουθήσει τροχιά βαλλιστικής πτώσης όπως και ένα μη κατευθυνόμενο όπλο.

Ο φάκελος πτήσης του όπλου επιτρέπει εκ του μακρόθεν αφέσεις (standoff), γεγονός που προσδιορίζει και την απαίτηση εντοπισμού από μακριά του στόχου με σύστημα Radar, ή Ηλεκτροπτικό, (EO ή IR). Μετά την άφηση του όπλου, υπάρχει μια μικρή καθυστέρηση πριν ο ανιχνευτής διακρίνει την ανακλώμενη ακτινοβολία Laser και κατευθυνθεί προς αυτή. Μετά την διάκριση οι διορθώσεις της πορείας γίνονται από τον υπολογιστή ο οποίος με κατάλληλες εντολές προκαλεί απόκλιση



των πτερυγίων κατεύθυνσης με σκοπό την καθοδήγηση του όπλου προς τον στόχο. Επομένως επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι η παροχή στον αισθητήρα

του όπλου αλλοιωμένων, ως προς τα χαρακτηριστικά της Laser δέσμης στοιχείων ή παροχή ακριβώς των ίδιων δεδομένων από άλλη θέση στο χώρο προκειμένου εκτραπεί το όπλο από τον αρχικό του προορισμό. Ένας κλασικός αισθητήρας ανίχνευσης (LASER ILLUMINATION DETECTOR) είναι ο μηχανισμός που βλέπει τον φωτιζόμενο από φως Laser στόχο όπως στο παρακάτω σχήμα. Η κεφαλή του συστήματος είναι προσαρμοσμένη σε κύμβαλα και συνδεδεμένη με άξονα με το σύστημα πηδαλιούχησης, είναι δε ελεύθερη να κινείται μέσα στα όρια των κυμβάλων. Ο κώνος όρασης της κεφαλής είναι γύρω στις  $10^{\circ}$ - $12^{\circ}$  ο δε κώνος κίνησης της είναι  $36^{\circ}$ .

Ακριβώς πίσω από το γυάλινο θόλο υπάρχει ένα φίλτρο, το οποίο επιτρέπει τη διέλευση φωτός μόνο ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος και απαγορεύει τη διέλευση οποιουδήποτε άλλου φωτός. Έτσι από το φίλτρο αυτό διέρχεται μόνο το φως LASER. Μετά το φίλτρο υπάρχει ένας φακός, ο οποίος ενισχύει και κατευθύνει το σήμα πάνω στον ανιχνευτή. Ο ανιχνευτής είναι μια πλάκα κάθετη

στο διαμήκη άξονα της βόμβας και είναι διαιρεμένος σε 4 τεταρτημόρια. Η διερχόμενη ακτινοβολία πέφτει σε ένα σημείο του ανιχνευτή, το οποίο σημείο δείχνει τη θέση του στόχου. Εφόσον το σημείο αυτό είναι έξω από το κέντρο, το τεταρτημόριο στο οποίο βρίσκεται ερεθίζεται ηλεκτρικά και μέσω του ηλεκτρονικού ενισχυτή μεταδίδει το σήμα στον υπολογιστή κατεύθυνσης. Ο υπολογιστής γνωρίζοντας πλέον τη θέση του στόχου, δίνει εντολή στο τμήμα ελέγχου για ανάλογη κίνηση των πτερυγίων κατεύθυνσης, ώστε το σημείο της ακτινοβολίας να έρθει στο κέντρο του ανιχνευτή και κατά συνέπεια η βόμβα να κατευθύνεται προς το στόχο. Καθώς η βόμβα πλησιάζει στο στόχο, το σημείο της ακτινοβολίας γίνεται συνεχώς μεγαλύτερο, μέχρις ότου καλύψει όλη την επιφάνεια του ανιχνευτή. Αυτό συμβαίνει σε απόσταση 300 μέτρα περίπου. Από το σημείο αυτό μέχρι την πρόσκρουση της βόμβας στο έδαφος δεν υπάρχει κατεύθυνση διότι είναι καλυμμένα και τα 4 τεταρτημόρια του ανιχνευτή, και η βόμβα πέφτει βαλλιστικά. Ο υπολογιστής κατεύθυνσης (GUIDANCE COMPUTER) είναι η καρδιά του όπλου. Αφού πάρει το σήμα από τον ανιχνευτή, δίνει εντολές στο τμήμα ελέγχου για κατάλληλη απόκλιση των πτερυγίων. Για να δοθεί μια τέτοια εντολή η ακτινοβολία που λαμβάνεται από τον ανιχνευτή πρέπει να έχει ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή. Το σημείο στο οποίο η ακτινοβολία είναι αρκετά έντονη, για να γίνει αποδεκτή από τον υπολογιστή, είναι καθοριστικό για την ασφαλή κατεύθυνση του όπλου. Η ισχύς της ενέργειας που φτάνει στη βόμβα-βλήμα εξαρτάται κυρίως από τους εξής παράγοντες:

- ✓ Διάχυση και απορρόφηση της ατμόσφαιρας
- ✓ Ανακλαστικότητα του στόχου .
- ✓ Απόσταση αέρος-εδάφους καταδείκτη-στόχου
- ✓ Απόσταση αέρος-εδάφους βόμβας-στόχου
- ✓ Γωνία κατάδειξης και ανάκλασης.

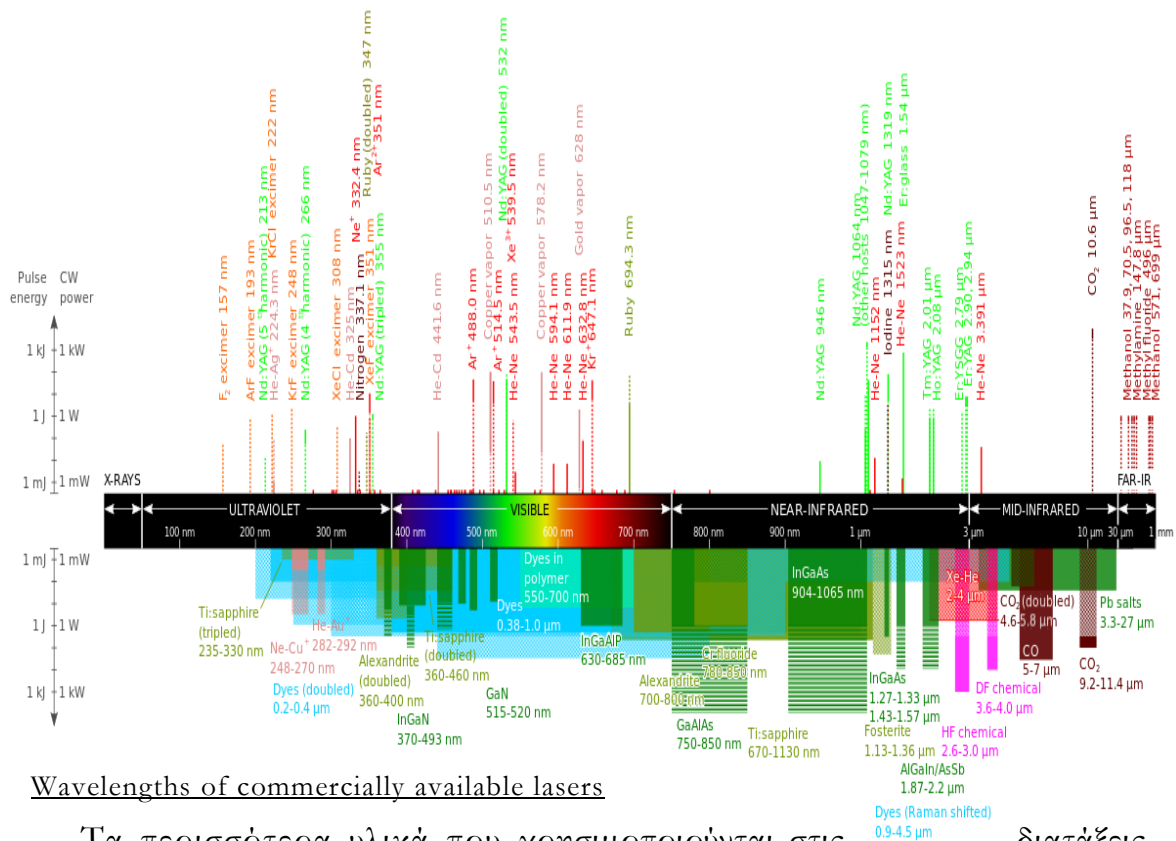
Η ανακλαστικότητα του στόχου για τους υπολογισμούς έχει σταθερή τιμή 0,4. Εξαρτάται από την γεωμετρία και το υλικό κατασκευής του στόχου , ενώ ως μέσος όρος μεταξύ της γωνίας πρόσπτωσης και της γωνίας ανάκλασης έχει ληφθεί



η τιμή των  $60^\circ$ . Ένα εξίσου σοβαρό στοιχείο στην διαδικασία της καθοδήγησης είναι η Καθυστέρηση έναρξης φωτισμού (Delayed lasing). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως κατά την πτήση της η βόμβα προσπαθεί να ευθυγραμμιστεί με την ευθεία σκόπευσης και όταν επιτευχθεί δίδεται εντολή στα πηδάλια να μετακινηθούν στην ουδέτερη θέση. Σε κάθε σφάλμα δίνεται εντολή για απόκλιση των πηδαλίων μέχρι να επανέλθει το όπλο και πάλι στην γραμμή σκόπευσης και κατόπιν επανέρχονται στην ουδέτερη θέση. Όταν τα πηδάλια είναι στη μέγιστη απόκλιση, η αυξημένη αντίσταση του αέρα (οπισθέλκουσα  $D=1/2 C_d \rho A v^2$ ) επιδρά αρνητικά εις βάρος της ταχύτητας μειώνοντας την. Στο διάστημα κατά το οποίο η ανωτέρω διαδικασία επαναλαμβάνεται, η ταχύτητα συνεχώς ελαττώνεται και κατ'επέκταση ο χρόνος καθοδήγησης είναι υπερβολικά μεγάλος. Ο μεγάλος χρόνος έχει ως συνέπεια την μείωση της ευελιξίας του όπλου πριν από την πρόσκρουση σε τέτοιο βαθμό που ενδεχόμενος να το καταστήσει ανίκανο να διορθώσει τα τελευταία σφάλματα.

#### 4.2 Εύρος Μήκους Κύματος Απειλών

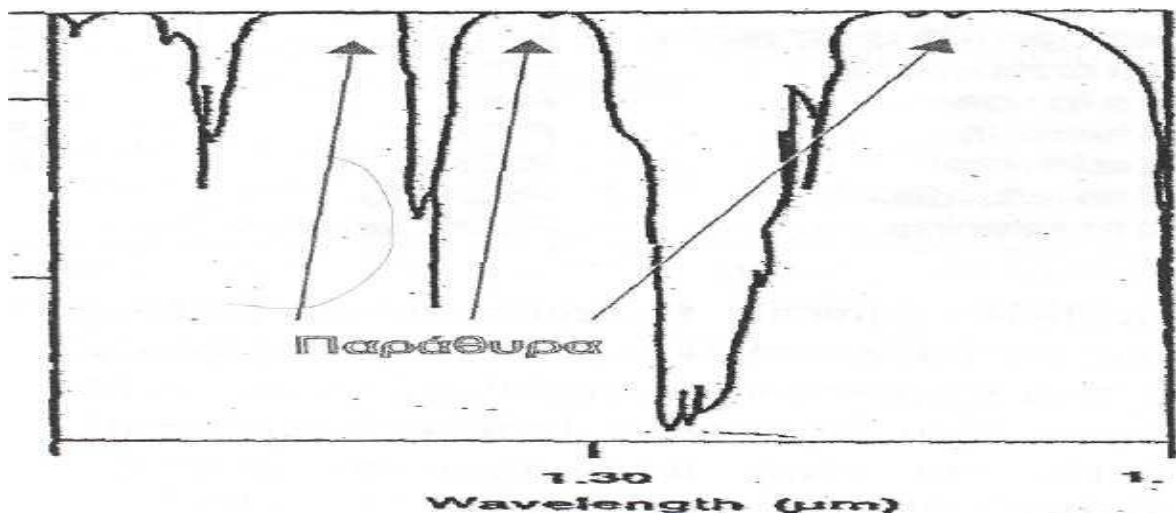
Εκτός από την ευαισθησία του δέκτη, όσον αφορά τα ελάχιστα ποσά ενέργειας που θα πρέπει να ανιχνεύει, μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι και το εύρος μήκους κύματος των απειλών που θα ανιχνεύει. Τα περισσότερα Laser στρατιωτικού ενδιαφέροντος λειτουργούν σε μήκη κύματος από 694,3 nm μέχρι πάνω από 11,4  $\mu\text{m}$ . Ειδικά για την περίπτωση των κατευθυνόμενων με Laser βομβών και βλημάτων, το μήκος κύματος που χρησιμοποιούν οι καταδείκτες είναι περίπου 1064 nm. Με παρεμβάσεις όμως στην λειτουργία του καταδείκτη καθώς και με την κατασκευή kit κατεύθυνσης για τις βόμβες, που να υποστηρίζουν αυτές τις αλλαγές, το μήκος κύματος λειτουργίας του οπλικού συστήματος μπορεί να μεταβληθεί. Επομένως ο δέκτης θα πρέπει να λειτουργεί σε ένα εύρος μηκών κύματος, ανάλογα με τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για τα οπλικά συστήματα του αντιπάλου.



### Wavelengths of commercially available lasers

Τα περισσότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στις διατάξεις laser, όπως το Ruby, GaAs και το Neodymium, παράγουν ακτινοβολία μήκους κύματος από 694,3 nm έως 1,57  $\mu\text{m}$ , με επέκταση για τα laser CO<sub>2</sub> στα 11,4  $\mu\text{m}$ .

Στο σχήμα φαίνεται η ατμοσφαιρική μετάδοση στο επίπεδο της θάλασσας για απόσταση 1 km με οπτική πηγή φασματικού πλάτους 1  $\mu\text{m}$ . Από τα τρία σχηματιζόμενα παράθυρα γίνεται αντιληπτό, σε πια περιοχή συχνοτήτων είναι





δυνατόν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά τα υπόψη συστήματα, και κατά αντιστοιχία, τα συστήματα ανίχνευσης της ακτινοβολίας.

#### 4.3 Σύστημα Ανίχνευσης - Προειδοποίησης

Το επεξεργασμένο σήμα που φτάνει στον υπολογιστή μετά τον ανιχνευτή δηλώνει τη θέση του στόχου, την διόπτρευση δηλαδή της λαμβανόμενης - ανακλώμενης ακτινοβολίας Laser. Με την ίδια διαδικασία θα υπολογίζει την κατεύθυνση της απειλής Laser και ο δέκτης προειδοποίησης. Αυτό στηρίζεται στο φαινόμενο της φωτο φώρασης, της μετατροπής δηλαδή της ακτινοβολίας Laser σε ηλεκτρικό επεξεργάσιμο σήμα. Η διαδικασία αυτή εκτελείται από ειδικές διόδους ημιαγωγού που ονομάζονται φωτο φωρατές . Η λειτουργία των φωτο φωρατών βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο σε μια ανάστροφα πολωμένη επαφή. Συγκεκριμένα φορτία κάτω από την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται στην ανάστροφη πόλωση , πορεύονται με αντίθετη φορά και δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα. Για την κατασκευή φωτο φωρατών έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα ημιαγωγοί Si , Ge , GaAs . Η καταλληλότητα ενός φωρατή για ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος λειτουργίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κατά πόσο η οπτική ακτινοβολία διεισδύει σε βάθος μέσα στο σώμα των κρυστάλλων.

Το κάθε ένα τεταρτοκύκλιο ενός ανιχνευτή αποτελεί και έναν φωρατή. Οι φωρατές είναι ανεπτυγμένοι σε ένα δυσδιάστατο επίπεδο και όταν η κηλίδα Laser είναι στο κέντρο τότε δέχονται το ίδιο ποσό ενέργειας. Όταν η κηλίδα μετακινηθεί προς ένα τεταρτοκύκλιο τότε το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από τον φωρατή του θα έχει μεγαλύτερη ισχύ εξόδου σε σχέση με τα σήματα εξόδου των άλλων φωρατών. Με αυτή τη σύγκριση ο υπολογιστής ελέγχου αντιλαμβάνεται την διόπτρευση της ακτινοβολίας και δίνει κατάλληλες εντολές στη μονάδα επεξεργασίας του σήματος με σκοπό την αντιμετώπιση της απειλής. Συγκεκριμένα στον ελαττούμενο δέκτη προειδοποίησης οι φωρατές θα

είναι σε τρισδιάστατο επίπεδο καθώς απαιτείται περιμετρική κάλυψη του στόχου.

Συνιστάται η χρήση πολλαπλών φακών ώστε να προσφέρεται ημισφαιρική κάλυψη και ταυτόχρονα ένα πολύ ευρύτερο F.O.V. ( έως και  $360^{\circ} \times 90^{\circ}$  ) . Για το υπό κατασκευή σύστημα, η κάλυψη όσον αφορά διεύθυνση (αζιμούθιο) και ύψος εξαρτάται από το είδος του στόχου, την άμυνα του, καθώς και τις μορφολογικές εξάρσεις γύρω απ' αυτόν οι οποίες μπορούν να κάνουν αδύνατη την προσβολή του από συγκεκριμένες γωνίες. Συνιστάται επίσης η χρησιμοποίηση κωδικοποιημένης πόλωσης σε κάθε φακό ώστε η διάταξη να επιτρέπει σε ένα δίκτυο οπτικών ινών και δύο ανιχνευτές να παρέχουν την κατεύθυνση της οπτικοηλεκτρονικής παρεμβολής (ακτινοβολίας). Σε άλλη περίπτωση οι φωτο φωρατές (των οποίων το F.O.V. συμπίπτει με αυτό των φακών) μπορούν να τοποθετηθούν ακριβώς πίσω από κάθε φακό. Ο φακός χρησιμοποιείται για να οδηγήσει την ακτινοβολία της δέσμης σε ένα συγκεκριμένο σημείο που ονομάζεται κύρια εστία του φακού και είναι άμεσα εξαρτημένη από το εστιακό του επίπεδο (F.O.V.). Μεταξύ του φακού και του φωτο φωρατή παρεμβάλλεται ένα φίλτρο συχνότητων. Διαμέσου του φίλτρου θα διέλθει ακτινοβολία συγκεκριμένων χαρακτηριστικών που εμείς έχουμε επιλέξει και κατόπιν θα εστιαστεί στον φωτο φωρατή που είναι πίσω από το φίλτρο. Εν συνεχεία ο φωρατής θα μετατρέψει την ακτινοβολία Laser σε ηλεκτρικό σήμα συγκεκριμένης τάσης ανάλογης του ποσού της ακτινοβολίας που δέχθηκε. Εξαιτίας της διασποράς της δέσμης η διάμετρος της προβολής συνεχώς αυξάνει και επομένως θα καλύπτει και άλλους φακούς-φωρατές, η ενέργεια βέβαια της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη στον κεντρικό άξονα της δέσμης και μειώνεται σταδιακά μέχρι την περίμετρο της προβολής της. Ένας εκ των φακών του συστήματος κατά συνέπεια των παραπάνω θα λαμβάνει μεγαλύτερη ένταση ακτινοβολίας και επομένως ο φωρατής του θα παράγει μεγαλύτερης τάσης ηλεκτρικό σήμα. Ένα ηλεκτρικό κύκλωμα της

μονάδας επεξεργασίας των σημάτων του δέκτη θα συγκρίνει της τάσεις των εξερχόμενων ηλεκτρικών σημάτων κάθε φωρατή και θα συγκρατεί την μεγαλύτερη τιμή. Η ακτινοβολία λοιπόν με τη μεγαλύτερη τιμή προσπίπτει στον φωρατή από τον φακό ο οποίος εστιάζει πάνω σε αυτόν ο οποίος με τη σειρά του είναι κατάλληλα τοποθετημένος ώστε να δέχεται ακτινοβολία από συγκεκριμένα όρια διόπτρευσης. Αναγνωρίζοντας λοιπόν η μονάδα επεξεργασίας την σχετική διόπτρευση του φακού που εστιάζει στον φωρατή με την μεγαλύτερη ηλεκτρική τάση εξόδου, αναγνωρίζει και την σχετική διόπτρευση της απειλής. Γενικότερα όμως δεν είναι εφικτή η εκτίμηση του ποσοστού υποβάθμισης της δυνατότητας διευκρίνησης διόπτρευσης μιας απειλής συνεχούς κύματος (CW) παρουσία μιας ήδη ισχυρής προ υπάρχουσας ακτινοβολίας (π.χ. φως ήλιου).

Μια εναλλακτική ρύθμιση για ανίχνευση παλμικής απειλής χρησιμοποιεί διαφορετικού μήκους κύματος προεκτάσεις ίνας που κωδικοποιούν προσωρινά τα ξεχωριστά σήματα ώστε να συγκρίνονται. Τα επίπεδα λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος βρίσκονται στις μπάντες VNIR (Visual Near InfraRed) καλύπτοντας μια περιοχή εύρους από  $10^{-4}$  έως  $10^{-2}$  W/cm με εύρος παλμού από 5 έως 500 sec. Αυτό συνεπάγεται για τυπικές επιχειρησιακές καταστάσεις και απειλές, ένα κατώφλι αποκάλυψης ακτινοβολίας έντασης  $10^{-12}$  J/cm<sup>2</sup> σε απόσταση 100 m. Ασφαλώς για υψηλότερης ενέργειας ακτινοβολίες εννοείται μια μεγαλύτερη ακτίνα αποκάλυψης. Μια εκτιμώμενη επιχειρησιακή απαίτηση θα κυμαίνεται από 50 έως 180 μέτρα.

Άλλος τύπος δεικτών χρησιμοποιούν μικρότερο αριθμό φακών π.χ. τέταρτα ημισφαιρίου (τύπος Ferranti) προσφέροντας χαμηλότερο κόστος αλλά μικρότερη δυνατότητα διευκρίνισης διόπτρευσης. Μια εναλλακτική μέθοδος είναι η τοποθέτηση ξεχωριστών φωρατών με ευρύτερο F.O.V. σε διάφορα μέρη της επιφάνειας του στόχου, προσανατολισμένων σε διαφορετικές διευθύνσεις ώστε να παρέχουν πληροφορίες διόπτρευσης από την σύγκριση της

ακτινοβολίας που δέχονται. Αντίθετα, γρήγοροι φωρατές και δίοδοι GaAs θα μπορούσαν να παρέχουν ακριβή χρόνο άφιξης δεδομένων με ένα φραγμό ( καθυστέρηση ) 1 nsec και με αισθητήρες κλιμακούμενης απόστασης μπορεί να προέλθει ακριβής διόπτρευση με απόκλιση λίγων μοιρών για laser μικρής συχνότητας παλμικής επανάληψης PRF (Pulse Repetition Frequency) .Στην περίπτωση που πρέπει να αναλυθεί το φως από διάθλαση, απαιτούνται περισσότεροι φωτο φωρατές και δέκτες για να καλύψουν ένα δεδομένο F.O.V. Ένα κατάλληλο οπτικά συνδυασμένο δίκτυο (οπτικές ίνες) μπορεί να υπερχαλύψει αυτούς τους περιορισμούς και να παρέχει την δυνατότητα φιλτραρίσματος συχνοτήτων. Εναλλακτικά επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρότερης ταχύτητας αντίδρασης συστήματα με λιγότερους φωρατές, αυξημένου όμως F.O.V. καθενός εξ' αυτών, στην περίπτωση αυτή το σύστημα παρέχει μεγάλη γωνία διόπτρευσης της απειλής αλλά μικρότερη ακρίβεια.

Στην ανίχνευση σημάτων CW θα πρέπει να είναι ανιχνεύσιμα παρόμοια ενεργειακά επίπεδα εάν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα της φώρασης είναι σωστά διαμορφωμένα (π.χ. να μειώνουν τα όρια του εύρους ζώνης θορύβου). Η μόνη πραγματική διάκριση είναι το πλάτος (εύρος) της οπτικής γραμμής το οποίο θα μπορεί φυσιολογικά να προσδιοριστεί μέσω τεχνικών που περιγράφονται στην επόμενη ενότητα. Θα ήταν ασφαλώς περισσότερο αποδοτική η δημιουργία ενός πιο αργού αλλά ευαίσθητου φωρατή CW μεγάλης περιοχής με σωστή συνεχή διευκρίνιση μήκους κύματος σε μια ξεχωριστή αναλογία από τους υψηλής ταχύτητας παλμικούς φωρατές .

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η μέτρηση της συχνότητας παλμικής επανάληψης PRF (Pulse Repetition Frequency), σε περίπτωση που ο αντίπαλος χρησιμοποιεί κωδικοποιημένη εκπομπή προς αποφυγή παρεμβολής. Για την μέτρηση της λοιπόν από τον δέκτη προτείνεται η χρήση χρονοκυκλώματος για την μέτρηση της συχνότητας επανάληψης κάθε παλμοσειράς σε 1 sec, στην

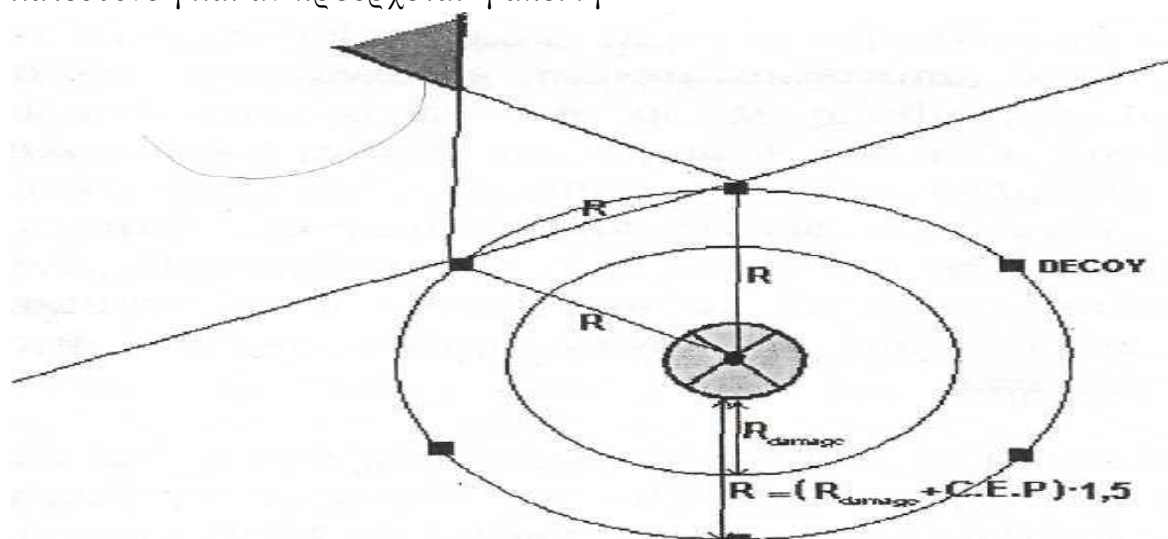
περίπτωση των παλμικών απειλών. Η μέτρηση του εύρους παλμού γίνεται κατά την διέλευση του μέσα από φίλτρο συχνοτήτων αμέσως μετά την είσοδο του στο δέκτη. Αποτέλεσμα της εισόδου είναι μια θετική ακίδα στο σημείο εισόδου στο φίλτρο (leading edge) και μια αρνητική ακίδα στο σημείο εξόδου. Χρησιμοποιώντας την θετική ακίδα σαν έναρξη της μέτρησης και την αρνητική σαν παύση της, η μέτρηση του εύρους παλμού γίνεται με μεγάλη ακρίβεια. Στην περίπτωση που το παλμικό σήμα είναι σε ψηφιακή μορφή με υψηλό βαθμό δειγματοληψίας, η ανάλυση απαιτείται για να καθορίσει το εύρος παλμού. Αυτή η προσέγγιση παρέχει επίσης λεπτομερείς πληροφορίες για το σχήμα του παλμού και είναι απαραίτητη σε συστήματα τα οποία μετρούν το χρόνο αύξησης και άλλα χαρακτηριστικά εκτός του πλάτους παλμού. Η παραπάνω μέτρηση, δηλαδή ο χρόνος από την έναρξη εκπομπής ενός παλμού έως την έναρξη εκπομπής του επόμενου PRI(Pulse Repetition Interval) ή IPP(Inter-Pulse Period) γίνεται με την χρήση υπολογιστή ο οποίος συλλέγει τους χρόνους άφιξης της ακίδας (leading edge) ενός μεγάλου αριθμού παλμών και καθορίζει μαθηματικά πολλαπλά PRI και κλιμακωτά (staggered) PRI.

Γενικότερα όσον αφορά τη διάκριση μεταξύ των τύπων ακτινοβολιών Laser είναι απαραίτητο ο δέκτης να εξετάσει το εύρος της μπάντας ή τη συνοχή της ακτινοβολίας. Η συνοχή στο χώρο μιας εκπεμπόμενης δέσμης Laser η οποία έχει διανύσει μια απόσταση της τάξης των 10 km τείνει την συνοχή με αντίστοιχη που προέκυψε από έναν ανακλαστήρα. Αν και έχουν επιδειχθεί τεχνικές οι οποίες αυξάνουν την ένταση της ακτινοβολίας laser, θα πρέπει πρώτα να εξεταστούν στο κατά πόσο είναι εφαρμόσιμες σε πηγές laser μικρών παλμών. Ολοκληρώνοντας, ο προτεινόμενος δέκτης συνδεδεμένος με τον προαναφερθέντα υπολογιστή, (Μονάδα επεξεργασίας σήματος), θα πρέπει να δίδει μέσω της οπτικής ίνας επεξεργασμένο σήμα στον πομπό, ο οποίος θα το ενισχύει και θα το εκπέμπει προς την υπολογισθείσα κατεύθυνση.

Ο δέκτης θα καλύπτει το φάσμα 0,4-1,1  $\mu\text{m}$ , στα 1,4-2,4  $\mu\text{m}$  και στα 8-12  $\mu\text{m}$ . Θα έχει τέσσερεις ανιχνευτές περιφερειακά και ένα στην κορυφή. Οι 4 περιφερειακοί ανιχνευτές μαζί θα παρέχουν κάλυψη 360° κατά διεύθυνση με ακρίβεια διευκρίνισης 10° και  $\pm 45^\circ$  στον κατακόρυφο. Ο αντίστοιχος κορυφής θα παρέχει κωνική κάλυψη ανοίγματος 45° καλύπτοντας στην ουσία το κενό από τις 45° έως τις 90°. Το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει ένα καταδείκτη ή 4 αποστασιόμετρα ταυτόχρονα και να απεικονίζει όλες τις ανιχνεύσιμες απειλές.

#### 4.4 Αρχές Ανάπτυξης Δολωμάτων Laser (decoys)

Ένα σύμπλεγμα δολωμάτων Laser θα πρέπει να είναι τοποθετημένο περιμετρικά του υπό προστασία στόχου, όπως απεικονίζεται και στο παρακάτω σχήμα, με σκοπό να του παρέχει προστασία από οποιαδήποτε κατεύθυνση και αν προέρχεται η απειλή.



Σχεδιάγραμμα τοποθέτησης δολωμάτων - πομπών περιμετρικά του προστατευόμενου μέσου

Αυτό όμως δεν είναι απόλυτο και εξαρτάται από την φυσική ή επιχειρησιακή προστασία ενός στόχου που ορισμένες φορές τον κάνουν

απρόσβλητο από ορισμένες διευθύνσεις , είτε λόγω αδυναμίας βολής είτε λόγω μεγάλου χρόνου παραμονής σε εχθρικά αντιαεροπορικά πυρά για τον επιτιθέμενο, οπότε τα decoys θα πρέπει να καλύπτουν συγκεκριμένους τομείς επίθεσης .

Επίσης θα πρέπει να είναι τοποθετημένα σε ακτίνα μεγαλύτερη από την καταστροφική ακτίνα του όπλου (R damage) σύμφωνα πάντα με τη μελέτη τρωτότητας για τον στόχο αυτόν. Τέλος οι αποστάσεις από τον στόχο δεν θα πρέπει να είναι εξαιρετικά μεγάλες για να είναι μέσα στα όρια άφρασης της βόμβας η δυνατότητα κατεύθυνσης της στο decoy ακόμα και αν χρειαστεί να πάρει μεγάλες τιμές ταχύτητας και γωνίας βύθισης. Για το σύστημα που θα μελετηθεί παρακάτω, θεωρείται ότι ο στόχος μπορεί να δεχτεί απειλές από όλες τις κατευθύνσεις.



## Κεφάλαιο 5°

### Ορισμοί – Διευκρινήσεις

#### 5.1 Απόκρυψη

Είναι η προστασία από την επίγεια και εναέρια παρατήρηση και μπορεί να είναι φυσική ή τεχνητή. Επιδιώκει στην αποστέρηση από τον αντίπαλο, την δυνατότητα οπτικού ή ηλεκτρονικού (με radar ή IR sensors) εντοπισμού του προστατευόμενου μέσου ή εγκατάστασης.



#### 5.2 Παραλλαγή

Είναι η εργασία που γίνεται για την απόκρυψη μέσων, προσωπικού, υλικών και εγκαταστάσεων από την εχθρική παρατήρηση και έχει σκοπό την αφενός αλλοίωση της εμφάνισης ενός αντικειμένου ώστε αυτό να φαίνεται σαν κάτι διαφορετικό και αφετέρου την αποστέρηση της ικανότητας

οπτικής ή ηλεκτρονικής (με radar ή IR sensors) αποκάλυψης του προστατευόμενου μέσου ή εγκατάστασης από τον εχθρό. Δηλαδή να προσαρμόζει την οπτική του εικόνα, (σχήμα – χρώμα), την θερμική του υπογραφή, (σχηματικά και θερμικά), και την Radar υπογραφή του, (σχήμα και ποσότητα RCS). Οι βασικές αρχές της της παραλλαγής είναι: Σχήμα, Σκιά, Λάμψη, Χρώμα, Ίχνος(Θερμικό, Ηλεκτρομαγνητικό, Ακουστικό κλπ.) και τα υλικά ε παραλλαγής μπορεί να είναι φυσικά και τεχνητά.



### 5.3 Μείωση ίχνους

Είναι η μέθοδος που εφαρμόζεται σε κινητά αμυντικά συστήματα εδάφους, θαλάσσης και αέρος με σκοπό την μείωση της εκπεμπόμενης θερμικής ή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο μη ορατό φάσμα, (υπέρυθρο IR και UV), καθώς και η μέθοδος περιορισμού των εκπεμπόμενων ακουστικών μηχανικών θορύβων.

### 5.4 Παθητική Άμυνα

Η άμυνα που διεξάγεται από τον αμυνόμενο ώστε να ελαττώσει την επιθετική ικανότητα του αντιπάλου και να ενισχύσει εν συνεχεία την δική του αμυντική ισχύ σε όλο το εύρος του θεάτρου επιχειρήσεων.



### 5.5 Εγκλωβισμός(Lock ON)

Είναι μέθοδος με την οποία ηλεκτρονικά ένα οπλικό σύστημα και συγκεκριμένα οι αισθητήρες του (Radar, IR, Laser κλπ), αφού ερευνήσει και εντοπίσει ένα στόχο, τον εγκλοβίζει και μεταβαίνει σε λειτουργία συνεχούς παρακολούθησής του με σκοπό την καθοδήγηση πυρών ή βλημάτων επι αυτού.

### 5.6 Αποδοτικότητα(Emissivity)

Ονομάζεται η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός σώματος. Ορίζεται ο λόγος της εκπεμπόμενης ενέργειας από τον εκάστοτε στόχο ως προς ένα Μέλαν Σώμα (Black Body) ευρισκόμενο στην ίδια θερμοκρασία. Το μέλαν σώμα είναι ο επιστημονικός όρος που αποδίδεται σε θεωρητικού επιπέδου αντικείμενο που έχει τις εξής συγκεκριμένες

ιδιότητες: 1.Απορροφά πλήρως όλη τη προσπίπτουσα σε αυτό εκπεμπόμενη ενέργεια, χωρίς να τη μεταδίδει ή να την ανακλά, 2.Ακτινοβολεί ολόκληρο το ποσό της ενέργειας το οποίο έχει απορροφήσει. Η τιμή της ενεργειακής αποδοτικότητας (emissivity) του μέλανος σώματος ισούται εξ' ορισμού με την μονάδα( $\epsilon=1$ ).

## II. ΕΡΕΥΝΑ

### Κεφάλαιο 6°

### Προσδιορισμός Απειλής

#### 6.1 Δυναμική Θεάτρου Επιχειρήσεων

Στην περίοδο ειρήνης πέραν της εκτελούμενης εκπαίδευσης, θα διαδραματίζονται τα εξής:

- Ασκήσεις όλης της γκάμας των αποστολών με την χρήση των διατιθέμενων φίλιων μέσων.
- Επιχειρησιακή εκπαίδευση του προσωπικού για απόκτηση ευχέρειας στην αποτελεσματική χρήση των διατιθέμενων μέσων και τακτικών που απορρέουν από τις ιδιαιτερότητες και ειδικές ικανότητες αυτών.
- Ανάπτυξη-εγκατάσταση υποδομής δικτύου (Mobile και σταθερού) δικτύων C4I (κύριου και εναλλακτικών σταθμών υποδομής εδάφους) και επιλεκτικές δοκιμές συστημάτων-τακτικών με τους τρεις κλάδους των Ενόπλων Δυνάμεων για αξιολόγηση των ικανοτήτων των μέσων, της σχεδίασης και των ικανοτήτων του προσωπικού.
- Ανάπτυξη υποδομής απόκρυψης, παραλλαγής και παραπλάνησης σε όλο το φάσμα των επιχειρήσεων.

Στην περίοδο έντασης επιχειρείται από τους αντιμαχόμενους, μέσα από την διαδικασία της αποτελεσματικής και έγκαιρης προετοιμασίας, η απόκτηση τακτικού πλεονεκτήματος με τους παρακάτω τρόπους :

- Συλλογή ISR πληροφοριών (INFORMATION WARFARE) από κινητούς σταθμούς εδάφους και εναέρια μέσα-δορυφόρους.
- Παραπλάνηση αντιπάλου με συνεχή κίνηση Μονάδων υποστήριξης (INFORMATION WARFARE) και emission control και παρουσία των μονάδων

που θα συμβάλλουν στην αποφυγή αιφνιδιασμού και ταχεία απόκτηση τακτικού πλεονεκτήματος στο μεγαλύτερο μέρος του χώρου επιχειρήσεων.

## 6.2 Δυνατότητες Αντιπάλων

Η σύγχρονη αντίληψη προετοιμασίας του επιτιθέμενου ή αμυνόμενου στο χώρο του αναμενόμενου θεάτρου επιχειρήσεων εστιάζεται στην από τον καιρό της ειρήνης προετοιμασία. Οι κύριοι άξονες της προσπάθειας αυτής είναι:

- High mobility των δυνάμεων
- Υποδομή για υποστήριξη των φίλιων δυνάμεων σε όλο το χώρο του θεάτρου των επιχειρήσεων, με μέσα εξυπηρέτησης, υποστήριξης, ελέγχου και διοίκησης των επιθετικών και αμυντικών επιχειρήσεων (Information warfare).
- Απόκρυψη - παραπλάνηση του αντιπάλου με τεχνικά ηλεκτρονικά μέσα και ανάλογη τακτική συμπεριφορά – εκμετάλλευση των φίλιων ειδικών χαρακτηριστικών όπως stealth technology, Low IR & acoustic signatures, κλπ.
- Εξουδετέρωση, ή μείωση της εναέριας απειλής στο συντομότερο χρονικό διάστημα με τον οικονομικότερο τρόπο.

Θεωρούμε ως δεδομένο πως η περιγραφή του αναμενόμενου θεάτρου επιχειρήσεων γίνεται μεταξύ δύο θεωρητικά και σχετικά ισοδύναμων αντιπάλων. Έχει ληφθεί σαν δεδομένη, η ικανότητα διεξαγωγής των επιχειρήσεων με εξάσκηση σύγχρονων μεθόδων ελέγχου και διοίκησης για την αντιμετώπιση της από ξηρά, θάλασσα και αέρα απειλής. Παράλληλα έχουν ληφθεί υπόψιν οι παρακάτω συνιστώσες ως επηρεάζουσες εξ ίσου τα αντίπαλα μέρη.

- Ισοδύναμα σε αποτελεσματικότητα μέσα του Ελληνικού Στρατού.
- Αναπτυγμένο σύστημα Information Warfare
- Σύγχρονο εθνικό (προστατευμένο) C4I.
- Σύγχρονο δίκτυο εναλλακτικών επικοινωνιών με επιλογές ενσύρματης-ασύρματης και δορυφορικής σύνδεσης.

- Εναέρια πλωτά και επίγεια μέσα ανταποκρινόμενα σε σύγχρονες επιχειρησιακές απαιτήσεις χαμηλού ίχνους RCS-IR signature, Multi Sensor Threat detection systems, Defense Information Infrastructure Common Operating Environment (DIICOE), Defense Information System Network (DISN), Tactical Digital Information Links για μεταφορά μηνυμάτων, εικόνας και δεδομένων μάχης, Cooperative Engagement Capability (CEC), Intelligence Surveillance & Reconnaissance Improvements και Automated Battle Management Decision Aids .

### 6.3 Τεχνολογία Συστημάτων του Αντιπάλου

Η ανάλυση των γνωστών συστημάτων που χρησιμοποιούνται από τις Τουρκικές Ένοπλες δυνάμεις οδηγούν στον παρακάτω κατάλογο ηλεκτρονικών συστημάτων που επιδέχονται αντιμετώπιση με ηλεκτρονικά αντίμετρα. Τα Συστήματα αυτά κατηγοριοποιούνται σε δύο βασικές ενότητες: 1. Επικοινωνιών και 2. Συστημάτων τηλεπισκόπησης (αισθητήρων).

#### Συστήματα Επικοινωνιών

- Επίγειες επικοινωνίες VHF/UHF που χρησιμοποιούν τεχνικές αναπήδησης συχνότητας (frequency hopping) από τις Χερσαίες δυνάμεις καθώς επίσης και επικοινωνίες εδάφους - αέρα μεταξύ των Α.ΕΛ.Α και αεροσκαφών. Η λειτουργία των συστημάτων αυτών γίνεται σε μορφή δικτύων επικοινωνιών.
- Επίγειες επικοινωνίες HF που χρησιμοποιούν επίσης τεχνικές αναπήδησης συχνότητας.
- Συμβατικές επικοινωνίες σταθερής συχνότητας που λειτουργούν στις ζώνες HF/VHF/UHF.
- Επικοινωνίες Τουρκικών πλοίων μεταξύ τους με συστήματα HF/VHF/UHF και Τουρκικών πλοίων με τις δυνάμεις ξηράς.
- Δορυφορικές μικροκυματικές επικοινωνίες VSAT που συνήθως χρησιμοποιούν τεχνικές διασκορπισμένου φάσματος στην ζώνη J(10-14 GHz).

Επίσης στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται οι επικοινωνίες μεταξύ επίγειων σταθμών Ραντάρ στην νότια Μ. Ασία και ιπταμένων Τουρκικών αεροσκαφών.

Είναι πολύ σημαντικό να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι τα παραπάνω συστήματα επικοινωνιών σε μεγάλο βαθμό κατασκευάζονται από την Τουρκική εταιρεία ASELSAN. Το γεγονός αυτό επιβάλλει την ανάγκη ανάπτυξης φίλιων αντίμετρων επειδή η αναπτυχθείσα τεχνολογία του αντιπάλου έχει φέρει αυτόν στη πλεονεκτική θέση να μπορεί να τροποποιεί τις παραμέτρους των συστημάτων αυτών κατά βούληση.

#### Συστήματα Τηλεπισκόπησης - Αισθητήρες

Το ευρύ φάσμα των συστημάτων τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιούνται από τις αντίπαλες δυνάμεις μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εξής:

- Ραντάρ έγκαιρης προειδοποίησης στόχων αέρα που είναι εγκατεστημένα στα νότια παραλία της Μικράς Ασίας.
- Κατευθυνόμενο Βλήμα Maverick που στην αναβαθμισμένη του μορφή χρησιμοποιεί αισθητήρα IR (υπέρυθρης ακτινοβολίας).
- Κατευθυνόμενο Βλήμα Popeye που φαίνεται να χρησιμοποιεί ηλεκτροπτική τεχνολογία τηλεπισκόπησης.
- Βόμβες καθοδηγούμενες από δέσμες Laser - Paveway.
- Ραντάρ Επιτήρησης Εδάφους τύπου Askarad.
- Ραντάρ Ελικοπτέρων καθώς επίσης και αισθητήρες IR εγκατεστημένα σε αυτά.
- Συστήματα που ενδεχομένως χρησιμοποιούν γεωγραφικές πληροφορίες από το σύστημα GPS όπως οι συστοιχίες MLRS (ρουκέτες) και τα κατευθυνόμενα βλήματα ATACMS.
- Τηλαιοιδητήρες που θα εγκατασταθούν στα συστήματα UAV (μη επανδρωμένα αεροσκάφη) που βρίσκεται στην φάση απόκτησης τους η Τουρκία.
- Αντιαρματικοί πύραυλοι ERYX.
- Ραντάρ έγκαιρης προειδοποίησης που θα είναι εγκατεστημένα σε αεροσκάφη και πρόκειται να αποκτήσει η Τουρκία.
- Ραντάρ πυροβολικού τύπου ANT/TPQ-36
- Κατευθυνόμενο Βλήμα HARM που εκτοξεύεται από αεροσκάφη εναντίον πηγών



ακτινοβολίας (σταθμών επικοινωνιών και ραντάρ).

- Ραντάρ Αεροσκαφών F-16 και F-4 (αναβαθμισμένα) που χρησιμοποιούν Ραντάρ κατάδειξης επίγειων στόχων και παρακολούθησης του ανάγλυφου του εδάφους. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν μαζί με σκοπευτικά παθητικά συστήματα IR.



MGM-140 ATACMS (Army Tactical Missile System)



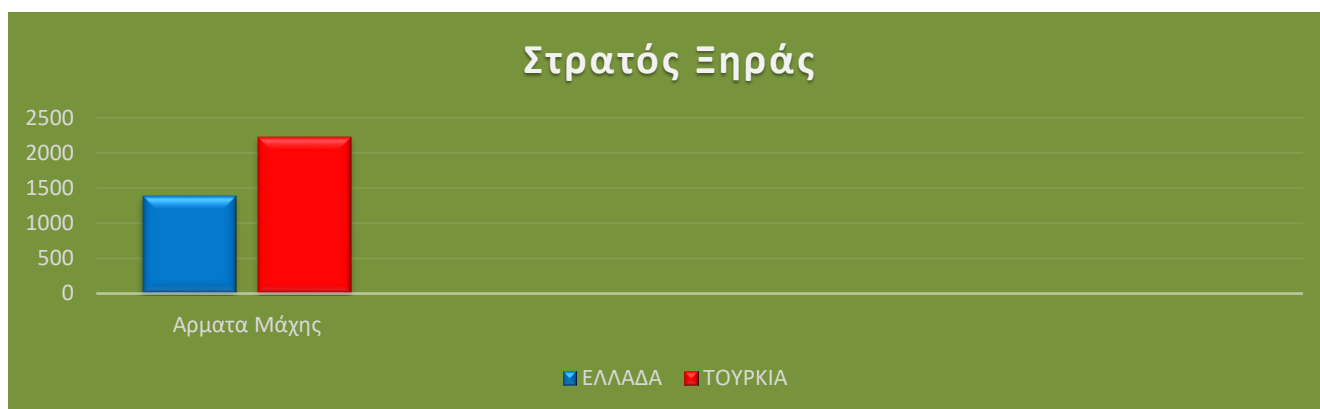


(ASRAD) Short-Range Air Defence System

#### 6.4 Ενδεικτική Σύγκριση Δυνάμεων

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΧΩΡΩΝ		
ΣΤΡΑΤΟΣ ΞΗΡΑΣ	ΤΟΥΡΚΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ
Άρματα Μάχης	2.232	1.392
Πυροβόλα (Αυτοιν./Ρυμουλκ.)	1052/1405	561/474
Επιθετικά Ελικόπτερα	50	28
<b>ΠΟΛΕΜΙΚΗ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑ</b>		
Μαχητικά Αεροσκάφη	276	244

ΠΟΛΕΜΙΚΟ ΝΑΥΤΙΚΟ		
Φρεγάτες	16 (+8 Κορβέτες)	13
Υποβρύχια	12	11
ΤΠΚ/ΚΦ	19/16	13/16
ΑΝΤΙΑΕΡΟΠΟΡΙΚ Α ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	13 + S400 υπό παραλαβή	8 (6 MIM-104 Patriot + 2 S 300)





Στην σύγκριση δυνάμεων κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν αναλυτικά όλα τα βλήματα Αέρος-Αέρος, Αέρος-Εδάφους και τα ατρακτίδια που διαθέτουν οι δύο αντίπαλοι στρατοί καθώς αυτά φέρουν το μεγαλύτερο μέρος των αισθητήρων τους οποίους θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

ΕΛΛΑΔΑ		
Βλήματα Αέρος-Αέρος		
Συστήματα	Μονάδες	Παρατηρήσεις
AIM-120C-7 AMRAAM	0	130 βλήματα υπό παραλαβή
AIM-120B/C-5 AMRAAM	240/150	
AIM-7E2/F Sparow	100/200	Μετά την απόσυρση των F-4E SRA δεν χρησιμοποιούνται.
MICA IR/EM	200	Υπό παράδοση επιπλέον 100 (50/50).
R-530D Super Matra	82	Τα δύο είναι εκπαιδευτικά.
IRIS-T	0	350 υπό παραλαβή. Αριθμός ήδη σε υπηρεσία.
AIM-9M Sidewinder	165	
AIM-9L/I-1 Sidewinder	300	

AIM-9L/I Sidewinder	347	
AIM-9J/I-1 Sidewinder	400	
AIM-9P4 Sidewinder	1.000	
R-550 Magic-2	300	Τα 12 είναι εκπαιδευτικά.
<b>Βλήματα Αέρος-Εδάφους</b>		
<b>Συστήματα</b>	<b>Μονάδες</b>	<b>Παρατηρήσεις</b>
SCALP-EG	12	Άλλα 78 υπό παραλαβή.
AFDS	70	Διανομείς υπό- πυρομαχικών.
AGM-154C JSOW	0	40 υπό παραλαβή συν ένα για εκπαίδευση. Υπό παραλαβή και 41 περιλήπτες CNU-672/E.
AGM-65G2 Maverick IIR	200	
AGM-65A/B Maverick	284	
GBU-8/B HOBOS	96	Βόμβα Mk.84 με σύστημα ηλεκτροπτικής καθοδήγησης.
GBU-24A/B Paveway III	200	
Paveway I/II	1.162	
BLU-107 Durandal		Βόμβες προσβολής αεροδιαδρόμων.
Mk.70 Conbib		Βόμβες προσβολής αεροδιαδρόμων.
BLU-109	250	
Mk.20 Mod.2 Rockeye		Με 247 βομβίδια M-118 κατά θωρακισμένων στόχων.
CBU-59/B APAM		Με 717 βομβίδια BLU- 77/B κατά προσωπικού και κατά υλικού.
CBU-58B/71		Με 650 βομβίδια BLU-63B κατά θωρακισμένων στόχων (CBU-58).
CBU-52B/B		Έκαστος περιλήπτης φέρει 254 βομβίδια BLU-61/B κατά σταθερών και μη θωρακισμένων στόχων.
M-117		750 λιβρών.

Mk-82/SE		500 λιβρών.
Mk-83		1.000 λιβρών.
Mk-84		2.000 λιβρών.
GBU-31 JDAM	0	Ειδοποίηση της DSCA προς το Κογκρέσο για 100 βλήματα
CBU-103 WCMD	0	Ειδοποίηση της DSCA προς το Κογκρέσο για 200 βλήματα. Πρόκειται για βόμβα CBU-87/B CEM με συλλογή βελτίωσης ακρίβειας.
Enhanced Paveway II/BLU-109	0	Ειδοποίηση της DSCA προς το Κογκρέσο για 100 βλήματα. Κάθε βλήμα ενσωματώνει διττό σύστημα καθοδήγησης (ημιενεργό laser και GPS).
Enhanced Paveway II/Mk-84	0	Ειδοποίηση της DSCA προς το Κογκρέσο για 136 βλήματα. Κάθε βλήμα ενσωματώνει διττό σύστημα καθοδήγησης (ημιενεργό laser και GPS).
AM-39 Exocet Block.II	39	Κατά πλοίων επιφανείας
AGM-88B HARM Block.IIIA	84	Καταστολής εχθρικής αεράμυνας

#### Ατρακτίδια

Συστήματα	Μονάδες	Παρατηρήσεις
Litening II ALD	15	Ατρακτίδια ναυτιλίας και στόχευσης
AN/AAQ-13 LANTIRN	24	Ατρακτίδια ναυτιλίας
AN/AAQ-14 LANTIRN	24	Ατρακτίδια στόχευσης
ASTAC	3	Τουλάχιστον. Ατρακτίδια ELINT
DB-110	0	Δύο υπό παραλαβή. Πρόκειται για ατρακτίδια

		αναγνώρισης. (+ δυο option)
AN/AAR-45 LANA		Ατρακτίδιο στοχοποίησης
AN/AVQ-23 Pave Spike		Ατρακτίδιο σήμανσης laser

## ΤΟΥΡΚΙΑ

Βλήματα Αέρος-Αέρος		
Συστήματα	Μονάδες	Παρατηρήσεις
AIM-120C-7 AMRAAM	0	Ειδοποίηση της DSCA προς το Κογκρέσο για 107 βλήματα
AIM-120A/B AMRAAM	176/138	
AIM-7E2/F Sparrow	367	Τουλάχιστον 130 είναι της έκδοσης AIM-7E2 Sparrow. Αριθμός σε υπηρεσία μικρότερος από 367.
AIM-9X Sidewinder	0	149 υπό παραλαβή, εκ των οποίων 22 βλήματα θα είναι εκπαιδευτικά (έκδοση CATM-9X). Οι παραδόσεις ξεκίνησαν το Μάρτιο του 2008.
AIM-9S Sidewinder	310	
AIM-9M Sidewinder	500	
AIM-9L/I Sidewinder	640	

AIM-9B Sidewinder	210	
AIM-9P3/-9P4 Sidewinder	750	Τουλάχιστον.
<b>Βλήματα Αέρος-Εδάφους</b>		
Συστήματα	Μονάδες	Παρατηρήσεις
AGM-154C JSOW	0	54 υπό παραλαβή (με κεφαλή τύπουBROACH).
AGM-154A1 JSOW	0	50 υπό παραλαβή (με κεφαλή BLU-111).
AGM-142 Popeye I	99	
AGM-65GI Maverick IIR	274	
AGM-65A/B Maverick	550	
GBU-8/B HOBOS	200	Βόμβα Mk.84 με σύστημα ηλεκτροπτικής καθοδήγησης
GBU-31 JDAM/-38 JDAM	0	200 και 200 βόμβες αντίστοιχα υπό παραλαβή
Paveway I/II	1.200	Ίσως περισσότερες
BLU-107 Durandal	523	Βόμβες προσβολής αεροδιαδρόμων
CBU-103/-105	0	50 και 50 περιλήπτες βομβιδίων υπό παραλαβή
BLU-109	0	100 διατρητικές βόμβες υπό παραλαβή
AGM-84K SLAM-ER	0	48 βλήματα και δέκα συστήματα AWW-13 ζεύξης υπό παραλαβή
AGM-88B HARM Block.IIIA	95	Βλήματα καταστολής εχθρικής αεράμυνας
<b>Ατράκτιδια</b>		
Συστήματα	Μονάδες	Παρατηρήσεις
Litening II ALD	22	Ατράκτιδια ναυτιλίας και στόχευσης
AN/AAQ-13/-13 ER LANTIRN	40/0	Ατράκτιδια ναυτιλίας. 30 συστήματαAN/AAQ-13 ER LANTIRN υπό παραλαβή
AN/AAQ-14 LANTIRN	40	Ατράκτιδια στόχευσης
AN/AAQ-33 Sniper XR	0	Ατράκτιδια στόχευσης.30



		συστήματα.
AN/AVQ-23 Pavé Spike		Ατράκτιδιο σήμανσης laser
AWW 13	0	Σύστημα ζεύξης για βλήμ. AGM-84K SLAM- ER. 10 Υπο παραλαβή

(Απο το 2012 και μετά το Τουρκικό οπλοστάσιο διαθέτει επίσης απροσδιόριστο αριθμό βλημάτων cruise SOM τουρκικής σχεδίασης.)



AIM-9M  
SideWinder  
Pavé  
Spike(Αριστερά)  
και δεξιά  
αντίστοιχα



Από την σύγκριση των δύο ανωτέρω οπλοστασίων προκύπτει ότι τουλάχιστον έως το 2012 (δηλαδή το έτος εισαγωγής σε υπηρεσία του βλήματος SOM) η Ελληνική πλευρά διατηρούσε το ποιοτικό και ποσοτικό πλεονέκτημα σε βλήματα στρατηγικής σημασίας, με τα SCALP EG και AM39Exocet Block-II (σύνολο 129) σε σχέση με την Τουρκία, που είχε AGM-84K SLAM ER και Popeye (σύνολο 96).



Τουρκικό βλήμα SOM

Ωστόσο το βλήμα SOM ήρθε να ταραξει τις ισορροπίες, κυρίως διότι η Τουρκία δύναται να το εντάξει σε υπηρεσία μαζικά. Είναι εγχώριας παραγωγής συνεπώς δεν υπόκειται στην καλή θέληση του προμηθευτή (όπως για παράδειγμα συνέβη με την Ελλάδα και την άρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών να παραχωρήσουν το βλήμα AGM-158 JASSM μέγιστου βεληνεκούς άνω των 370 Km ή 1.000 km στην έκδοση ER). Το SOM είναι βλήμα προσβολής κινούμενων και σταθερών στόχων σε αποστάσεις άνω των 185 km, με πιθανότερη τιμή τα

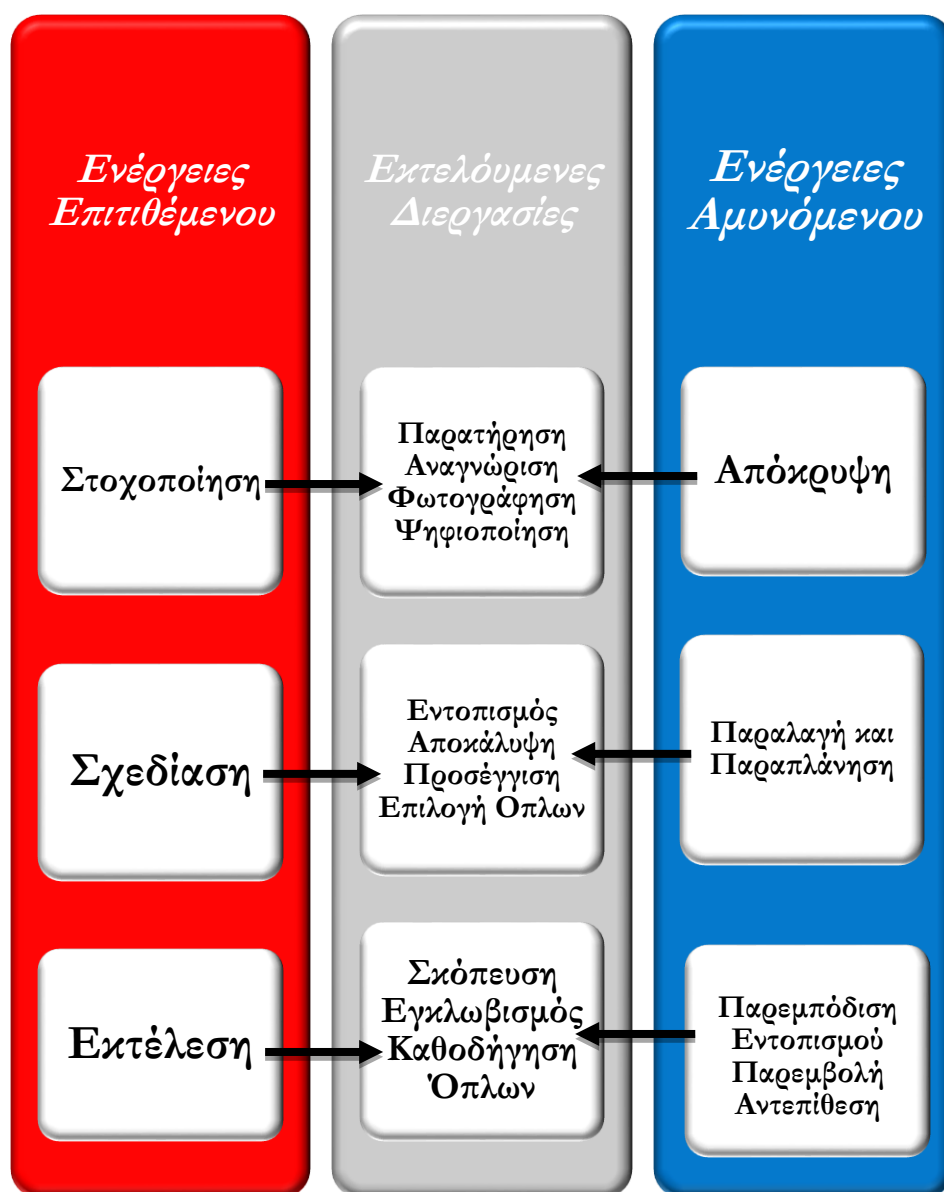
230 km (έκδοση SOM-A), ενώ σε εξέλιξη βρίσκεται η ανάπτυξη των εκδόσεων SOM-B1, SOM-B2 (με διπλή πολεμική κεφαλή για την προσβολή στρατηγικών και καλά προστατευμένων στόχων) και SOM-J (σε συνεργασία με την Lockheed Martin για χρήση από τα μαχητικά αεροσκάφη F-35 Lightning II). Το βλήμα εξοπλίζει τόσο τα F-16 Fighting Falcon, όσο και τα F-4E 2020 της THK.

## Κεφάλαιο 7°

### Συστήματα και Τακτικές Επιβίωσης

#### 7.1 Τομείς Έρευνας

Εστιάζοντας στις τεχνολογικές δυνατότητες και αδυναμίες των σύγχρονων οπλικών συστημάτων και μέσω συλλογής πληροφοριών που εκμεταλλεύεται ένας επιτιθέμενος, ξεχωρίζουμε τρεις τομείς έρευνας και συγκέντρωσης της προσπάθειας για βελτίωση της εφαρμοζόμενης παθητικής άμυνας. Οι τομείς αυτοί αφορούν στην χρονική διαδοχή των ενεργειών μιας επίθεσης και στον τρόπο υλοποίησής της. Αναλυτικότερα στο παρακάτω αναφέρονται οι φάσεις στοχοποίησης, σχεδίασης και εκτέλεσης της αποστολής και τέλος στην τερματική φάση που περιλαμβάνει την εξαπόλυση και καθοδήγηση του όπλου προς τον στόχο.

Φάσεις Επιχειρήσεων

Στην πρώτη φάση της στοχοποίησης που περιλαμβάνονται οι διαδικασίες συλλογής πληροφοριών για τον υποψήφιο στόχο, κινητό ή σταθερό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι παρατήρησης – αναγνώρισης με σκοπό φυσικά την βελτίωση της ικανότητας απόκρυψης των φιλίων μέσων.

Στην δεύτερη φάση της σχεδίασης και προσέγγισης των εχθρικών δυνάμεων με σκοπό τον εντοπισμό του στόχου, ενδιαφέρον έχουν οι μέθοδοι αποκάλυψης και η τελική κατεύθυνση των δυνάμεων προς αυτόν, με απώτερο στόχο την δυσχέρεια της προσπάθειας αυτής έως και την απόλυτη άρνηση εντοπισμού του από τα σύγχρονα οπλικά συστήματα μέσα από εφαρμοσμένη στο χώρο παραλλαγή.

Στην τρίτη φάση, που αποτελεί και την σημαντικότερη, στην διαδικασία μιας επιθετικής ενέργειας, το ενδιαφέρον της μελέτης επικεντρώνεται στις τεχνικές σκόπευσης - εγκλωβισμού του στόχου από το υποστηρίζον οπλικό σύστημα, ή από το ίδιο το εξαπολυθέν όπλο, με σκοπό να προσδιορίσει τον τρόπο και τις απαιτούμενες τεχνικές για την καταστροφή, την παραπλάνηση, την εκτροπή ή την παρεμβολή του όπλου που εξαπολύθηκε ώστε να μην πληγεί ο φίλιος στόχος.

Από τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το σύστημα αυτοπροστασίας θα πρέπει να παρέχει προστασία από απειλές που καθοδηγούνται από ΕΟ, IR, RF και Αδρανειακά συστήματα. Για κάθε είδος απειλής θα πρέπει να υπάρχουν τα αντίστοιχα αντίμετρα ώστε να εξασφαλίζεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η επιβιωσιμότητα του προστατευόμενου μέσου ή εγκατάστασης. Συνεπώς θα πρέπει να αναλυθεί και να κατανοηθεί η τεχνολογία και η χρήση της κάθε απειλής ώστε να βρεθούν και να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα αντίμετρα.

## 7.2 Τακτικές Εκμετάλλευσης Σύγχρονων Όπλων

Στο σύγχρονο θέατρο επιχειρήσεων ο εκάστοτε αντίπαλος μπορεί να διαθέτει πληθώρα όπλων κατευθυνόμενων και μη, τα οποία δύναται να εξαπολύσει και να κατευθύνει σε προεπιλεγμένους στόχους ξηράς, θάλασσας και αέρος με μεγάλη ακρίβεια

χρησιμοποιώντας σύγχρονα οπτικά συστήματα και αισθητήρες τόσο ΕΟ(Electrooptic) ή IR(Infrared), όσο και RADAR ή GPS. Επίσης διαθέτει οπτικά συστήματα εδάφους και αέρος που κατευθύνουν τα πυρά τους με LASER ή συστήματα FLIR(Forward looking infrared), καθώς και πυρομαχικά πυροβολικού, των οποίων οι πυροσωλήνες ενεργοποιούνται με ηλεκτρονικά μέσα (Proximity Fuse).

Οι φίλιες ένοπλες δυνάμεις, πέραν του Σ.Α.Ε. που έχει ως αποστολή την έγκαιρη προειδοποίηση, δε διαθέτουν άλλα συστήματα για προειδοποίηση επερχόμενης απειλής ή αυτοπροστασία. Εγκατεστημένα επί των μέσων υφίστανται συγκεκριμένα Συστήματα Αυτοπροστασίας (Σ.Α.) σε μαχητικά αεροσκάφη και ορισμένα Ε/Π, καθώς και ορισμένα ενεργητικά και παθητικά συστήματα ηλεκτρονικού πολέμου που είναι τοποθετημένα στα πλοία του ΠΝ.

Στην παρούσα μελέτη τα προτεινόμενα μέσα για την αντιμετώπιση των εναέριων, επίγειων και θαλάσσιων απειλών θα πρέπει να στοχεύουν στις παρακάτω κατευθύνσεις ενεργειών:

- Αντιμετώπιση ενεργητικά της εκτοξευθείσας απειλής (Όπλα κατευθυνόμενης ενέργειας).
- Αντιμετώπιση με ενεργητικά μέτρα ηλεκτρονικού πολέμου του φορέα της απειλής.
- Αντιμετώπιση ενεργητικά του συστήματος διοίκησης ελέγχου (C2) του φορέα της απειλής.
- Παθητικά μέτρα προστασίας.
- Δυνατότητας φυσικής καταστροφής της απειλής και του φορέα αυτής.

Σύστημα παθητικής ανίχνευσης απειλών δεν υπάρχει τοποθετημένο σε επίγεια κινητή ή σταθερή μονάδα, ούτε και σύστημα παραπλάνησης ή παρεμβολής των οπλικών συστημάτων του αντιπάλου. Επειδή ποσοτικά και ποιοτικά η σοβαρότερη απειλή προέρχεται από εναέριες απειλές, η προστασία των μονάδων θα πρέπει να διαχωριστεί σε δυο στάδια βάση αυτών.

1.Αντιμετώπιση των εχθρικών εναέριων απειλών ώστε να απαγορευθεί ή να δυσκολευτεί η άφηση των όπλων

2. Αντιμετώπιση των όπλων, που παρά την εφαρμογή αντιμέτρων εναντίον συστήματος ελέγχου πυρός, εκτοξεύθηκαν κατά του στόχου.

Με την απόκτηση ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτοπροστασίας που θα περιλαμβάνει τόσο συστήματα προειδοποίησης, όσο και παρεμβολής ή παραπλάνησης των οπλικών συστημάτων του αντιπάλου, εκτιμάται ότι θα αποκτηθεί τόσο η απαιτούμενη τεχνογνωσία, όσο και η τεχνική υποδομή για ευρεία εφαρμογή μέρους ή ολόκληρου του συστήματος σε διάφορες κινητές και σταθερές μονάδες και κέντρα διοικήσεως, αυξάνοντας δραστικά την μαχητική ικανότητα των μονάδων και φυσικά τον δείκτη επιβιωσιμότητας αυτών. Το σύστημα δύναται να αποτελείται και από διάφορα υποσυστήματα (ανεξάρτητες διασυνδεόμενες μονάδες) όπως:

- Υποσύστημα εντοπισμού και προσβολής εναέριων πλατφόρμων μεταφοράς όπλων (αεροσκάφη, UAVs).
- Υποσύστημα εντοπισμού και προσβολής αφεθέντων όπλων.

Και τα δυο υποσυστήματα θα πρέπει να έχουν και αυτόνομη δυνατότητα πρώτον ανίχνευσης - προειδοποίησης απειλών και δεύτερον παραπλάνησης, παρεμβολής ή καταστροφής του αντίπαλου αισθητήρα. Απαιτείται να επικοινωνούν μεταξύ τους με κύριο και δευτερεύοντα τρόπο αυτόματα με ένα ενσωματωμένο ψηφιακό Σύστημα Διοίκησης Ελέγχου και πληροφοριών (ΣΔΕΠ – C4I) ώστε να συνεργάζονται σε πραγματικό χρόνο, συνεκμεταλλευόμενα αμφότερες δυνατότητες για σκοπούς αύξησης της αποτελεσματικότητας και μείωσης του χρόνου αντίδρασης. Όσον αφορά το σύστημα αντιμετώπισης των εναέριων πλατφόρμων, υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά ολοκληρωμένα συστήματα παθητικού εντοπισμού και παρεμβολής αυτών (RADAR Ναυτιλίας, TRACKING ύψους, GPS). Το σύστημα θα καλύπτει στη γενική του μορφή ανάγκες και των τριών κλάδων, με τον κατάλληλο δε προγραμματισμό και διασύνδεση θα δύναται να καλύψει απόλυτα τις τρέχουσες και τις μελλοντικές απαιτήσεις αυτών, τόσο σε προειδοποίηση, όσο και σε αυτοπροστασία. Θα δύναται να τοποθετηθεί σε Στρατηγεία, κόμβους επικοινωνιών, κέντρα επικοινωνιών, σε άρματα μάχης, σε αντιαεροπορικά όπλα, σε πολεμικά πλοία και σε αεροσκάφη με τις ανάλογες προσαρμογές.

Αναλυτικότερα θα προσφέρει:

- Προειδοποίηση: Με το σύστημα εντοπισμού και παρεμβολής Α/Φ από προσεγγίζοντα αεροσκάφη (τύπος - αριθμός, διεύθυνση - απόσταση). Με το σύστημα αυτοπροστασίας από σύστημα LASER (αποστασιόμετρο ή καταδείκτη), με προσδιορισμό της διόπτρευσης κατάδειξης, της θέσης του καταυγαστήρα και προσδιορισμό του αναμενόμενου προς εξαπόλυση όπλου βάσει του τρόπου και της συχνότητας καταύγασης.
- Προστασία: Με απαγόρευση εγκλωβισμού από RADAR με τη χρήση παρεμβολέα. Από LASER κατάδειξη ή αποστασιομέτρηση με εντοπισμό του αισθητήρα και καταστροφή του με καταύγαση με ισχυρή δέσμη. Από προσβολή βόμβας LASER με εκτροπή της. Από σκόπευση μέσω ΕΟ συστήματος - και προσβολή με ΕΟ όπλο με την εκτόξευση καπνού – υδρατμών, κλπ. κοντά στο στόχο. Από όπλο με πυροσωλήνα προσεγγίσεως με την παρεμβολή του και την πρόωρη σχάση. Από όπλο IR με την παραπλάνηση της κεφαλής του με άφρεση flares ή συνδυασμό από σταθερά decoys και αντιθερμικό καμουφλάζ. Από βλήμα anti-RADAR ή UAV με κατευθυνόμενη εκπομπή ηλεκτρομαγνητικού παλμού μεγάλης ισχύος. Επίσης το σύστημα αυτοπροστασίας θα πρέπει να αποσκοπεί και στον περιορισμό – ελαχιστοποίηση του πλήγματος του προστατευόμενου μέσου από την επιτιθέμενη απειλή.
- Διοίκηση και Έλεγχος: Ένα υποσύστημα Command, Control, Communication and Information (C4I-System) (Σύστημα διοίκησης, ελέγχου, επικοινωνίας και πληροφοριών), το οποίο υποστηρίζει το μέσο σε διάφορα τακτικά επίπεδα διοίκησης. Θα χρησιμεύει στην απεικόνιση της κατάστασης του φίλιου μέσου και θα χρησιμοποιείται για τον προσανατολισμό, τον ορισμό θέσης και την αναγνώριση. Κατ' επέκταση θα υποστηρίζει το μέσο στα εξής:
  - ✓ Σχεδιασμό, επιτήρηση και εκτέλεση επιχειρήσεων
  - ✓ Αναγνώριση της τακτικής κατάστασης και της κατάστασης διοικητικής μέριμνας.
  - ✓ Αποστολή και λήψη διαταγών και μηνυμάτων κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων.

Το υποσύστημα θα υποστηρίζει όλα τα απαιτούμενα επίπεδα - κλιμάκια διοίκησης των τριών κλάδων των Ενόπλων Δυνάμεων. Η πιθανότητα αποκάλυψης του μέσου ή της εγκατάστασης που θέλουμε να προστατεύσουμε από τον εχθρό, από επιχειρησιακής πλευράς αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς αξιολόγησης και σύγκρισης



μεταξύ των δυνατοτήτων των αντίπαλων δυνάμεων. Υπό τον όρο αυτό μετρούνται δύο τελείως διαφορετικά μεγέθη τα οποία όμως διαδραματίζουν εξίσου σοβαρό ρόλο στη επιβιωσιμότητα του μέσου και την επιτυχία στην εκτέλεση της αποστολής. Αυτά είναι τα εξής:

➤ Αναγνώριση – Αποκάλυψη Προστατευόμενου Μέσου από τον εχθρό

Κάθε προστατευόμενο μέσο έχει πολύ συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και προδιαγραφές σε ότι αφορά τα υλικά κατασκευής, τις θερμομονωτικές και ηχομονωτικές κατασκευαστικές παρεμβάσεις εσωτερικά και εξωτερικά, το μέγεθος των επιφανειών, το σχήμα τους, τις σχηματιζόμενες ως προς τον ήλιο γωνίες, κλπ. Αυτά τα χαρακτηριστικά - προδιαγραφές του προσδίδουν την ανάλογη ικανότητα θερμο-απορρόφησης και θερμικής εκπομπής στο υπέρυθρο φάσμα καθώς και στο ακουστικό. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά δημιουργούν το αντίστοιχο ίχνος που επηρεάζει ανάλογα την πιθανότητα και τον χρόνο αποκάλυψής του από επίγειο ή εναέριο μέσο δηλαδή μία σάρωση ενός IR sensor ή ενός ακουστικού δέκτη. Ειδικότερα στον εντοπισμό ενός στόχου με μειωμένο ίχνος, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το περιβάλλον δράσης και η εμπειρία του αντιπάλου χειριστή. Όσον αφορά την επιφάνεια του προστατευόμενου μέσου, λαμβάνεται υπόψιν η συνολική διάσταση με ιδιαίτερη έμφαση, όταν πρόκειται για όχημα, στην μόνωση του κινητήρα, της εξάτμισης και της θέσης των δύο επί του σιάνφους. Σημαντικός παράγοντάς στην διαδικασία μείωσης του θερμικού ίχνους είναι η μελέτη του περιβάλλοντος και οι τρέχουσες κλιματολογικές συνθήκες κατά την παρατήρηση, καθώς με την μείωση της θερμικής υπογραφής επιδιώκεται η ταύτιση της σιλουέτας του προστατευόμενου μέσου με αυτήν του περιβάλλοντος. Για την αξιολόγηση – σύγκριση της επίδοσης του προστατευόμενου μέσου στην κατηγορία αυτή απαιτείται η επανάληψη συγκεκριμένου σεναρίου υπό τις ίδιες καιρικές συνθήκες και από τον ίδιο FLIR sensor, με δείγμα τουλάχιστον δύο μετρήσεων.

➤ Δυνατότητα Αναγνώρισης της Απειλής.

Με σκοπό την εύρεση τρόπων και μεθόδων επιβίωσης ενός μέσου ή εγκατάστασης προέχει ο προσδιορισμός και η γνώση σε βάθος της απειλής. Εν προκειμένω η απειλή εξετάζεται από δύο πλευρές ως εξής:

- ✓ Οι τρόποι και τα μέσα με τα οποία ο αντίπαλος θα ερευνήσει, εντοπίσει, αναγνωρίσει και στοχοποιήσει το μέσο.
- ✓ Τα όπλα που πιθανότατα θα χρησιμοποιήσει, οι τακτικές προσβολής και άφησης, οι μέθοδοι εγκλωβισμού του στόχου και καθοδήγησης των όπλων επί αυτού ημέρα και νύκτα.

## Κεφάλαιο 8°

### Διαθέσιμη Τεχνολογία

Αναλύονται παρακάτω τα διατιθέμενα σήμερα οπλικά συστήματα αέρος και εδάφους που συνιστούν απειλή για το προστατευόμενο μέσο και περιγράφονται ανά κατηγορία ως εξής:

#### 8.1 Όπλα και Αισθητήρες Οπλικών Συστημάτων Υπέρουθρης (IR) Τεχνολογίας

Οι επίγειες IR απειλές διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: Πρώτον στα επίγεια σταθερά ή κινητά συστήματα έρευνάς (Surveillance systems) που έχουν δυνατότητα αποκάλυψης κινητών στόχων από μεγάλη απόσταση, όπως τα συστήματα FLIR που βρίσκονται ενσωματωμένα σε διάφορα οχήματα μάχης, ή NVGs και φορητούς ενισχυτές φωτός που φέρονται από τους χειριστές μαζί με τον φορητό οπλισμό. Δεύτερον στα διατιθέμενα στη αγορά όπλα επιφανείας - επιφανείας (Surface to Surface), τα οποία ενδείκνυνται για την καταστροφή ενός μέσου. Τα συγκεκριμένα όπλα κατατάσσονται αντίστοιχα σε δύο υποκατηγορίες ως εξής: 1. Όπλα που παίρνουν πληροφορίες για τον στόχο μέσω ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου από το σύστημα παρακολούθησης (Surveillance System) εδάφους. 2. Όπλα που λαμβάνουν την αρχική πληροφορία από τα FLIR και στην συνέχεια κατευθύνονται με δικό τους σύστημα, (IR, Radar, acoustic).

Γενικότερα, επίγειες απειλές θεωρούνται όλα τα μέσα και συστήματα που εκμεταλλευόμενα το υπέρυθρο φάσμα συντελούν στις διαδικασίες της παρατήρησης, του εντοπισμού, του εγκλωβισμού, της σκόπευσης και της κατεύθυνσης ενός συγκεκριμένου όπλου εναντίον του επιλεγέντος στόχου. Στην περίπτωση αυτή τα IR systems έχουν ιδιαίτερη σημασία καθώς χρησιμοποιούνται συν τοις άλλοις και ως αρχική πηγή πληροφόρησης (παρατήρησης – εντοπισμού). Η χρήση τους αυτή αφορά τα μέσα ακριβούς σκόπευσης και κατεύθυνσης όπλων. Η αρχική ανίχνευση γίνεται με συστήματα FLIR (νυκτερινής όρασης). Στην συνέχεια εκπέμπεται μια ακτίνα LASER προς τον στόχο με σκοπό την αποστασιομέτρηση και την γωνιομέτρηση, αν το σύστημα συνδέεται με σύστημα κατεύθυνσης βολής πυροβόλου. Όλα τα αποστασιόμετρα λειτουργούν με την αρχή LASER. Το μέσον παρατήρησης είναι πάντοτε μία κάμερα. Η κάμερα αυτή πέραν του ότι διαθέτει την ανάλογη μεγέθυνση (ZOOM) είναι ημέρας νύκτας (μεγάλη ευαισθησία), και συνήθως φέρει ενσωματωμένο σύστημα νυκτερινής όρασης, (ενισχυτή φωτός, ή FLIR σύστημα). Χρησιμοποιείται δε για παρατήρηση του στόχου καθ' όλη την διάρκεια της επιχείρησης, δηλαδή από την έρευνα, τον εντοπισμό, την αποστασιομέτρηση και την παρατήρησή του μέχρι καταστροφής του από την βολή του όπλου με το οποίο είναι συνδεδεμένη, ή με την κατεύθυνση σε αυτό κατευθυνόμενου όπλου μέσω ακτινοβολίας LASER. Η ακτινοβολία αυτή εκπέμπεται από τον ίδιο το σύστημα, το οποίο φέρει ενσωματωμένα με την κάμερα και τον καταυγαστήρα, ή από αντίστοιχο σύστημα φερόμενο από αεροσκάφη ή ελικόπτερα. Εν προκειμένω, σημασία έχει το ότι το συγκεκριμένο σύστημα εδάφους παρατηρεί συνεχώς τον στόχο με την IR κάμερα, ενώ ταυτόχρονα τον φωτίζει με ακτίνα (SPIKE WAY), εφόσον πρόκειται να εκτοξευθεί εναντίον του βλήμα που θα οδηγείται από την ακτίνα αυτή (BEAM RIDING), ή σε περίπτωση που θα εξαπολυθεί εναντίον του κατευθυνόμενο όπλο από εναέριο μέσο, (Ε/Π, ή αεροσκάφος), το οποίο θα ανιχνεύσει μόνο του τον στόχο από την ανακλώμενη από αυτόν ακτινοβολία LASER του επίγειου καταδείκτη.

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ IR**

<i>Τύπος</i>	<i>Εφαρμογή</i>	<i>Μήκος Κύματος (Wavelength)</i>	<i>Χαρακτηριστικά</i>	<i>IFOV</i>	<i>Φορέας</i>
<i>NightMaster IR CAMERA</i>	Recon/Su r	3-5	Staring/256x25 6FPA	8.8	man
<i>Nightstar Binocular</i>	sur	visible	-	-	man
<i>AN/AVS-6</i>	sur	0.4-0.93	III GEN	40 cir	helmet
<i>AN/AVS-9</i>	sur	0.4-0.93	III GEN	40 cir	helmet
<i>AN/PVS- 14</i>	sur	0.4-0.93	III GEN	40 cir	man
<i>AN/PVS-7 (B+D)</i>	sur	0.4-0.93	III GEN	40 cir	man
<i>F5050 A</i>	sur	0.4-0.93	III GEN	40 cir	man
<i>NW-2000</i>	Sur/traini ng	0.4-0.7	III GEN	26/34	man
<i>NightMaster IR CAMERA</i>	Recon/Su r	3-5	Staring/256x25 6FPA	8.8	man

**FPA** = focal plane array**Des** = designate**Det** = detection**Recon** = reconnaissance**Targ** = target designator**IFOV** = Instantaneous field of view**wavelength** = in microns (micrometers)**Mws** = missile warning system**Rec** = recognition**Sur** = surveillance**Track** = tracking**ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ IR ΕΠΙ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

<i>Τύπος</i>	<i>Εφαρμογή</i>	<i>Μήκος Κύματος</i>	<i>Χαρακτηριστικά</i>	<i>IFOV</i>	<i>Φορέας</i>
<i>Night Conqueror</i>	Recon/Sur	3-5	Staring/640 x512FPA	-	modular
<i>IBAS</i>	Search/trac k/des	8-12/1.06 Laser	scanning	-	Bradley V
<i>LASSS</i>	Det/rec	8-12	scanning	8.0x4,5	Scout V
<i>QWIP Array</i>	FLIR/mws / targ/other	8-11	FPA	-	adaptable
<i>ALBATRO SS</i>	Search/trac k	3-5	FPA	-	various

Από εναέριες IR απειλές το προστατευόμενο μέσο δύναται να αποκαλυφθεί και να προσβληθεί από επιθετικό Ε/Π ή μαχητικό αεροσκάφος. Ο εντοπισμός γίνεται με σύστημα RADAR ή σύστημα παθητικής ανίχνευσης τύπου FLIR. Επίσης γίνεται από

αεροσκάφη φωτο-αναγνώρισης ή άλλες εναλλακτικές πλατφόρμες συλλογής πληροφοριών (π.χ. αερομεταφερόμενων συστημάτων Synthetic Aperture Radar – SAR, FLIR, ή ηλεκτρο-οπτικών συσκευών, όπως τα UAVs).

Τα Flir & LTD Systems των μαχητικών αεροσκαφών και Επιθετικών Ε/Π εργάζονται κυρίως από 5-7 και 8–12.000nm, δηλαδή στην περιοχή του FAR IR. Τα συγκεκριμένα δίνουν την δυνατότητα αποκάλυψης και εντοπισμού του μέσου από αποστάσεις περίπου έως και 10–15 NM, αναλόγως του ίχνους του και των κλιματολογικών συνθηκών.

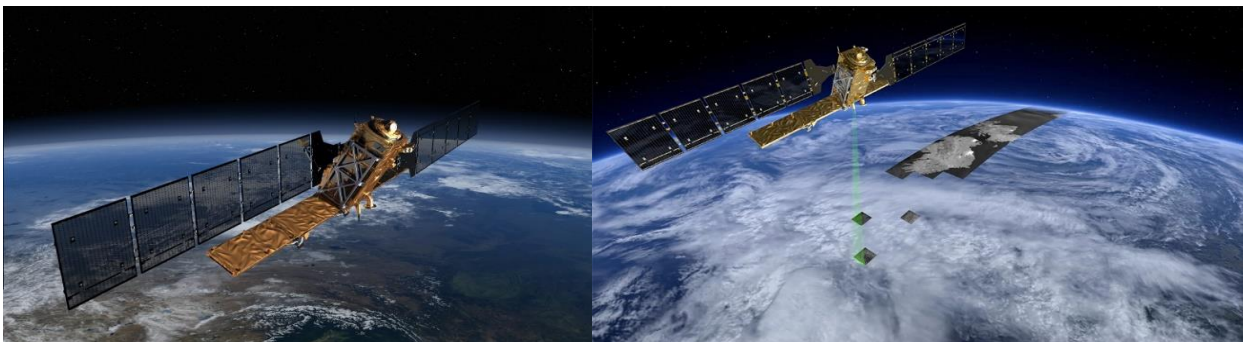
Η χρήση των UAVs σήμερα για σκοπούς αναγνώρισης και εντοπισμού στόχων ενδιαφέροντος και κυρίως για κινητούς στόχους αποτελεί την κυριότερη ίσως αποστολή του μέσου αυτού. Φυσικά η εκμετάλλευσή τους είναι ευρεία, αλλά για τους σκοπούς που εξετάζει η παρούσα μελέτη επισημαίνεται ότι UAVs μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον αντίπαλο, όχι μόνο για reconnaissance, αλλά και για παρεμβολή, παραπλάνηση, ή για σκοπούς εντοπισμού του προστατευόμενου μέσου μέσω της θερμικής του υπογραφής. Επισημαίνεται στο σημείο αυτό ότι στο εγγύς μέλλον προβλέπεται η ευρεία χρήση συστημάτων UAVs για υποστήριξη των χειρσίων επιχειρήσεων. Εξέχοντα ρόλο στην αποστολή αυτή θα έχει ο εντοπισμός και η καθοδήγηση όπλων για την καταστροφή αρμάτων μάχης. Ο εντοπισμός αυτός θα βασίζεται κυρίως στην χρήση παθητικών μέσων, τα οποία θα μεταφέρουν την εικόνα σε μεγάλη απόσταση, όπως π.χ. το LAM-A, (50Km) και θα δίνουν την ευκαιρία επιλογής του στόχου που θα πλήξουν στο πεδίο της μάχης.

Οι Αεροφωτογραφίες αποτελούν παλαιό και αξιόπιστο μέσο πληροφόρησης, το οποίο όμως υπόκειται στους γνωστούς περιορισμούς της απόστασης (περιορισμένη κάλυψη έστω και με την χρήση των τελειότερων συστημάτων), αδυναμίας υπέρπτησης άνωθεν εχθρικού εδάφους, των καιρικών φαινομένων, της καθυστερημένης πληροφόρησης και της ανάγκης ταχείας επεξεργασίας των αεροπορικών Films.

Τέλος χρήση υπέρυθρων Films είναι επίσης μία πολύ καλή πηγή, η οποία εκμαιεύει ικανοποιητική πληροφόρηση, αφού μπορεί να διαπεράσει τις δυνατότητες του οπτικού καμουφλάζ και σε ορισμένες καταστάσεις και αυτές των δικτύων παραλλαγής. Επίσης

εντοπίζει σχετικά άνετα τις θερμές πηγές, (άρματα, οχήματα, γεννήτριες, στρατεύματα κλπ.), όσο καλά παραλλαγμένα και αν είναι. Λόγω όμως της κινητικότητας των στόχων αυτών, η πηγή αυτή πληροφόρησης απαιτεί αφενός γρήγορη επεξεργασία προκειμένου να εντοπισθούν έγκαιρα τα κινητά μέσα και στρατεύματα και αφετέρου ταχεία δράση.

Τέλος οι δορυφόροι τηλεπισκόπησης αποτελούν σήμερα τον πλέον σύγχρονο τρόπο παρατήρησης και εντοπισμού κινητών μέσων και εγκαταστάσεων. Οι δορυφορικές εικόνες παρέχουν την μοναδική δυνατότητα ανίχνευσης και στοχοποίησής στρατιωτικών εγκαταστάσεων, καθώς και διαρκή ενημέρωση για πιθανές μετακινήσεις των δυνάμεων σε καιρό ειρήνης – έντασης και πολέμου. Οι δορυφόροι που χρησιμοποιούν παθητικά συστήματα (IR) για έρευνα και εντοπισμό κινητών στόχων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

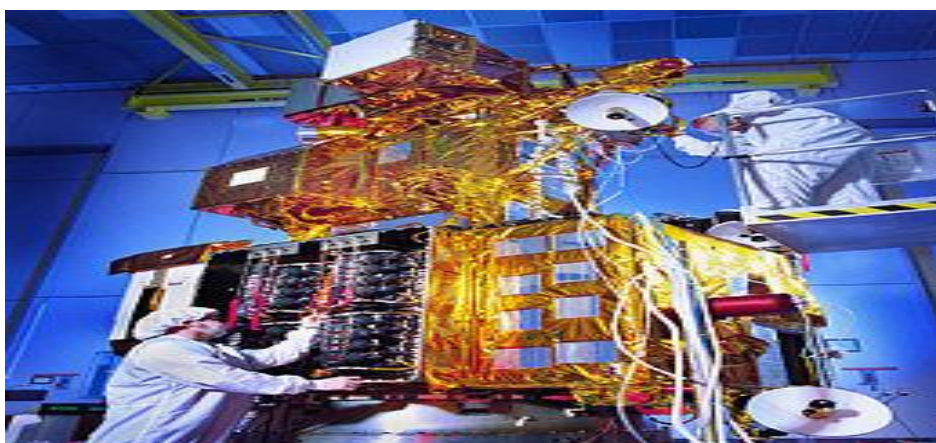


Sentinel-1



## ΗΛΕΚΤΡΟΟΠΤΙΚΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΧΩΡΑ	ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ			ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ
		ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΗ	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΗ	ΥΠΕΡΦΑΣΜΑΤΙΚΗ	
SPOT2/3/4/ 5/6/7	ΓΑΛΛΙΑ	10μ & 2,5μ (SPOT 5)	20m&10m(SPOT 5)	-	1988-1993-1998-02- 2012-2014
EROS B	ΙΣΡΑΗΛ	1,5m			2006
ASTER	ΙΑΠΩΝ ΗΠΑ	-	-	10m, 30m, 90m	1999
EROS A	ΙΣΡΑΗΛ	1,5m	-	-	2000
QUICKBIRD I/II	ΗΠΑ	1m	3m	-	2001-2015
IKONOS	ΗΠΑ	1m	4m	-	1999
LANDSAT 7	ΗΠΑ	15m	30m	-	2000



Landsat 7

Εκτός από τα συστήματα του ανωτέρω πίνακα, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός καθαρά αμυντικών δορυφορικών συστημάτων επισκόπησης τόσο ηλεκτροπτικών όσο και συστημάτων SAR, τα οποία παρέχουν εικόνες πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας. Η διακριτική ικανότητα είναι της τάξης των 10cm για τα οπτικά και 1m για συστήματα SAR.

**ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ**  
**RADAR(SYNTHETIC APERTURE RADAR – SAR) ΜΕΣΗΣ & ΥΨΗΛΗΣ**  
**ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ**

<i><b>ΣΥΣΤΗΜΑ</b></i>	<b>ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣ ΗΣ</b>	<b>ΔΙΑΚΡΙΤΙ ΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗ ΤΑ</b>	<b>ΣΥΧΝΟΤΗ ΤΑ</b>	<b>ΠΟΛΩ ΣΗ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗ ΝΙΑ ΕΚΤΟΞΕΥΣ ΗΣ</b>
<i><b>ERS 1/2</b></i>	European Space Agency (ESA)	12,5m	C band	VV	1991 / 1995
<i><b>RADARSAT 1</b></i>	ΚΑΝΑΔΑ Σ	10m / 3m	C band	HH/Full Pol	1995 / 2002
<i><b>ENVISA T</b></i>	European Space Agency (ESA)	10m (12.5m)	C band	HH & VV	2002
<i><b>TERRAS AT</b></i>	ΓΕΡΜΑΝΙ Α	2m	X band	Full Pol	2004
<i><b>ALOS</b></i>	ΙΑΠΩΝΙΑ	2m	L band	Full Pol	2005
<i><b>SENTINE L-1</b></i>	European Space Agency (ESA)	2m	C band	HH&V V/ HH+H V& VV+VH	2014

## 8.2 Όπλα και Αισθητήρες Οπλικών Συστημάτων που Χρησιμοποιούν Radar

Τα διατιθέμενα σήμερα οπλικά συστήματα αέρος και εδάφους που συνιστούν απειλή για το μέσο που θέλουμε να προστατεύσουμε περιγράφονται κατά κατηγορία ως ακολούθως:

### Αεροπορικές Απειλές

Από τον αέρα το μέσο δύναται να αποκαλυφθεί και να προσβληθεί από επιθετικό Ε/Π, ή μαχητικό αεροσκάφος. Ο εντοπισμός γίνεται με σύστημα RADAR ή σύστημα παθητικής ανίχνευσης τύπου FLIR. Επίσης γίνεται από αεροσκάφη φωτο-αναγνώρισης ή άλλες εναλλακτικές πλατφόρμες συλλογής πληροφοριών (π.χ. αερομεταφερόμενων συστημάτων Synthetic Aperture Radar – SAR ή ηλεκτρο-οπτικών συσκευών, όπως τα UAVs). Τα Radar των μαχητικών αεροσκαφών και Επιθετικών Ε/Π εργάζονται κυρίως από 8,5-10,5 GHz.

Τα τύπου SAR αεροσκαφών μεγάλης διευκρίνησης εφαρμόζουν σύγχρονη μέθοδο για επιτήρηση. Δυνατότητα τέτοια έχουν ορισμένα από τα σύγχρονα μαχητικά (π.χ. F-15E). Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι α) η μεγάλη διευκρινιστική ικανότητα (η οποία στην περίπτωση του F-15E είναι μικρότερη και από 1 μέτρο περίπου 30-40cm), β) η αμεσότητα της πληροφόρησης που προκύπτει από την άμεση μεταφορά της ψηφιακής εικόνας μέσω Data Link στα επίγεια κέντρα διοίκησης, γ) η αποκάλυψη των μέσων ανεξάρτητα από την οπτική - αντιθερμική παραλλαγή αυτών και ανεξάρτητα από την επικρατούσα στην περιοχή νέφωση. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου εντοπίζεται στις δυνατότητες του εικάστοτε χρησιμοποιούμενου Radar και ειδικότερα της μεγίστης απόστασης αυτού. Η συχνότητα λειτουργίας των αεροσκαφών με την δυνατότητα Synthetic Aperture Radar με δυνατότητες υψηλής διευκρίνησης είναι αυτές που υπαγορεύουν στον αντίπαλο να καταφεύγει σε τεχνολογία Stealth.

Τέλος όσον αφορά τις αεροπορικές απειλές υπάρχουν και τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη UAV. Η χρήση των UAVs σήμερα για σκοπούς αναγνώρισης και εντοπισμού στόχων ενδιαφέροντος και κυρίως για στόχους αεράμυνας, αποτελεί την κυριότερη ίσως αποστολή του μέσου αυτού. Γενικότερα η εκμετάλλευση του μέσου αυτού είναι ευρεία εν δυνάμει μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον αντίπαλο, όχι μόνο για reconnaissance, αλλά και για παρεμβολή, παραπλάνηση, ή για σκοπούς εντοπισμού του προστατευόμενου μέσου ανιχνεύοντας την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του Radar του. Στο εγγύς μέλλον προβλέπεται η ευρεία χρήση συστημάτων UAVs για υποστήριξη των χειρσαίων επιχειρήσεων. Εξέχοντα ρόλο στην αποστολή αυτή θα έχει ο εντοπισμός και η καθοδήγηση όπλων για την καταστροφή αρμάτων μάχης. Ο εντοπισμός αυτός θα βασίζεται κυρίως στην χρήση παθητικών και ενεργητικών μεθόδων, δηλαδή σε συστήματα FLIR & SAR

### Επίγειες Απειλές

Οι επίγειες απειλές που σχετίζονται με την ανίχνευση και την προσβολή του μέσου με την χρήση συστημάτων Radar διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες.

- Πρώτον στα επίγεια σταθερά ή κινητά συστήματα ερεύνης (Surveillance Radars) που έχουν δυνατότητα αποκάλυψης κινητών στόχων.
- Δεύτερον στα διατιθέμενα στη αγορά όπλα (Surface to Surface). Τα όπλα αυτά κατατάσσονται σε δύο υποκατηγορίες ως εξής: Σε αυτά που παίρνουν πληροφορίες εξολοκλήρου για τον στόχο μέσω ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου από Radar εδάφους και σε αυτά που φέρουν ενσωματωμένο σύστημα Radar εκμεταλλευόμενα μόνο την αρχική πληροφορία για την θέση του στόχου από τα εδαφικά Radar.

### 8.3 Οπλικά Συστήματα τεχνολογίας Laser

Στο άμεσο μέλλον, εάν η τεχνολογία στον τομέα του Laser αναπτυχθεί, η δυνατότητα των μεγάλης ισχύος εναέριων συστημάτων Laser θα είναι της τάξης των 100 χλμ και πλέον, εναντίον στόχων μεγάλου ύψους και περισσότερο από 50 χλμ. εναντίον στόχων χαμηλού ύψους με εξαιρετική ακρίβεια σε ευνοϊκές αλλά και δυσμενείς καιρικές συνθήκες, που σήμερα είναι λιγότερο ή περισσότερο περιορισμένη. Για ένα σύστημα επίγειου Laser, η αναμενόμενη εμβέλεια θα είναι συγκριτικά λίγα χλμ. εναντίον στόχων χαμηλού ύψους, (1-5 χλμ) και περίπου 10 χλμ. εναντίον μεσαίων και υψηλών στόχων. Η αποκάλυψη και ο εγκλωβισμός του στόχου παραμένει ένα σημείο κλειδί και απαιτείται μια οπτική ή IR συσκευή για να αποκτηθεί η επιθυμητή ακρίβεια (να προσδιορισθεί ο στόχος και ανατεθεί στο σύστημα Laser η καταστροφή του). Φυσικά προηγουμένως θα πρέπει να γίνει εγκλωβισμός, ώστε να στραφεί η συσκευή εκπομπής της δέσμης Laser προς αυτόν. Η οπτική, ή IR ανίχνευση - εστίαση (πριν η δέσμη Laser πέσει στον στόχο) είναι δυνατή ημέρα και νύχτα με καλές συνθήκες καιρού για μεγάλου ύψους στόχους. Αντίθετα είναι μερικώς εφικτή έως αδύνατη (από πάνω προς τα κάτω) για μικρού ύψους στόχους λόγω της ατμοσφαιρικής διάχυσης και της επίδρασης του εδάφους. Το τελευταίο φυσικά δεν ισχύει σε καλές καιρικές συνθήκες, αν το σύστημα Laser είναι στο έδαφος ή σε πλοίο και ο στόχος είναι πλησίον και Line of sight.

Αυτό που διευκολύνει κατά κάποιο τρόπο τις παρεμβολές Laser, είναι το γεγονός ότι τα συστήματα αυτά λειτουργούν σε πολύ λίγα μήκη κύματος σε σχέση με την πληθώρα συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από τα αντίστοιχα Radar. Αυτό όμως που καθιστά πρακτικά δύσκολη την παρεμβολή ενός πομπού ακτίνας Laser είναι η πολύ στενή δέσμη εκπομπής. Τα συστήματα ανίχνευσης - εντοπισμού της ανακλώμενης ακτίνας Laser βέβαια έχουν μεγαλύτερο πεδίο οράσεως (10° έως 20°), οπότε και παρεμβάλλονται ευκολότερα.

Γενικά τα στρατιωτικά συστήματα Laser ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Εναντίον προσωπικού (συμπεριλαμβανομένων αυτών που καταστρέφουν τους οφθαλμούς στοχοποιώντας τους ενισχυτές φωτός).
- Εναντίον ΕΟ αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κατάδειξης, αποστασιομέτρησης (με στόχο την μείωση της αποτελεσματικότητας - απόστασης εκμετάλλευσης του συστήματος).
- Εναντίον High Energy Lasers (όπου η αποφυγή είναι η μόνη ρεαλιστική αντιμετώπιση).

Κατά αντιστοιχία με τις τεχνικές που εφαρμόζονται εναντίον των Ηλεκτροπτικών απειλών - αισθητήρων, στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα, εφαρμόζονται και εδώ οι ίδιες μέθοδοι. Ονομαστικά οι τεχνικές αυτές είναι:

- Απορροφητικά φίλτρα
- Απορροφητικές επικαλύψεις στόχων (χρησιμοποιούν την λαμβανόμενη ακτινοβολία Laser για να εξαερώσουν την επικάλυψη σχηματίζοντας νέφος πλάσματος.
- Επαναλήπτες Laser
- Οπτικά ομοιώματα
- Καπνό
- Laser Anti radiation βλήματα
- Συστήματα Εξουδετέρωσης Συστημάτων Laser (ερευνούν στην περιοχή ενδιαφέροντος εκπέμποντας με χαμηλή ισχύ, στοχεύοντας να ανιχνεύσουν μέσω της ανακλώμενης ενέργειας από το οπτικό στοιχείο ενός συστήματος κατάδειξης Laser, και κατόπιν καταστρέφουν το ΕΟ συστήματα του αντιπάλου συστήματος κατάδειξης εκπέμποντας ακτινοβολία Laser υψηλής ισχύος).

Γενικότερα τα συστήματα αντιμέτρων αποτελούνται από ένα δέκτη και έναν πομπό ακτινών Laser. Ο δέκτης χρησιμεύει για να προειδοποιεί όταν γίνεται χρήση ακτίνων Laser από εχθρικές δυνάμεις, καθώς και για να καθορίζει την κατεύθυνση από όπου προέρχονται. Ο πομπός χρησιμεύει για να εκπέμψει ακτίνες Laser και να παρεμβάλει συνήθως, τα συστήματα λήψης του εχθρού. Τα αντίμετρα ταξινομούνται σε αυτά των παρεμβολών και της παραπλάνησης.

Η παρεμβολή χρησιμοποιείται κυρίως εναντίον των μετρητών απόστασης (Range Finder). Συνήθως ο πομπός και ο δέκτης σε μία συσκευή τύπου Range Finder βρίσκονται στο ίδιο σημείο, συνεπώς όταν αποκαλυφθεί η κατεύθυνση από όπου προέρχεται η ακτίνα Laser, αποκαλύπτεται και ο δέκτης. Στην περίπτωση αυτή ο δέκτης μπορεί να οδηγηθεί στον κορεσμό (Saturation) και να μη μπορεί να μετρήσει αποστάσεις ή να δίνει λανθασμένες ενδείξεις στέλνοντας προς αυτόν μία συνεχή ακτίνα Laser (CW) στο ίδιο μήκος κύματος με αυτό της εκπομπής. Για παρεμβολή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και παλμικό Laser, που θα έχει τα ίδια αποτελέσματα, επίσης μία ισχυρή ακτίνα Laser μπορεί να καταστρέψει τον δέκτη.

Η παραπλάνηση χρησιμοποιείται για την προστασία στόχων που προσβάλλονται με όπλα κατευθυνόμενα με Laser. Όταν αποκαλυφθεί ότι ένας στόχος φωτίζεται με ακτίνα Laser με σκοπό να προσβληθεί με ανάλογα όπλα, τότε τίθεται σε λειτουργία ένα LASER (Designator) εδάφους που φωτίζει έναν ψεύτικο στόχο. Η απόσταση του DESIGNATOR εδάφους από τον ψεύτικο στόχο είναι μικρότερη από αυτήν του εχθρικού DESIGNATOR από τον πραγματικό στόχο ώστε η ανακλώμενη ακτίνα από τον ψεύτικο στόχο να είναι ισχυρότερη οπότε και το όπλο να εκτρέπεται προς αυτόν.



Για να μειωθεί ή και να εξουδετερωθεί η επίδραση των αντιμέτρων εναντίον των συστημάτων Laser δύο μέθοδοι μπορούν χρησιμοποιηθούν:

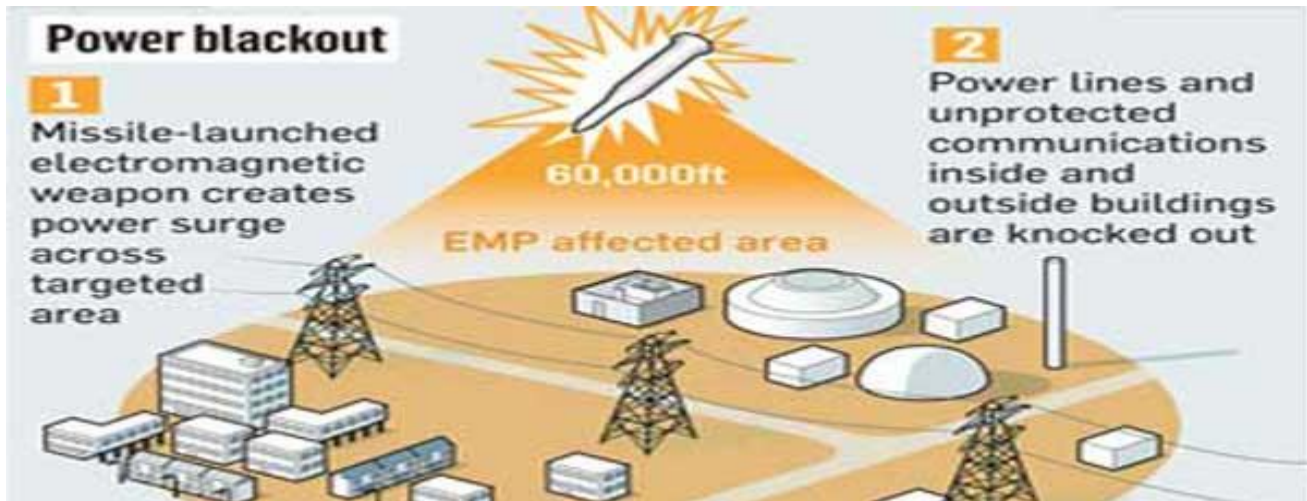
- ✓ Προγραμματισμός του δέκτη ώστε να μην επεξεργάζεται σήματα ισχυρότερα από ένα προκαθορισμένο ύψος. Σε πολύ ισχυρά σήματα και για την προστασία του δέκτη, να καλύπτεται ο ανιχνευτής αυτόματα από ένα διάφραγμα.
- ✓ Κωδικοποίηση των σημάτων εκπομπής και ανάλογη αποκωδικοποίηση στους δέκτες, παραπάνω κώδικες μπορεί να αλλάζουν κατά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε δύσκολα να αποκαλύπτονται.

Κατά συνέπεια για την οποιαδήποτε εφαρμογή αντιμέτρων είναι απαραίτητη η έγκαιρη και έγκυρη προειδοποίηση για κατάδειξη Laser στον υπό προστασία στόχο. Η άμεση ανίχνευση της απειλής και η διευκρίνιση της κατεύθυνσης της θα ενεργοποιήσει τα αντίστοιχα κάθε φορά αντίμετρα. Οι συσκευές με τις οποίες γίνεται εφικτή η προειδοποίηση για απειλές Laser ονομάζονται LWR (Laser Warning Receiver) και τα χαρακτηριστικά τους καθώς και ο τρόπος λειτουργίας είναι ανάλογος με αυτών των συστημάτων προειδοποίησης από Radar. Τα παραπάνω διέπονται από τους ίδιους φυσικούς νόμους και κανόνες σε ότι αφορά την μετάδοση, την διάχυση, την ανάκλαση, την απορρόφηση και την επιχειρησιακή εκμετάλλευση για αντιμετώπιση απειλών Laser.

#### **8.4 Εκπομπή Κατευθυνόμενης Δέσμης Ηλεκτρομαγνητικού Παλμού Μεγάλης Ισχύος**

Η εκπομπή υψηλής ισχύος μικροκύματα (HPM) εναντίον μη θωρακισμένων ηλεκτρομαγνητικά εναέριων συστημάτων, όπλων και αεροσκαφών δύναται να επιφέρει άμεση καταστροφή. Η τεχνολογία αυτή είναι σύγχρονη και ακμάζουσα σήμερα καθώς σημαντικά βήματα έχουν γίνει σε πολλά ερευνητικά κέντρα. Είναι ένας πρωτοποριακός και αρκετά οικονομικός τρόπος προσβολής διότι δεν απαιτεί ούτε μεγάλη ακρίβεια στον εντοπισμό της θέσης του στόχου ούτε εξαπόλυση κάποιου ειδικού βλήματος με ανάλογο Radar ή πυροσωλήνα. Στην περίπτωση προσβολής λιγότερο ανθεκτικών στόχων (UAV, Ηλεκτρονικά Συστήματα, βλήματα κλπ) μπορούν να επιτευχθούν ικανοποιητικά αποτελέσματα από τα συστήματα HPM. Η μέθοδος αυτή θα πρέπει να συνεξετασθεί φυσικά σε συνδυασμό με αισθητήρα RF ή ακουστικό ή IR ώστε να αποτελέσει ολοκληρωμένη λύση.





*Όπλο Ηλεκτρομαγνητικού Παλμού*

Η μέθοδος αυτή μπορεί προφανώς να χρησιμοποιηθεί και αντίστροφα από τον αντίπαλο. Δηλαδή να χρησιμοποιηθούν UAVs (πολλαπλών χρήσεων και αποστολών, μη αναλώσιμα) για εξουδετέρωση, προσωρινή ή και μόνιμη, ηλεκτρονικών συστημάτων αεράμυνας, κέντρων διοίκησης, σημαντικών εγκαταστάσεων υποστήριξης, πλοίων κλπ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9<sup>ο</sup>

### Τακτική Χρήσης Συστημάτων από Φίλιες και Αντίπαλες Δυνάμεις

#### 9.1 Τεχνολογία Παρατήρησης και Απόκρυψης

Η παρατήρηση περιλαμβάνει τις ενέργειες ανίχνευσης, εντοπισμού και αναγνώρισης ενός στόχου από δορυφορικούς, αεροπορικούς, ή επίγειους αισθητήρες, ηλεκτρονικούς (ELINT), ηλεκτρο-οπτικούς, radar, ή IR. Στην συνέχεια η πληροφορία επεξεργάζεται, (γεωδαιτικός προσδιορισμός θέσης), ψηφιοποιείται, (3D dimensions & ηλεκτρονική μορφή φωτογραφίας) και διοχετεύεται στις μονάδες που θα επιτεθούν στον αναγνωρισθέντα στόχο. Τα στοιχεία που έχουν ιδιαίτερη σημασία στην διαδικασία αυτή είναι το σχήμα του αναγνωρισθέντος στόχου, οι διαστάσεις του, η γεωγραφική του θέση, (συντεταγμένες & υψόμετρο), και οι ηλεκτρομαγνητικές του υπογραφές, (radar, IR, acoustic signatures), καθώς και ο τρόπος εκπομπής του, αν εκπέμπει. (συχνότητα, ισχύς, PRF, PRI, PW, κλπ).

Οι σημαντικότερες σύγχρονες χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες είναι ΕΟ (electro-optical) για οπτική παρατήρηση, SAR (Synthetic Aperture Radar) για ηλεκτρονική παρατήρηση, IR (Infrared) για ανίχνευση μέσω της θερμικής υπογραφής (μέσω θερμοκάμερας), και η ραδιοανίχνευση - ραδιογωνιομέτρηση για εντοπισμό του σημείου εκπομπής – αναγνώριση μέσω των χαρακτηριστικών εκπομπής. Οι ακουστικοί αισθητήρες δεν χρησιμοποιούνται στην φάση αυτή. Επισημαίνεται ότι τα UAVs είναι δυνατόν να φέρουν και SAR για εντοπισμό ακόμα και οπτικά ή IR καμουφλαρισμένου στόχου.

Παρακάτω παρατίθενται τα γνωστότερα συστήματα εντοπισμού ΗΜ ακτινοβολίας:

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ Η.Π. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΗΜ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ					
ΣΥΣΤΗΜΑ	ΧΩΡΑ	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			ΠΑΡ.
		ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
<i>Phalanger</i>	ΓΑΛΛΙΑ	DASSAULT EL	UAVs & HELOS	Airborne ESM	Σε παραγωγή από το 1997
<i>EL/L-8312</i>	ΙΣΡΑΗΛ	ELTA	B-707, C-130	ESM/ELINT	-
<i>AN/ALQ-25</i>	ΗΠΑ	LITTON AMECOM	R/FC-4	Electronic Support Measures	, Passive DF, Location
<i>AN/ALR-73(V)1</i>	ΗΠΑ	LITTON AMECOM	E-2C	Electronic Support Measures	Passive DF, Location
<i>LR-500</i>	ΗΠΑ	LITTON AMECOM	F-15	Electronic Support Measures	Passive DF, Location

<b>Quiet Knight</b>	ΗΠΑ	LITTON AMECOM	SOF aircraft	Electronic Surveillance Measures	Below line of sight ID, Fine DF, Location
<b>AN/ALQ-142</b>	ΗΠΑ	RAYTHEON E-SYSTEMS	SH-60B	Electronic Support Measures	
<b>ASTAC</b>	ΓΑΛΛΙΑ	THOMSON CSF	F-1, F-16, RF-4E	ELINT/Electronic Recon. System	
<b>EW-1017</b>	ΗΠΑ	LORAL CORP	Nimrod/Atlantic	Electronic Surveillance	UK AWACS
<b>AN/AYR-1/2</b>	ΗΠΑ	BOEING CO., ARGON	E-3 AWACS	Electronic Support Measures	
<b>DASS</b>	UK	GEC-MARCONI	EF 2000	Integrated ESM/ECM	
<b>HERMES</b>	UK	GEC-MARCONI	Tornado	Modular radar homing & warning receiver	On ADV & IDS VERSIONS μετά το 1986
<b>PLAID</b>	ΗΠΑ	LITTON-BOEING-MERC	B-1, C-130, C-17, F-15, F-16, F-18	Precision, Location & Identification	Σε παραγωγή
<b>GROUND BASED ESM / ELINT SYSTEMS</b>	ΗΠΑ, UK, ΓΑΛΛΙΑ, ΓΕΡΜΑΝΙΑ, ΙΣΡΑΗΛ, ΤΟΥΡΚΙΑ	EADS, οι ανωτέρω και πολλές μικρότερες	Σε HAMV, φορητό VAV	Electronic Surveillance, DF, Location & Identification, Signal analysis	Εργάζονται αυτόνομα ή σε δίκτυο μαζί με παρεμβολείς

Η απόκρυψη καλείται να αντιμετωπίσει όλα τα προαναφερθέντα με φυσικές και τεχνικές μεθόδους. Οι φυσικές μέθοδοι στοχεύουν στην οπτική απόκρυψη και ενδεχομένως να αρνούνται την χρήση όλων των τεχνολογικών μεθόδων. Π.χ. η απόκρυψη εντός υπόστεγου ενός τεθωρακισμένου άρματος είναι μία φυσική μέθοδος που το προστατεύει όχι μόνο από την αποκάλυψη αλλά και από την καταστροφή του αν το υπόστεγο έχει ανάλογη θωράκιση. Η κάλυψη ενός διαδρόμου, η ενός οχήματος με κλαδιά, φυτά, ώστε να υπάρχει ένα παραπλανητικό καμουφλάζ σίγουρα είναι αποτελεσματικότερο για τους EO sensors, αλλά όχι για τα SAR ή τα IR συστήματα.

Για την απόκρυψη από συστήματα SAR είναι αποτελεσματική η εφαρμογή των εξής παθητικών τεχνικών:

Παραποίηση του RCS του προστατευόμενου στόχου ως ακολούθως:

- Μείωση του radar signature στην συγκεκριμένη συχνότητα λειτουργίας του SAR με ειδική βαφή απορρόφησης της ακτινοβολίας του Radar.
- Αύξηση του RCS του με επικάλυψη σε επιλεγμένα σημεία με μεταλλικές επιφάνειες ώστε να μεταβάλλεται το σχήμα, οι διαστάσεις και η ηλεκτρονική του υπογραφή.
- Μείωση του RCS με ταυτόχρονη αλλοίωση του σχήματος και της ανακλώσας την RF ακτινοβολία επιφάνειας με την επικάλυψη με αντι radar ύφασμα – τέντα ή κατάλληλα δίκτυα.

Άρνηση εντοπισμού του προστατευόμενου μέσου-εγκατάστασης με την συγκαλύψή του με αναλώσιμα μηχανικά μέσα:

- Ρίψη αεροφύλλων συγκεκριμένης συχνότητας άνωθεν της περιοχής ενδιαφέροντος.
- Εκτόξευση νέφους εμπλουτισμένου με ρινίσματα αλουμινίου συγκεκριμένων προδιαγραφών που προκαλούν νεφέλωμα στο SAR άνωθεν του προστατευόμενου στόχου.

Για την απόκρυψη από Thermal sensors είναι αποτελεσματική η εφαρμογή των εξής παθητικών τεχνικών:

- Κάλυψη του θερμικού ίχνους με καλύμματα, (μεταλλικά, πλαστικά, πάνινα), ή με δένδρα, κλαδιά.
- Αλλοίωση του θερμικού ίχνους με ψεκασμό του χώρου με ύδωρ, δηλαδή με χρήση υδάτινου δικτύου αν πρόκειται για εγκατάσταση σύμφωνα με συγκεκριμένο τρόπο (πυκνότητα σταγονιδίων, ταχύτητα και γωνία εκτόξευσης).
- Κάλυψη του στόχου με καπνό συγκεκριμένης θερμικής συμπεριφοράς, όπου η συχνότητα της θερμικής υπογραφής του καπνού θα ταυτίζεται με αυτή του

συστήματος FLIR που χρησιμοποιείται για παρατήρηση (8-12, 5-7nm, κλπ).

Για την απόκρυψη από συστήματα ηλεκτρονικής αναγνώρισης (ESM) που χρησιμοποιεί ο Η.Π. με σκοπό τον εντοπισμό συστημάτων RADAR και επικοινωνιών, ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος είναι η σιγή. (Η διασπορά – διαχωρισμός κεραιών λήψης και εκπομπής από την κεντρική μονάδα, π.χ. bistatic radars παραμένουν ως ημίμετρα). Για τον λόγο αυτό επιβάλλεται η κινητικότητα των συστημάτων αυτών και η συνεχής απόκρυψη και παραλλαγή τους.

## 9.2 Τεχνολογία Εντοπισμού και Παραλλαγής

Ο εντοπισμός του στόχου αποτελεί το πρωταρχικό στάδιο της επίθεσης. Ως στοιχεία αναφοράς χρησιμοποιούνται όσα προαναφέρθηκαν στις μεθόδους παρατήρησης. Η προσέγγιση του επιτιθέμενου σε απόσταση ικανή ώστε να τον αναγνωρίσει, εγκλωβίσει, σκοπεύσει, ή συντονίσει (homing mode) και εν συνεχεία εξαπολύσει τα φερόμενα όπλα, γίνεται ως εξής:

Εκτελώντας σάρωση με γυμνό οφθαλμό ή ΕΟ μέσα, (day light), με, IR ή radar μέσα, (ημέρα και νύκτα) και ειδικότερα με την μέθοδο παρατήρησης και σύγκρισης του οπτικά αναγνωριζόμενου εδάφους με τα διατιθέμενα βοηθήματα, (χάρτες και δορυφορικές φωτογραφίες ή ψηφιακές εικόνες από SAR & IR μέσα). Προσέγγιση στην περιοχή του στόχου (με γεωγραφικές συντεταγμένες) που ήταν προϊόν της προηγούμενης διαδικασίας στοχοποίησης με την χρήση αδρανειακών συστημάτων ναυτιλίας (INS), ή δορυφορικών συστημάτων εύρεσης γεωγραφικής θέσης, (GPS & GLONAS). Σε αυτή την φάση του ακριβούς εντοπισμού του στόχου η παθητική άμυνα δεν είναι δυνατόν να φανεί αποτελεσματική αν εφαρμόζονται τεχνολογίες που βασίζονται στην χρήση του GPS, GLONAS, ή απλού INS. Αντίθετα επειδή η πλειοψηφία των συμβατικών σύγχρονων όπλων και βλημάτων βασίζεται στον προαπαιτούμενο εγκλωβισμό του στόχου, που πραγματοποιείται με Radar, ΕΟ, ΗΜ και IR μέσα, (FLIR, LANTIRN, κλπ), είναι πολύ

αποτελεσματική σαν μέθοδος αποφυγής η παραλλαγή του στόχου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του  $PK^1$  του οπλικού συστήματος.

Ειδικότερα με την παραλλαγή του προστατευόμενου στόχου, επιτυγχάνονται αποτελέσματα που ευνοούν άμεσα την επιβιωσιμότητα του στόχου και έμμεσα ευρύτερα την ενεργητική άμυνα. Αναγκάζουν λοιπόν τον επιτιθέμενο ή να προσεγγίσει μέσα από τα σχεδιασμένα όρια και να εκτίθεται περισσότερο, σε απόσταση και χρόνο, στα αμυντικά πυρά, να μην αποκαλύπτει οπτικά (EO-IR) και κατά συνέπεια να μην εγλωβίζει τον στόχο ή τέλος να καταφεύγει σε εναλλακτικό στόχο ή να επιστρέφει το όπλο. Οι εφαρμοζόμενοι για τον σκοπό αυτό μέθοδοι εστιάζονται στην κάλυψη του στόχου με δίκτυα παραλλαγής που είναι αποτελεσματικά για τα οπτικά μέσα, αλλά περιορισμένης χρήσης για τα IR συστήματα. Απαιτείται η εμβάπτισή τους σε ισχυρή αντιθερμική βαφή που ανταποκρίνεται στα μήκη κύματος που εργάζονται οι αισθητήρες των απειλών ή η κάλυψη των προς προστασία μέσων με αντίστοιχη βαφή ή ανάλογα καλύμματα που θα επιφέρουν μόνιμη μείωση της θερμικής υπογραφής, (target emissivity). Παράλληλα θα ήταν επιθυμητό τα δίκτυα αυτά να φέρουν μεταλλικό δικτυωτό υπόστρωμα ανάλογης κατασκευής, ώστε να αποκρύπτουν το μέσο από αισθητήρα SAR.

---

<sup>1</sup> Probability of Kill



### 9.3 Τεχνολογία Εγκλωβισμού, Παραπλάνησης και Ηλεκτρονικής Παρεμβολής

Η σκόπευση και ο εγκλωβισμός ή η homing προσέγγιση επί του στόχου, είναι από τα σημαντικότερα στάδια όχι μόνο στην διαδικασία μιας επίθεσης, αλλά και για την παθητική άμυνα όπου καλείται να εφαρμόσει ανάλογη τεχνολογία ώστε να προστατέψει τον επιλεγέντα από τον αντίπαλο στόχο. Η σκόπευση και ο εγκλωβισμός πραγματοποιούνται μετά τον εντοπισμό του στόχου από το οπλικό σύστημα και μέσω αυτής της διαδικασίας επιτυγχάνεται η απόκτηση των απαραίτητων πληροφοριών ώστε η βολή ή το βλήμα που θα εξαπολυθεί να πλήξει με ακρίβεια τον στόχο. Η παραπλάνηση εφαρμόζεται ακριβώς για να αλλοιώσει αυτά τα στοιχεία. Δύναται δε να διαχωριστεί σε δύο είδη:

Πρώτον σε αυτό που εφαρμόζει ο αμυνόμενος κατά την προετοιμασία της αμυντικής του θωράκισης και αποσκοπεί στον εγκλωβισμό ή σκόπευση του επιτιθέμενου απ' ευθείας σε ένα ψευδές ομοίωμα το οποίο παρουσιάζει πλήρη ομοιότητα με το πραγματικό, (οπτικά χαρακτηριστικά, διαστάσεις, IR & radar signature), και το οποίο βρίσκεται πλησίον του πραγματικού, (σε απόσταση ασφαλείας), ενώ παράλληλα το πραγματικό είναι καμουφλαρισμένο, ή καλυμμένο. Η παραπλάνηση αυτή απαιτεί την ανάπτυξη και εφαρμογή μέσων και μεθόδων που αποβλέπουν σε συγκεκριμένες απειλές/όπλα και οπλικά συστήματα. Δηλαδή ομοιώματα π.χ. αρμάτων μεταλλικά ή πλαστικά, (φουσκωτά με μεταλλική βαφή), ικανά να παραπλανήσουν ένα SAR ή και ένα FLIR system αν έχουν αντιγράψει πιστά την θερμική υπογραφή του. Επίσης είναι δυνατή με την προαναφερθείσα μέθοδο βαφής, η τροποποίηση του θερμικού ίχνους σταθερών εγκαταστάσεων, (σχήμα και emissivity), ώστε το οπτικό και θερμικό αποτέλεσμα από EO & IR sensors να είναι τέτοιο που να μην προδίδει την ύπαρξή του στο συγκεκριμένο χώρο. Συχνά η παραπλάνηση αυτή απαιτείται να είναι πιο σύνθετη αν τα μέσα εγκλωβισμού του αντιπάλου βασίζονται και σε άλλα στοιχεία, π.χ ESM.

Δεύτερον σε παραπλάνηση που εφαρμόζει ο αμυνόμενος κατά την διάρκεια, ή λίγο πριν την επίθεση. Αυτή στηρίζεται κυρίως στην έλλειψη ενημερωμένης target library data base (near real time pictures) και επικεντρώνεται στην μετακίνηση των πραγματικών μέσων και την ανάπτυξη στην θέση των ομοιωμάτων, ή την κάλυψη των πραγματικών με μέσα οπτικής και ηλεκτρονικής παραλλαγής.



Τέλος για δημιουργία σύγχυσης, είναι δυνατή η εκπομπή καπνού ώστε να μην είναι εφικτή η αποκάλυψη της σιλουέτας του στόχου και κατά συνέπεια να μην είναι δυνατός ο εγκλωβισμός του. Μια προωθημένη μέθοδος παραπλάνησης είναι η εκπομπή περιορισμένου καπνού γύρω από ένα ομοίωμα στόχου που σε αριθμό δύο ή τριών εστιών δημιουργεί σύγχυση στον επιτιθέμενο και ενισχύει παράλληλα την ενεργητική και παθητική άμυνα.

### III. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10<sup>ο</sup>

##### Προτάσεις Αντιμετώπισης Απειλής

Το προτεινόμενο σύστημα θα έχει τεχνολογία ικανή να συμβάλλει στην έγκαιρη προειδοποίηση, εκτροπή, παραπλάνηση, παρεμπόδιση, καταστροφή της επερχόμενης, προς το φίλιο προστατευόμενο μέσο, απειλής όπως παρακάτω:

##### ➤ Προειδοποίηση

- ✓ Από απειλή κατευθυνόμενη με τεχνολογία RF με τη χρήση RWR
- ✓ Από απειλή κατευθυνόμενη με τεχνολογία EO με τη χρήση κάμερας
- ✓ Από απειλή κατευθυνόμενη με τεχνολογία Acoustic με τη χρήση ειδικού αισθητήρα
- ✓ Από απειλή κατευθυνόμενη με τεχνολογία LASER με τη χρήση Laser Warner
- ✓ Από απειλή κατευθυνόμενη με τεχνολογία IR με τη χρήση IR κάμερας

##### ➤ Εκτροπή Εξαπολυθέντος Όπλου

- ✓ Για απειλή κατευθυνόμενη με τεχνολογία RF με τη χρήση RF Jammer (Radar guided munitions)
- ✓ Για απειλή κατευθυνόμενη με τεχνολογία LASER με τη χρήση της τεχνολογίας ανάκλασης ακτίνας Laser και των αρχών ανάπτυξης δολωμάτων που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο περί τεχνολογίας Laser
- ✓ Με Laser Destroyer (DIRCM)

##### ➤ Παρεμπόδιση - Παραπλάνηση - Μείωση Αποτελεσματικότητας

##### ❖ Παραπλάνηση

- ✓ Με καμουφλάζ IR - οπτικό - RF του φίλιου μέσου
- ✓ Με την τοποθέτηση decoys παραπλεύρως του φίλιου μέσου (φρουσιωτά ή άλλου είδους κατασκευές που θα είναι πανομοιότυπες με το μέσο που θέλουμε να προστατεύσουμε και θα αποτελούν πηγές θερμότητας ή θα εκπέμπουν συγκεκριμένο είδος παλμού)

##### ❖ Παρεμπόδιση

- ✓ Καπνός
- ✓ Αερόφυλλα

- ✓ Chaff
- ✓ Flare

### ➤ Καταστροφή Εξαπολυθέντος Όπλου

- ✓ Με εκπομπή Ηλεκτρομαγνητικού Παλμού μεγάλης ισχύος έναντι της απειλής
- ✓ Με κατεύθυνση ακτίνας Laser έναντι της απειλής
- ✓ Με τη χρήση Short Range Air Defense (SHORAD) (Phalanx CIWS, Ahead βλήμα)



*Phalanx CIWS*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11°

### Διαπιστώσεις και Συμπεράσματα

#### 11.1 Διαπιστώσεις

Από την παράθεση των στοιχείων των προηγούμενων κεφαλαίων υπογραμμίζονται τα παρακάτω:

- Σε ένα σύγχρονο θέατρο επιχειρήσεων η επιβίωση του προστατευόμενου μέσου και η επιτυχής εκτέλεση της αποστολής του είναι αποτέλεσμα πολλών σύνθετων παραγόντων, ένας εκ των οποίων είναι και ο δείκτης επιβιωσιμότητας του στο συγκεκριμένο περιβάλλον.
- Ο δείκτης επιβιωσιμότητας εξαρτάται από την παρουσιαζόμενη στις συχνότητες λειτουργίας των μοντέρνων απειλών Radar υπογραφή ή αλλιώς τιμή Radar cross-section (RCS).

- Η χρήση άλλων συστημάτων εντοπισμού εκτός του Radar αποτελεί την πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων όπλων. Για τον λόγο αυτό σημαντική και μάλλον μεγαλύτερη είναι η προσπάθεια περιορισμού της θερμικής υπογραφής του μέσου.
- Ο εντοπισμός, η παρακολούθηση και η προσβολή του, κατά ένα ποσοστό 35-40% λόγω των εχθρικών όπλων και μεθόδων εντοπισμού του εξαρτάται από την μετωπική ανακλαστική επιφάνεια της σιλουέτας του προστατευόμενου μέσου στις συχνότητες 8-10 GHz όπου εργάζονται τα Radar των μαχητικών αεροσκαφών που ανιχνεύουν, εγκλωβίζουν και κατευθύνουν βλήματα και βόμβες και πάνω από 30GHz όπου εργάζονται οι Radar sensors των βλημάτων αέρος εδάφους χρησιμοποιώντας τύπους millimeter wave.
- Με τα διατιθέμενα μέσα, παλαιά και σύγχρονα, το φάσμα το οποίο εκμεταλλεύεται ο άνθρωπος σήμερα για φυσική ή τεχνητή όραση κυμαίνεται από 400 έως 12.000 nm, με έμφαση στα 800-12000nm όπου εργάζονται οι σύγχρονες θερμικές κάμερες και τα αεροπορικά οπλικά συστήματα (FLIR).
- Στην περιοχή συχνοτήτων 5-7 και κυρίως 8-12.000 Nanometers εργάζονται οι περισσότεροι FLIR sensors των σύγχρονων αεροπορικών οπλικών συστημάτων, βλημάτων και ορισμένων συστημάτων εδάφους.
- Στην περιοχή 3-5 εργάζονται τα συστήματα εδάφους κυρίως, φερόμενα επί οχημάτων κλπ.
- Στην περιοχή 0,4-0,95 εργάζονται τα φορητά συστήματα έρευνάς του προσωπικού

## 11.2 Αποκάλυψη και Εγκλωβισμού Στόχου

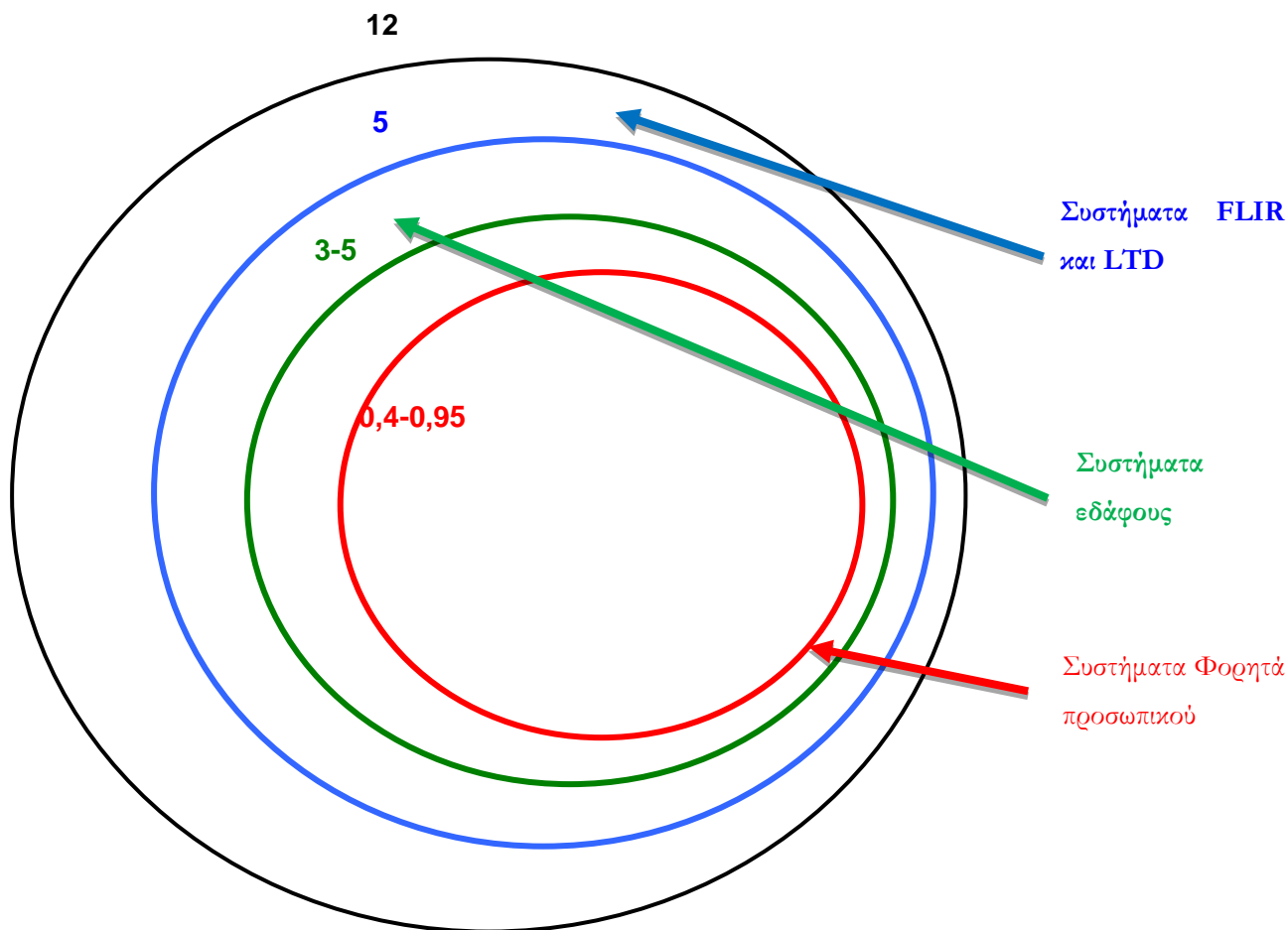
Τα συστήματα τύπου Thermal Viewers, FLIR TV Sight, Gunner's Thermal Sights, Long Range Advanced Scout Surveillance Systems, Combat Vehicle Thermal Targeting Systems, airborne FLIRS & Targeting systems, τα διάφορα NVGs, τα υπέρυθρα αεροπορικά films καθώς και οι thermal & IR sensors σύγχρονων όπλων που εργάζονται σε μήκη κύματος από 600 -14000nm και έχουν σχεδιασθεί για να εντοπίζουν το θερμότερο σημείο του στόχου, ή να ανιχνεύουν το σχήμα του από την διαφορετική ανάκλαση (έστω και με ελάχιστη 5-7% μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος χώρου, που επιτυγχάνουν τα

συνήθη χρώματα οπτικής παραλλαγής, ή IR ακτινοβολίας) καθίστανται ικανά να εντοπίσουν τον στόχο ακόμα και αν αυτός έχει καλυφθεί με μέσα παραλλαγής, όπως δίκτυα παραλλαγής.

Τα συστήματα αυτά αποτελούν σήμερα τη βασική πηγή εντοπισμού και στοχοποίησής (εγκλωβισμού του στόχου και κατεύθυνσης του όπλου). Ο μικρός όγκος, το χαμηλό σχετικά κόστος και η μεγάλη αποτελεσματικότητα στο πεδίο της μάχης τα έχουν καθιερώσει σήμερα σε ξηρά, θάλασσα, αέρα και διάστημα. Ο εντοπισμός με την χρήση αυτών των συστημάτων αποτελεί ίσως την κυριότερη πηγή πληροφόρησης για τον εχθρό.



Όλα τα σύγχρονα αεροπορικά συστήματα (πχ Lantirn και Sniper Atp) έχουν ενσωματωμένη TV κάμερα με δυνατότητα ZOOM, καθώς και δυνατότητα επιλογής της IR απεικόνισης σε B&W ή W&B, γεγονός που καθιστά ευκολότερη την διαδικασία εντοπισμού μιας θερμής πηγής. Στην συνέχεια η άφεση και καθοδήγηση του όπλου μπορεί να γίνει με ακτινοβολία LASER, με άλλο IR sensor (επί του όπλου) ή βαλλιστικά μετά από ακριβή σκόπευση.



Ενδεικτική ταξινόμηση Συστημάτων ανά μήκος κύματος

Ειδικότερα θα πρέπει να παρουσιάζει μειωμένο ίχνος έναντι των συστημάτων παρατήρησης – σιόπευσης και καθοδήγησης ως ακολούθως:

- Έναντι επίγειων απειλών.
- ✓ Απειλές από συστήματα ανίχνευσης, σιόπευσης, και κατάδειξης φερόμενα επί οχημάτων που εργάζονται σε συχνότητες από 3-12nm και δρουν από αποστάσεις 500m - 5 km.

- ✓ Απειλές από NVGs (διόπτρες τρίτης γενιάς), και κάμερες επιτήρησης που εργάζονται από 0,4 - 1 nm και δρουν από αποστάσεις 500m - 2 km.

➤ Εναέριων απειλών

- ✓ Απειλές από συστήματα που υποστηρίζουν επιχειρήσεις FAC<sup>2</sup> και χρησιμοποιούνται κυρίως για αποστολές CAS<sup>3</sup>. Τα συστήματα αυτά είναι φορητά κυρίως και συνοδεύονται από καταδείκτες LASER. Εργάζονται από 5-12nm και δρουν από 1-5km.
- ✓ Συστήματα LANTIRN, FLIR, βλήματα και δορυφόροι παρατήρησης που εργάζονται κυρίως 8-12 nm και δρουν από SLANT RANGES 1000-30.000m.

Συνοψίζοντας λοιπόν μπορούμε συνολικά να συμπεράνουμε ότι το προστατευόμενο μέσο πρέπει να έχει μειωμένο θερμικό ίχνος τόσο ώστε σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 500 μέτρων να μην είναι εντοπίσιμο στα μήκη κύματος από 0,4 έως 12nm. Αυτό προϋποθέτει ότι θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η θερμική υπογραφή του περιβάλλοντος χώρου, ημέρα και νύκτα χειμώνα και καλοκαίρι.

### 11.3 Λειτουργικές Ικανότητες Συστήματος Αυτοπροστασίας

Παρακάτω αναλύονται οι λειτουργικές ικανότητες ενός συστήματος αυτοπροστασίας, για να προσδιορισθεί η σύγχρονη τάση της πολεμικής τέχνης επί των προστατευόμενων μέσων.

Κάλυψη: Το παλαιό αξίωμα: "δεν μπορεί να το δει, δεν μπορεί να το χτυπήσει" είναι ακόμη πολύ αληθινό. Είναι καλύτερο να αποτραπεί η ανίχνευση ενός μέσου, παρά να αναγκασθεί αυτό να αμυνθεί σε έναν εγκλωβισμό του από τον επιτιθέμενο. Από αυτή την άποψη, η διαχείριση υπογραφών με την χρήση της κάλυψης ή άλλα μέσα της μείωσης υπογραφών πρέπει να αποτελέσει ένα σημαντικό μέρος οποιουδήποτε ενσωματωμένου συστήματος. Η πολυφασματική κάλυψη προσφέρει μια οικονομικώς αποδοτική λύση ενάντια

---

<sup>2</sup> FAC = Forward Air Controllers

<sup>3</sup> CAS=Close Air Support



στις αυτόνομες IR και radar καθοδηγούμενες απειλές. Το κινητό σύστημα κάλυψης προσφέρει προστασία από τα συστήματα έρευνας που βασίζονται σε οπτικά μέσα και χρησιμοποιούν μήκη κύματος RF. Συστήματα που εργάζονται σε συχνότητες near IR χρησιμοποιούνται συχνά για την νυκτερινή παρατήρηση, ενώ το θερμικό (IR) ίχνος, που προκύπτει από τη θερμότητα που παράγεται από τις μηχανές (όταν πρόκειται για όχημα) και το προσωπικό, αποτελεί μια καθορισμένη απειλή. Στο χιόνι μετά από παρατήρηση μέσω ενός υπεριώδους (UV) φίλτρου παραμένει άσπρο, ενώ το συνηθισμένο άσπρο χρώμα και άλλα άσπρα υλικά που χρησιμοποιούνται για το οπτικό καμουφλάζ των αρμάτων στην συγκεκριμένη περιοχή ξεχωρίζουν σαν μαύρα μέσα από μία θερμοκάμερα παρατήρησης που εργάζεται σε συχνότητες IR. Η χειμερινή κάλυψη έχει την υψηλή UV αντανάκλαση, όπως το χιόνι, και εμφανίζεται άσπρη μέσω των UV φίλτρων. Ειδικά χρώματα Αντιθερμικής Βαφής συνδυάζουν και τις δύο ικανότητες και καταφέρνουν και στο οπτικό πεδίο και στο IR φάσμα, (εγγύς και μακρύ υπέρυθρο), να αποκρύπτουν το μέσο από τα θερμικά μέσα ανίχνευσης.

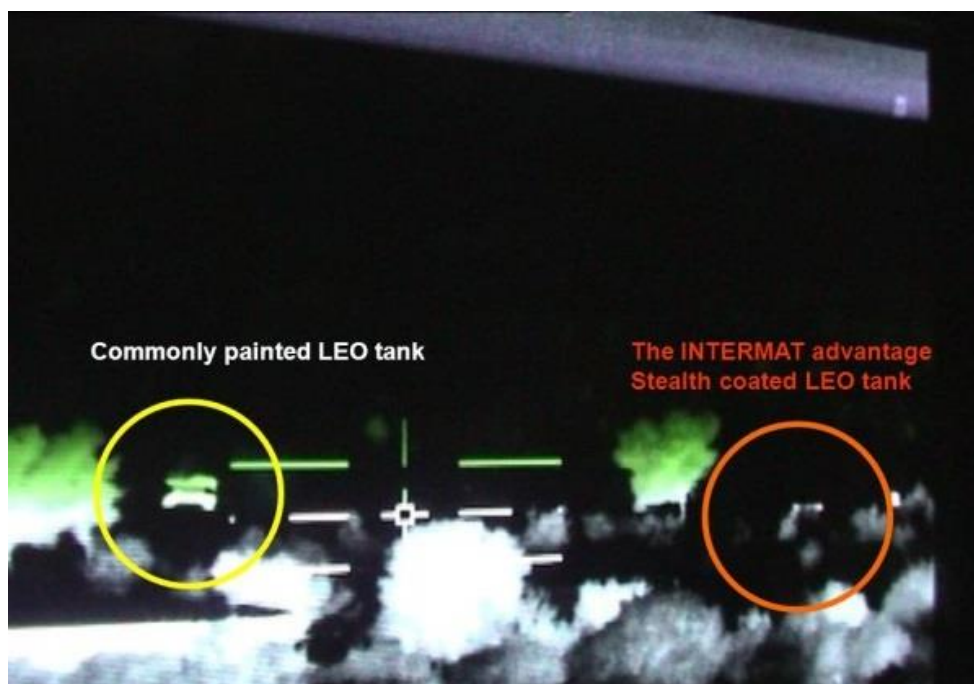
Μια από τις πιο συνήθεις τεχνικές ανίχνευσης για τον εντοπισμό παραλλαγμένων στρατιωτικών μέσων μέσα σε ένα περιβάλλον φυλλωσιάς, είναι η χρησιμοποίηση της γνωστής υπέρυθρης ή πολυφασματικής φωτογράφισης. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για την ανίχνευση κάθε διαφοράς ανάκλασης στο μέσο υπέρυθρο μεταξύ ενός αντικειμένου και του περιβάλλοντός του. Η χαμηλότερη ανάκλαση ενός κοινού χρώματος εντοπίζεται σαν μαύρο και η μεγαλύτερη ανάκλαση (πολύ ζεστές μεταλλικές επιφάνειες ή μηχανές εν λειτουργία αυξάνουν τη θερμοκρασία ολόκληρου του οχήματος) εντοπίζεται σαν άσπρο υπό την ανίχνευση ενός IR scope ή Starlight viewer (NVG) της παραπάνω φωτογραφικής μεθόδου ανίχνευσης.

Οι διάφορες, αντιυπέρυθρες και αντιθερμικές χρωματικές επικαλύψεις καμουφλάζ, μπορούν απόλυτα να ταιριάζουν με τα περιβάλλοντα, καθιστώντας αδύνατο τον εντοπισμό είτε από μικρού βεληνεκούς (sniperscope, NVGs, e.t.c.) είτε μεγάλου βεληνεκούς (δορυφόροι) συστήματα εντοπισμού και θερμικούς αισθητήρες. Οι επικαλύψεις αντιθερμικής βαφής, χάρη στη διαφορετική υπέρυθρη απόδοσή τους, προστατεύουν τα πολύτιμα μέσα και εγκαταστάσεις 365 μέρες το χρόνο, προσαρμόζοντας την απόδοσή τους στο δεδομένο

περιβάλλον της εκάστοτε εποχής, προσομοιάζοντας τις υπέρυθρες (IR) υπογραφές των επικαλυπτόμενων στόχων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται για την βαφή του μέσου που παραλλάσσεται συνδυασμός χρωμάτων που ενώ έχουν τις επιθυμητές όμοιες φυσικές χρωματικές οπτικά αποχρώσεις, παρουσιάζουν διαφορετικό δείκτη μείωσης της ανακλαστικότητας – εκπομπής της υπέρυθρης ακτινοβολίας σε ευρύ φάσμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία επί του μέσου μαύρων και λευκών (θερμικό και υπέρυθρο) κηλίδων, ανάλογου μεγέθους που η διαδικασία του thermal image processing που χρησιμοποιείται σήμερα από τα σύγχρονα μέσα εντοπισμού και παρατήρησης να απορρίπτει την λαμβανόμενη εικόνα θεωρώντας την μέρος του background. Κάτι τέτοιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στρατιωτική χρήση σε ευρύ φάσμα διαφόρων αμυντικών εφαρμογών και σκιοπών όπως παραλλαγή στρατώνων, αποθηκών, διαδρόμων, εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιών, όπλων, πυραύλων, πυρομαχικών, υπόστεγα αεροσκαφών, ραντάρ, οχήματα προσωπικού, τεθωρακισμένα, σιάφη, πλοία, δεξαμενές καυσίμων, ελικόπτερα κ.λ.π. Άλλα υλικά μπορούν να επικαλυφθούν με διάφορα επίπεδα προστασίας, όπως δίχτυα παραλλαγής, PVC (πλαστικό κάλυμμα), διάφορα υφάσματα κ.λ.π. και δύνανται να χρησιμοποιηθούν σαν επιπλέον προστατευτικό κάλυμμα. Η αντιθερμική βαφή παραλλάσει και προστατεύει κάθε πιθανό στόχο όπως, τεθωρακισμένα οχήματα μάχης, οχήματα μεταφοράς προσωπικού, κοινά στρατιωτικά οχήματα, φορητά, συστήματα ραντάρ και τηλεπικοινωνιών, ελικόπτερα, πλοία κ.λ.π τα οποία καθίστανται ουσιαστικά αόρατα από τις εχθρικές υπέρυθρες συσκευές εντοπισμού όπως, θερμοκάμερες, FLIR TV Sight, NVGS, airborne FLIRS & Targeting Systems, Combat Vehicle Thermal Targeting Systems, thermal & IR sensors σύγχρονων όπλων κ.α. που εργάζονται σε μήκη κύματος από 600nm- 14.000nm.



Άρματα μάχης Leopard, με επικάλυψη αντι θερμικής βαφής και με κοινή βαφή αντίστοιχα



Αισθητήρες: Όλες οι απειλές καθοδηγούμενων βλημάτων βασίζονται στην εκπομπή διαφόρων συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Στις απειλές περιλαμβάνονται και οι αισθητήρες όπως τα Low band radars, (ανίχνευση – παρακολούθηση στόχων), τα

Medium band radars & Lasers (τηλεμέτρηση – αποστασιομέτρηση), τα High band radars & Lasers (φωτισμό-κατάδειξη στόχων και καθοδήγηση όπλων) και τέλος οι θερμικοί ανιχνευτές (IR), που ανιχνεύουν τις εκπομπές υπέρυθρων ακτίνων και υπεριώδους ακτινοβολίας. Διάφοροι συνδυασμοί αισθητήρων μπορούν να υιοθετηθούν για να ανιχνεύσουν οποιασδήποτε από αυτές τις εκπομπές, αλλά όλα βασίζονται στην θεμελιώδη σχέση κόστους – απόδοσης. Σε κάθε περίπτωση η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι το μέγεθος της απειλής που μπορεί να ανιχνευθεί, (όγκος, θερμικό ίχνος, απόσταση) και με ποιο κόστος.

Το πρώτο στοιχείο που πρέπει να επιτευχθεί και να διαπιστωθεί είναι εάν ένας ιδιαίτερος τύπος αισθητήρων ανιχνεύει μια εκπομπή κατά τη διάρκεια της φάσης εντοπισμού του στόχου (πριν την εκτόξευση), ή καθοδήγησης (πτήση βλημάτων) ή της εμπλοκής. Ο πίνακας παρακάτω απεικονίζει και τις δύο κατηγορίες απειλών, (man-portable & platform-based) με ορισμένες παρατηρήσεις επί των χαρακτηριστικών τους<sup>4</sup>.

<b>Emission vs. Sensing Considerations</b>				
Engagement Emission	Man-portable Threat %	Platformbased Threat %	Typical Detection at max threat range	Cost Factor
Laser energy	30	>70	Yes	3
Low-Mid Band Radar	0	2	Yes	6
High-Band Radar	2	10	Yes	8
UV energy	100	100	No	8
Thermal (IR) energy	100	100	No	6

SOURCE: Avitronics

Οι σημερινές απειλές μπορούν να ομαδοποιηθούν ευρέως σε man-portable και σε platform-based. Η ποσοστιαία αναλογία της απειλής που απεικονίζεται στον ανωτέρω πίνακα, είναι μια εκτίμηση της πιθανότητας παραγωγής του ανάλογου, (ανιχνεύσιμου) χαρακτηριστικού θερμικού ίχνους από αυτές τις κατηγορίες – τύπους απειλών. Η ανίχνευση εκφράζεται ως δυνατότητα της σημερινής γενιάς αισθητήρων να εντοπίσει την εκπομπή στη

<sup>4</sup> **JED**, The JOURNAL of ELECTRONIC DEFENSE OCTOBER 02



μέγιστη απόσταση ενέργειας του όπλου, (max engagement range). Σημειώνεται εδώ ότι οι επίγειοι αισθητήρες IR έχουν κάποια μειωμένη απόδοση για ορισμένη φασματική περιοχή λόγω των εδαφικών ιδιομορφιών και άλλων περιβαντολογικών και καιρικών φαινομένων. Ο παράγοντας του κόστους (cost factor) στον προαναφερθέντα πίνακα λαμβάνεται για έναν χαρακτηριστικό τύπο που θα είναι σε θέση να ανιχνεύσει την εκπομπή, και εκφράζεται σε μια κλίμακα 1-10, όπου το 10 αναφέρεται σε μία αλάθητη συσκευή (no false targets) και υπερβολικά υψηλού κόστους και το 1 σε ένα αισθητήρα που δεν καλύπτει τις βασικές προδιαγραφές.

Στις μέρες μας τα συστήματα Laser warning αποκτούν ιδιαίτερη επιχειρησιακή αξία (τηλεμέτρηση, αποστασιομέτρηση, κατάδειξη), επειδή βασίζονται στη παρουσία εκπομπής, την ικανότητα ανίχνευσης, και το χαμηλό σχετικά κόστος. Επιπλέον, πολλά βλήματα και καθοδηγούμενα πυρομαχικά είναι εξοπλισμένα είτε με τους ημιενεργούς ανιχνευτές laser, είτε με τους αισθητήρες ακολουθίας της ακτίνας, laser beam-rider. Υπάρχουν βλήματα και καθοδηγούμενα πυρομαχικά τα οποία είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε χρησιμοποιούν ημιενεργό millimeter-wave αισθητήρα στο εμπρόσθιο μέρος του βλήματος επιτρέποντας την χρήση Illuminator, και στο πίσω μέρος αισθητήρα laser beam riding, εξασφαλίζοντας σύμφωνα με τους κατασκευαστές του μεγάλη επιχειρησιακή αξιοπιστία. Και τούτο διότι μπορεί να εκτοξευθούν δύο ταυτόχρονα, ένα με radar και ένα με laser κατάδειξη. Ο αμυνόμενος σίγουρα θα εντοπίσει με το Warner που πιθανόν διαθέτει το ένα και θα

περιοριστεί στην χρήση του παρεμβολέα αγνοώντας τον κίνδυνο που διατρέχει από το δεύτερο.

Τα αποστασιόμετρα λέιζερ σήμερα μπορούν να αγοραστούν από το ράφι (πληθώρα διαθεσίμων στην αγορά), και να ενσωματωθούν σε μια ατελείωτη ποικιλία λύσεων των συστημάτων ελέγχου πυρός. Ο



Precision Direction Sensing Laser Warning Sensor

αρχικός σκοπός του αποστασιομέτρου λείζερ είναι να καθοριστεί η απόσταση του στόχου. Αυτό φυσικά προϋποθέτει την προγενέστερη χρήση radar, ή οπτικής ή θερμική κάμερας για εντοπισμό του στόχου, (αζιμούθιο). Η διαδικασία τηλεμέτρησης απαιτεί βασικά έναν παλμό εύρους 10-15 nanosecond. Τα man-portable συστήματα υιοθετούν συντρίπτικα τις παθητικές οπτικές μεθόδους αποκάλυψης, (IR), που δεν εκπέμπουν για να ανιχνεύσουν πριν από την έναρξη της βολής. Επιπλέον, τέτοια συστήματα τείνουν να συνδυάζουν ημιαυτόματη εντολή στο εξαπολυόμενο βλήμα που καθοδηγείται από το καλώδιο είτε, όλο και περισσότερο και ακόμα πιο επικίνδυνα, με εξαπόλυση βλημάτων fire-and-forget, με ενσωματωμένα IR image sensors. Και στις δύο περιπτώσεις είναι ακόμα απαραίτητο για την απειλή να διατηρηθεί η αρχή της αρχικής ανίχνευσης- εντοπισμού και η διατήρηση στην συνέχεια του στόχου σε οπτική επαφή, (LOS). Αυτό δημιουργεί κάποιες προϋποθέσεις αντίδρασης του αμυνομένου με τακτική ή τεχνική αντίδραση. Δεδομένου δε ότι τα IR και οι UV αισθητήρες δεν είναι απαραίτητως αρκετά αξιόπιστοι να παράσχουν την επαρκή προειδοποίηση ενός παθητικού IR - ή wire-guided βλήμα, το ραντάρ είναι μια ακριβέστερη αλλά και ακριβότερη επιλογή.

Η χρήση warner για προειδοποίηση επί επερχόμενου πυρομαχικού απαιτείται για να ανιχνεύσει τις απειλές τύπου submunitions και Free gliding missiles.

Οι πιθανότερες τεχνολογίες για να αντιμετωπίσουν αυτήν την πρόκληση είναι ανίχνευση με ραντάρ, ή IR.

Σύστημα Δοιήρησης Ελέγχου και Πληροφοριών (ΣΔΕΠ): Συγκεκριμένες απειλές πλησιάζουν τα οχήματα μάχης με ταχύτητες εφάμιλλες αυτών που συναντώνται στις αερομαχίες, (έως και mach 5). Όταν εξαπολύονται από μικρές αποστάσεις, ο άνθρωπος είναι πολύ αργός για να ανταποκριθεί στην απαιτούμενη αντίδραση, (manual reaction), ετσι αυτό επιχειρείται να επιλυθεί με τα συστήματα ελέγχου πυρός τελευταίας τεχνολογίας. Στο παρελθόν ένας λογικός χρόνος πραγματοποίησης μιας βολής ήταν περίπου πέντε δευτερόλεπτα, σήμερα είναι περίπου ένα δευτερόλεπτο. Με τέτοια σύντομα διαστήματα μεταξύ της τηλεμέτρησης και της εκτέλεσης της βολής, και στην συνέχεια μεταξύ βολής και

πρόσκρισης επί του στόχου, η ανθρώπινη αντίδραση είναι αδύνατη άρα απαιτείται αυτοματοποιημένη αντίδραση.

Αυτή η προσέγγιση είναι σύνθετη και κοστίζει, αλλά δίνει τα υψηλότερα ποσοστά επιβιωσιμότητας. Κατ' επέκταση ένα αυτοματοποιημένο σύστημα πρέπει να θεωρηθεί ως η πλέον ενδεικνύμενη αμυντική ακολουθία βοηθημάτων ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτοπροστασίας με ένα κεντρικό υπολογιστή ελέγχου όλων των λειτουργιών. Ιδανικά, το σύστημα πρέπει όχι μόνο να δώσει την προστασία στο μεμονωμένο μέσο στο τεχνικό επίπεδο, αλλά πρέπει επίσης να έχει τη δυνατότητα συνεργασίας και με άλλες φίλιες μονάδες για την προστασία και αυτών από την ίδια απειλή. Οι μεταδόσεις (σε πραγματικό χρόνο) στοιχείων, όπως χρησιμοποιούνται από τα σύγχρονα συστήματα, μπορούν να επιτρέψουν αυτήν την ικανότητα. Αυτό φυσικά προσθέτει επί πλέον έργο στην πολυπλοκότητα των συστημάτων προειδοποίησης. Παραδείγματα αυτών των συστημάτων επικοινωνιών είναι το δίκτυο επικοινωνιών War fighters Network Tactical (WIN-T) που τοποθετείται από τον αμερικανικό στρατό και την Netcentric Warfare Systems, αναπτυσσόμενο και από την Saab για τις σουηδικές δυνάμεις. Με Laser, IR, και UV αισθητήρες ανεπτυγμένους μεταξύ πολλών πλατφορμών και κέντρων ελέγχου, επιτυγχάνεται επιπρόσθετο όφελος από την χρήση συστημάτων GPS, όπου με σύγκριση, ανταλλαγή στοιχείων και τριγωνισμό επιτυγχάνεται τελικά ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης της απειλής στον χώρο.

Αυτό το σύστημα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αποτρέψει την αδελφοκτονία (fratricide), εάν εφαρμόζεται σωστά. Η δικτύωση των αισθητήρων, (ακόμη και αισθητήρες



που στοχεύουν στην προστασία πλατφορμών, όπως τα warners βλημάτων και ραντάρ), για να παράσχει τα αναμενόμενα ποιοτικά στοιχεία, δρομολογείται σήμερα και μέσω αντίστοιχων συστημάτων αέρος και διαστήματος, (αφη, Ε/Π, δορυφόροι). Μερικοί στρατοί αρχίζουν να ενσωματώνουν επίσης τα προτερήματα



έμμεσης βολής μέσω στρατιωτικών επιθετικών ή αμυντικών μέσων που για τον σκοπό αυτό αναπτύσσουν και τα τροφοδοτούν με στοιχεία (situational awareness) για τα φίλια και εχθρικά μέσα, μέσω των επικοινωνιακών δικτύων. Για τα σύγχρονα ελληνικά δεδομένα και συγκεκριμένα για τον στρατό ξηράς υφίσταται το ΣΔΕΠ Ηνίοχος που είναι ένα σύστημα Command, Control, Communication and Information (C3I-System (Σύστημα διοίκησης, ελέγχου, επικοινωνίας και πληροφοριών), το οποίο υποστηρίζει το χειριστή στο Άρμα Μάχης Leopard 2 HEL σε διάφορα τακτικά επίπεδα διοίκησης. Χρησιμεύει στην απεικόνιση της κατάστασης του άρματος και χρησιμοποιείται για τον προσανατολισμό, τον ορισμό θέσης και την αναγνώριση. Το σύστημα ΗΝΙΟΧΟΣ υποστηρίζει τα παρακάτω:

- ✓ Σχεδιασμό, επιτήρηση και εκτέλεση επιχειρήσεων
- ✓ Αναγνώριση της τακτικής κατάστασης και της κατάστασης διοικητικής μέριμνας
- ✓ Αποστολή και λήψη διαταγών και μηνυμάτων κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων

Όλα τα παραπάνω συστήματα τεχνολογικά είναι εφικτά και δυνατά, αλλά απαιτείται να αποκτηθεί σύγχρονη αντίληψη της έξυπνης χρήσης της τεχνολογίας από όλα τα κλιμάκια διοίκησης ώστε να επηρεαστεί η υφιστάμενη δογματική σκέψη και να στραφεί στο επιχειρησιακό και τακτικό όφελος.



**Αντίμετρο:** Το κυριότερο αντίμετρο σήμερα (κατά βάση χρησιμοποιούν τα οχήματα και άρματα μάχης) είναι ο καπνός. Η βασική αρχή πίσω από τη χρησιμοποίηση του καπνού είναι η απαγόρευση του εγκλωβισμού. Ο κανονικός (Obscurant) καπνός παρεμποδίζει την οπτική παρακολούθηση

διακόπτοντας το LOS, αλλά δεν εμποδίζει τα IR imagers. Κατά συνέπεια συνίσταται η χρήση πολυφασματικών καπνών. Γενικότερα είναι ένα πολύ απλό αλλά πολύ αποτελεσματικό

αντίμετρο εάν συνδυάζεται με ταχεία κίνηση. Ως μειονέκτημα λογίζεται το γεγονός ότι επιφέρει τα ίδια τακτικά μειονεκτήματα και προς τις φίλιες θέσεις και δυνάμεις αυξάνοντας την πιθανότητα αδελφοκτονίας σε περίπτωση εξελισσόμενης επιχείρησης στον ίδιο χώρο. Ταυτόχρονα είναι ευαίσθητος στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Απαιτείται η εκτόξευση τουλάχιστον τεσσάρων βομβίδων για δημιουργία επαρκούς προπετάσματος καπνού. Η απειλή προσπαθεί να εγκλωβίσει τον στόχο μέσα από μία πολύ στενή γωνιακά δέσμη, ενώ ο αμυνόμενος προσπαθεί να της το απαγορεύσει εξαπολύοντας συγκεκριμένο αριθμό καπνογόνων. Το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να εφαρμόζει έξυπνα και με μέτρο τα ενιαία αντίμετρα, συμπεριλαμβανομένου του καπνού, λαμβάνοντας υπόψη την δυναμική της τεχνικής του εγκλωβισμού και φυσικά τα στοιχεία του ανέμου.

Τα εκτοξευόμενα από αεροσιράφη και Ε/Π βλήματα τύπου ATGMs είναι ειδικού ενδιαφέροντος σαν απειλές διότι χρησιμοποιούν για καθοδήγηση χιλιοστομετρικό radar, (π.χ. BRIMSTONE, LongBow HELLFIRE). Αυτού του είδους οι απειλές μπορεί να αντιμετωπισθούν με πολύ συγκεκριμένα είδη CHAFF αλλά με μεγάλο κόστος. Οι χρησιμοποιούμενες για τα CHAFF ύλες πρέπει να έχουν συγκεκριμένη διάσταση που να ανταποκρίνεται ( $L/2$ ) στην συχνότητα λειτουργίας των (από 30-60 GHz), γεγονός που λόγω μικρού μεγέθους αποτελεί επίσης κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Μια προσφιλέστερη λύση για να αντιμετωπισθεί η millimeter-wave και η IR απειλή είναι η χρησιμοποίηση των ενεργών δολωμάτων ή των συστημάτων καταστροφής των πυρομαχικών που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

#### 11.4 Συμπεράσματα

Όλα όσα προαναφέρθηκαν σχετικά με τις τεχνολογικές εφαρμογές στην εκτεταμένη άμυνα και ειδικότερα σε αυτές που δύνανται να εφαρμοσθούν στα πλαίσια της παθητικής άμυνας έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά. Είναι σχετικά απλές και οικονομικές εφαρμογές που εξαρτούν την επιτυχία τους από την πλήρη και εξειδικευμένη γνώση της τεχνοτροπίας της απειλής που καλούνται να αντιμετωπίσουν, μέσα από την απόκρυψη, την παραλλαγή ή την παραπλάνηση. Η εκμετάλλευση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σίγουρα

επιφέρει θεαματικά αποτελέσματα στην διεξαγωγή των επιθετικών και αμυντικών επιχειρήσεων, δηλαδή της ενεργητικής άμυνας με την ευρύτερη σημασία. Η πρόκληση όμως της εποχής μας περιστρέφεται γύρω από την εκμετάλλευση αυτής της τεχνολογικής γνώσης, σε συνδυασμό με την γνώση της οπτικής, της φυσικής, των μαθηματικών και φυσικά της πνευματικής πρωτοτυπίας, που καλείται τόσο στο επιστημονικό όσο και στο επιχειρησιακό επίπεδο να εφαρμόσει πρότυπες μεθόδους παθητικής άμυνας.

Ο ρόλος της εγχώριας αμυντικής και όχι μόνο βιομηχανίας είναι καθοριστικός για την ανάπτυξη, σε ρεαλιστική βάση και έξω από το εργαστήριο, αυτών των μεθόδων. Η σπουδή, σε ποσοστιαία βάση των σύγχρονων οπλικών συστημάτων προσδιορίζει και την ιεράρχηση των τομέων που εφαρμόζονται σήμερα οι αμυντικές προηγμένες τεχνολογίες. Επιλεκτικά και για τους σκοπούς της παθητικής άμυνας, η σειρά σπουδαιότητας είναι: EO sensors, IR sensors, Radar sensors, και τέλος GPS – INS τα οποία όμως δεν σχετίζονται με τα πεδία εφαρμογής της παθητικής άμυνας. Επομένως η υιοθέτηση τεχνολογίας antithermal, antiIR, και ηλεκτρονικής απόκρυψης, παραλλαγής και παραπλάνησης στα πλαίσια της σχεδίασης και ανάπτυξης παθητικής άμυνας είναι τα αντικείμενα που για μεν την στρατιωτική πλευρά αποτελούν πραγματικούς πολλαπλασιαστές ισχύος, για δε την αμυντική βιομηχανία τεχνολογικές και οικονομικές προκλήσεις. Συμπερασματικά δηλαδή θα πρέπει να υιοθετηθούν ιεραρχικά (σε σχέση με την ποσοστιαία αναλογία του είδους των απειλών, όπως τεχνολογικά αυτές κατατάσσονται), τομείς ανάπτυξης. Ανάπτυξης κατά πρώτον μεθόδων και εφαρμογών που θα εστιάζουν στο EO και IR καμουφλάζ, (αφού αυτά αποτελούν το 68% περίπου των οπλικών συστημάτων του σημερινού διατιθέμενου και χρησιμοποιούμενου διεθνούς οπλοστασίου), και την απόκρυψη των στρατιωτικών στόχων. Κατά δεύτερον ανάπτυξης μεθόδων και εφαρμογών που θα εστιάζουν στην ηλεκτρονική απόκρυψη με αντικειμενικό σκοπό την μείωση του RCS των στρατιωτικών στόχων στις περιοχές λειτουργίας των weapon sensors (κυρίως χιλιοστομετρικών radars που εργάζονται πάνω από 30GHz, και δευτερευόντως σε radar οπλικών συστημάτων και SAR που εργάζονται στα 8-12 GHz).

Τέλος θα πρέπει να αναπτυχθεί δυνατότητα εγχώριας βιομηχανίας κατασκευής ποικιλίας ψευδών στόχων που θα έχουν φυσικά χαρακτηριστικά, (θερμική και radar υπογραφή που θα προσομοιάζει των πραγματικών μέσων που αναπαριστούν.).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12°

### Προτεινόμενο Ολοκληρωμένο Σύστημα Αυτοπροστασίας

Το προτεινόμενο σύστημα θα αποκαλύπτει όλες τις σύγχρονες απειλές αέρος και επιφανείας, θα εντοπίζει την διεύθυνση προσβολής, την θέση και τον τύπο της και θα προειδοποιεί με ακρίβεια, ταχύτητα και με ελάχιστη false alarm probability το προσωπικό. Επίσης θα δύναται να συνεργαστεί με αντίστοιχο σύστημα αυτοπροστασίας ή άλλο υποσύστημα του οπλικού συστήματος στο οποίο θα είναι τοποθετημένο με σκοπό την αύξηση της επιβιωσιμότητας και της επιχειρησιακής ικανότητας του μέσου που θα το φέρει. Γενικός σκοπός αυτής της πρότασης είναι να περιγραφεί η γενική εικόνα κατασκευής ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτοπροστασίας επίγειου μέσου ή κρίσιμης στρατιωτικής εγκατάστασης, που θα αυξάνει την επιβιωσιμότητα με την χρήση των πλέον σύγχρονων μεθόδων και τεχνολογιών.

Για την σχεδίαση αυτού του συστήματος ελήφθησαν υπόψη όλα τα υπάρχοντα σήμερα συστήματα οπτικού εντοπισμού στόχων και καθοδήγησης όπλων με ακτινοβολία LASER. Επίσης δίνεται η ευκαιρία επέκτασης των δυνατοτήτων του προτεινόμενου συστήματος με την ενσωμάτωση ανάλογων υποσυστημάτων όπως ανιχνευτή χημικών όπλων, επικοινωνιών laser, κλπ. Επισημαίνεται ότι η σύγχρονη σχεδίαση του προτεινόμενου συστήματος ψηφιακής τεχνολογίας δίδει την δυνατότητα ενσωμάτωσης μεγάλων δυνατοτήτων, προγραμματισμού των απειλών που ενδιαφέρουν τον χρήστη για την συγκεκριμένη κατάσταση ή αποστολή, ή εκπαιδευτικής χρήσης (threat simulation) σε συνεργασία με εξωτερική συσκευή εξομοίωσης απειλών, ή αυτόνομα με την εφαρμογή ειδικού training mode.

Για τους ανωτέρω λόγους εκτιμάται ότι η ανάπτυξη και κατασκευή του προτεινόμενου συστήματος με τις συγκεκριμένες τεχνικές και επιχειρησιακές δυνατότητες θα είναι σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80% κοινό για τα τρία όπλα. Ελάχιστες τροποποιήσεις κυρίως στον αριθμό και την κάλυψη των sensors – δειτών από πλευράς HW με περιορισμένες τροποποιήσεις του SW θα είναι ικανές να ικανοποιήσουν όλες τις απαιτήσεις των κλάδων.

### 12.1 Αρχές Λειτουργίας

Το περιβάλλον για τις χερσαίες εχθροπραξίες είναι σημαντικά διαφορετικό από αυτό του παραδοσιακού συστήματος ηλεκτρονικού πολέμου στις αερομεταφερόμενες ή ναυτικές πλατφόρμες. Οι παράγοντες που το επηρεάζουν όπως η βλάστηση, η λάσπη, βαθιά περάσματα, εδαφικές εξάρσεις είναι μερικοί από αυτούς που επηρεάζουν την εξέλιξη των επίγειων επιχειρήσεων. Επομένως απαιτείται ένα σύστημα που θα διευκρινίζει και απομονώνει τις εχθρικές εκπομπές και λοιπές ομοιότυπες συνιστώσες που συνθέτουν ένα σύγχρονο πεδίο μάχης.

Οποιοδήποτε προστατευόμενο μέσο, θα χρειαστεί τις συγκεκριμένες λειτουργικές δομικές ικανότητες προκειμένου να είναι αποδοτικό. Αυτές οι λειτουργίες είναι:

- Διαχείριση κάλυψης και υπογραφών
- Αντίληψη
- Υπολογιστική δύναμη πυρός, διαχείριση στοιχείων και εξωτερικές επικοινωνίες
- Αντίμετρα

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει σε σύνολο την τεχνολογία των επιθετικών οπλικών συστημάτων και των αντίστοιχων αντιμέτρων που θα πρέπει να εφαρμοστούν

<i>Κατηγορίες</i>	<i>Χρήση</i>	<i>Αντίμετρα</i>
<i>IR &amp; IIR &amp; Laser</i>	Anti - Tank or Heavy Armoured Surfaces	Flares Ειδικά Υλικά Κατασκευής
	General Use	Παραπλάνηση Βλήματος με αυτοσχέδια Δολώματα
		Καπνός
		Θερμική Απόκρυψη
		Καταστροφή Κυκλωμάτων Βλήματος με Εικπομπή Ισχυρού ΗΜ Παλμού
		Ψεκασμός χώρου με ύδωρ
		Chaff
		Παρεμβολέας Συχνοτήτων του Βλήματος

*RADAR*

SEAD

Παραλλαγή του Π.Μ. στο  
ΠεριβάλλονΚαταστροφή Κυκλωμάτων  
Βλήματος με Εκπομπή  
Ισχυρού ΗΜ Παλμού

Αύξηση/Μείωση RCS

*EO*Anti - Tank or  
Heavy  
Armoured  
SurfacesΠαραλλαγή του Π.Μ. στο  
ΠεριβάλλονΠαρεμβολέας Συχνοτήτων  
του ΒλήματοςΚαταστροφή Κυκλωμάτων  
Βλήματος με Εκπομπή  
Ισχυρού ΗΜ Παλμού*Unguided*Airfield  
Usage

Ahead βλήμα



## 12.2 Αναλυτική Περιγραφή

- Το σύστημα αυτοπροστασίας θα πρέπει να είναι 100% αποτελεσματικό για τουλάχιστον δύο ταυτόχρονα βλήματα 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> γενεάς και όσο το δυνατό καλύτερη για δύο ταυτόχρονα βλήματα 3<sup>ης</sup> και 4<sup>ης</sup> γενεάς. Στα βλήματα 3<sup>ης</sup> και 4<sup>ης</sup> γενεάς όπου γίνεται χρήση και ενός εφεδρικού συστήματος καθοδήγησης (συνήθως INS), η εφαρμογή ενεργών αντιμέτρων είναι λιγότερο αποτελεσματική, πλην της περίπτωσης H/M παλμού κατευθυνόμενης ισχύος. Επιπλέον, στην περίπτωση που το σημείο εκτόξευσης του βλήματος είναι πολύ κοντά στον στόχο και με δεδομένο την υψηλή ταχύτητα του βλήματος, υπάρχει ελάχιστος χρόνος αντίδρασης για την ενεργοποίηση του συστήματος αντιμέτρων. Για τους παραπάνω λόγους προτείνεται και η χρήση παθητικών αντιμέτρων σε συνδυασμό με ορισμένα ενεργά αντίμετρα, όπως αυτό του H/M παλμού.
- Τα παθητικά αντίμετρα θα περιλαμβάνουν κυρίως την χρήση ρεαλιστικών ομοιωμάτων κατάλληλης κατασκευής ώστε να παρουσιάζουν στο σύστημα καθοδήγησης των βλημάτων το ίδιο οπτικό, υπέρυθρο, ηλεκτρομαγνητικό ίχνος με αυτό των πραγματικών στόχων.
- Η κατασκευή των ομοιωμάτων θα είναι ίδιου φυσικού μεγέθους με τους πραγματικούς στόχους, θα διαθέτουν τον ίδιο χρωματισμό και βαφή και επίσης θα διαθέτουν εσωτερική πηγή θερμότητας. Η φασματική υπογραφή της θερμικής ακτινοβολίας της πηγής θα πρέπει να είναι όμοια με αυτή του πραγματικού συστήματος (στόχου). Η εξασφάλιση ομοίου ηλεκτρομαγνητικού ίχνους θα επιτυγχάνεται με την κατασκευή του ομοιώματος από επιμεταλλωμένα πλαστικά.
- Προτείνεται επίσης η χρήση ενός συστήματος ενεργών αντιμέτρων για την καθοδήγηση βλημάτων με GPS. Αυτό θα αποτελείται από έναν πομπό ικανής ισχύος εκπομπής θορύβου.
- Για την προστασία πραγματικού συστήματος radar από βλήματα, προτείνεται η χρήση ομοιώματος το οποίου θα φέρει κατάλληλη πηγή RF. Με αυτό το τρόπο το ομοίωμα θα εμφανίζει προς το βλήμα εκπομπή πραγματικού radar.

- Για την προστασία κινούμενων στόχων από βλήματα 3ης και 4ης γενεάς προτείνεται η χρήση «έξυπνων» DECOYS.
- Για την προστασία κινούμενων στόχων από βλήματα 1ης και 2ης γενεάς θα χρησιμοποιηθεί ενεργό σύστημα αντιμέτρων IR με δυνατότητες DAZZLING και DECEPTION. Επίσης δύναται να υπάρχει και σύστημα παραγωγής ομίχλης (FOGGING SYSTEM). Το σύστημα αυτοπροστασίας θα υποστηρίζεται από παθητικούς δέκτες LASER και UV, με την βοήθεια των οποίων θα γίνεται η ταυτοποίηση των βλημάτων.
- Τέλος για την προστασία στόχου φωτιζόμενου από ακτίνα laser προτείνεται η χρήση ενός repeater laser τοποθετημένου επί του στόχου. Το repeater θα διαθέτει κεφαλή ανίχνευσης με κάλυψη 360° κατά διεύθυνση και 90° καθ' ύψος. Το τμήμα της εκπομπής θα αποτελείται από ένα laser το οποίο θα σκοπεύει ένα σημείο του εδάφους με καλή ανακλαστικότητα και σε απόσταση ασφαλείας από τον στόχο. Το μήκος κύματος του laser του συστήματος αντιμέτρων θα είναι ίδιο με το μήκος κύματος από το laser designator του στόχου και ικανής ισχύος ώστε να προκαλεί την εκτροπή του βλήματος.

## Βιβλιογραφία

J.F.C. FULLER , «Η ΙΔΙΟΦΥΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑ, 2005

Β. ΓΚΑΒΟΥΡΟΦ – Δ. ΤΣΙΜΠΟΥΚΙΔΗΣ, «ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Ο ΜΑΚΕΔΩΝ ΚΑΙ Η ΑΝΑΤΟΛΗ», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΔΗΜΑ, 2003

Κούντος Κούρτιος Ρούφος, *Historiae Alexandri Magni*.

Πλούταρχος «Βίοι: Βίος Αλεξάνδρου» και *The Life of Alexander the Great*

Αρριανός, «Ανάβασις».

Ιουνιανός Ιουστίνος, *Historiarum Philippicarum libri XLIV*.

Διόδωρος Σικελιώτης, *Bibliotheca Historica*

Η τέχνη του πολέμου Σουν Τσου, ΠΛΑΤΙΑΣ Γ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Mahulikar, S.P., Sonawane, H.R., & Rao, G.A.: (2007) "Infrared signature studies of aerospace vehicles", *Progress in Aerospace Sciences*, v. 43(7–8): 218–245.

Rao, G.A., & Mahulikar, S.P.: (2002) "Integrated review of stealth technology and its role in airpower", *Aeronautical Journal*, v. 106(1066): 629–641.

Myhra, David (July 2009). "Northrop Tests Hitler's 'Stealth' Fighter". *Aviation History*. 19 (6): 11.

Jump up to: a b c John Pike (21 January 2008). "Global Security.org F-22". *Globalsecurity.org*. Retrieved 16 December 2010.

John Pike (26 October 2001). "Global Security.org F-35". *Globalsecurity.org*. Retrieved 16 December 2010.

Jump up ^ "Raptor ... or Turkey?". *Defensetech.org*. 14 August 2006. Retrieved 16 December 2010.

Jump up ^ Weiner, Tim (23 August 1997). "The \$2 Billion Stealth Bomber Can't Go Out in the Rain". *The New York Times*. Retrieved 18 December 2007.

David Pugliese (2009-12-14). "CANADIAN ARMY ERYX MISSILE SYSTEM BEING CANNIBALIZED TO KEEP IT GOING UNTIL 2016". Ottawa Citizen. Retrieved 2009-12-14.

Jump up "ENHANCED ERYX REGISTERS 100% SUCCESS RATE" (Press release). MBDA. 2009-11-16.

Jump up to: a b c Nicholas, Nick (Fall 1985). "AEROSPATIALE'S ACCP BRIDGES THE GAP". Combat Weapons. Omega Group Ltd.: 53. ISSN 1052-5076.

"SPOT - Looking Down on Earth". CNES. Retrieved 19 August 2013.

"Pleiades eoPortal Directory". eoPortal. Retrieved 2015-06-04.

"Israel's ImageSat Sheds Some Legal Baggage". Retrieved 2011-02-10.

Digitalglobe: QuickBird Archived May 17, 2008, at the Wayback Machine.

Mecham, Michael (3 May 1999). "Faulty Athena Shroud Ruins Ikonos 1 Launch". Aviation Week & Space Technology. Retrieved 3 December 2016.

Harland, David M.; Lorenz, Ralph D. (2006) [2005]. Space Systems Failures: Disasters and Rescues of Satellites, Rocket and Space Probes. Springer Science+Business Media.

"Fact Sheet - LITENING II". 24 June 2003. Archived from the original on 24 June 2003.

Εγχειρίδιο χρήστη Του Συστήματος Διοίκησης και Ελέγχου ΗΝΙΟΧΟΣ Του Άρματος Μάχης Leopard 2 HEL BL 8556 T 024 BAH Ημερομηνία: 2007-02-20 Αναθεώρηση: C

Περιοδικά “Στρατηγική”, “Πτήση”, “Άμυνα και Διπλωματία”, “Αμυντικά Θέματα”

Εφημερίδες “Εξουσία”, “Επενδυτής”, “Καθημερινή”

Stratakos, G. Geroulis, and N. Uzunoglu, (2005) Analysis on Glint Phenomenon in a mono-pulse Radar in the Presence of Skin Echo and Non Ideal Interferometer Echo Signals . PIER, JEMW Vol. x,y-z,2005

D. Clement, J. Preissner and V. Stein, “Special Problems in Applying the Physical Optics Method for Back-scattered Computations of Complicated Objects, IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 36, no. 2, Feb. 1988, pp. 228-237.

W. B. Gordon, “High Frequency Approximation to the Physical Optics Scattering Integral”, IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 42, no. 3, March 1994, pp. 427-432.

### Ιστότοποι

<http://www.eaete.gr/2013/04/25/Παναγιώτης Μαυρόπουλος>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>

<http://www.radartutorial.eu>

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

[http://www.irconnect.com/noc/press/pages/news\\_releases.html?d=187249](http://www.irconnect.com/noc/press/pages/news_releases.html?d=187249)

<http://www.army-technology.com/contractors/camouflage/intermat/>

<http://www.defensereview.com/intermat-anti-thermalir-camo-tech-for-infantry-and-special-operations-forces/>

[https://www.drdo.gov.in/drdo/English/index.jsp?pg=laser\\_warning.jsp](https://www.drdo.gov.in/drdo/English/index.jsp?pg=laser_warning.jsp)

<http://www.defence-point.gr/news>

<http://www.globemaster.de/c-17/flare.html>

<http://www.flir.com/about/display/?id=41536>

[https://www.britannica.com/print/article/635967\\_13/13](https://www.britannica.com/print/article/635967_13/13)

<https://www.axis.com/us/en/products/thermal-cameras>

<http://strategy-cy.com/ccss/index.php/el/surveys-gr/item/233-oi-stratitikes-dynameis-ellidas-tourkias-2014-the-military-forces-of-greece-turkey-and-cyprus>

<http://www.hri.org/MPA/armsrace/army.html>

<http://www.ellinikos-stratos.com/stratos/>

[Globalfirepower.com](http://Globalfirepower.com)

[CIA.gov](http://CIA.gov)

[Greek.enacademic.com](http://Greek.enacademic.com)

<https://www.army.mil/article/12998/installation-supports-war-on-terrorism-picatinny-technology-combats-heat-seeking-missiles>