

Ένταξη Συστήματος InfraRed Search & Track (IRST)

Στα Συστήματα Επικείμενης Αναβάθμισης Αεροσκαφών F – 16

Εισαγωγή

Η Υπέρουθη ακτινοβολία (IR) είναι αόρατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, με μεγαλύτερα μήκη κύματος από το κόκκινο φως. Κάθε αντικείμενο με μια θερμοκρασία άνω του απόλυτου μηδέν εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, κυρίως στη ζώνη της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Επομένως, ένα αεροσκάφος ή ένα βλήμα παρουσιάζει μια σύνθετη θερμική υπογραφή, που προέρχονται μεταξύ άλλων από τα ακόλουθα στοιχεία:

- «Ζεστά μέρη» του κινητήρα (πρυμναίο τουρμπίνας, κέντρο μηχανής, το σώμα και τα πλευρικά τοιχώματα εσωτερικού ακροφυσίου).
- Καυσαέρια του κινητήρα (εκπομπές από την καύση, κυρίως CO₂ και οι υδρατμοί).
- Σκελετός, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις εξωτερικές επιφάνειες των φτερών, άτρακτος, κουβούκλιο, κ.λπ., καθώς και ηλιακές και επίγειες αντανάκλασεις και κύματα Mach σοκ (αεροδυναμική θέρμανση).

Ως εκ τούτου, κάθε όχημα που πετάει στον αέρα εκπέμπει αναπόφευκτα θερμική ενέργεια, η οποία μπορεί να ανιχνευθεί στο περιβάλλον κρούς αέρα. Η πιο συνηθισμένη συσκευή που εκμεταλλεύονται αυτή τη δυνατότητα εναντίον ενός εναέριου στόχου είναι το βλήμα αναζήτησης θερμότητας (heat-seeking), το οποίο έχει ιστορία περισσότερο από μισό αιώνα. Εκτός από IR homing, τα συστήματα Infrared Search & Track (IRST) έχουν χρησιμοποιηθεί από τα τέλη της δεκαετίας του '50 για σκοπούς ανίχνευσης και στόχευσης, στον εναέριο τομέα. Όντας παθητικοί αισθητήρες, τα συστήματα IRST παρέχουν σοβαρά πλεονεκτήματα, δεδομένου ότι αυτά δεν προειδοποιούν τον αντίπαλο. Επιπλέον, δεν μπορούν να παρεμβληθούν τόσο εύκολα όσο το ραντάρ. Προσφέρουν επίσης πολύ καλύτερα γωνιακή ανάλυση σε σχέση με το ραντάρ, αλλά δεν μπορούν να μετρούν άμεσα απόσταση.

Στο σύγχρονο πόλεμο Αέρα - Θάλασσας - Ξηράς, εκτός από τα μαχητικά αεροσκάφη, η τεχνολογία IRST εμπλέκεται και σε θαλάσσια συστήματα αεράμυνας, καθώς και σε άρματα μάχης APS (Συστήματα Ενεργούς Προστασίας). Με την ανάπτυξη της σύντηξης δεδομένων σε σύγχρονα συστήματα μάχης, μπορούν να επιτευχθούν σημαντικές βελτιώσεις της αποτελεσματικότητας με το συνδυασμό, σύνδεση και συσχέτισης των δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες και πηγές, όπως το Ραντάρ και το σύστημα IRST (απόσταση – γωνιακή ακρίβεια).

Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα IR είναι πιο ευαίσθητα από ραντάρ σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Στην πραγματικότητα, ένα μεγάλο μέρος της Υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφάται από υδρατμούς, CO₂, το μεθάνιο και το όζον, αφήνοντας μόνο δύο «windows» (the sub-bands των 3-5 και 8-12 microns) επιτρέποντας την φθίνουσα διάδοση.

Τα Αεροσκάφη stealth, εκτός από τους μείωση της διατομής ραντάρ (RCS), απασχολούν τεχνικές για να μειωθεί επίσης και η IR υπογραφή τους. Παρά όλες τις προσπάθειες αυτές, είναι απλά αδύνατο να κάνεις μια τέτοια πηγή θερμότητας, από ένα γρήγορα ιπτάμενο αεροσκάφος, να εξαφανισθεί. Επομένως, τα συστήματαIRST φαίνεται να είναι μια βιώσιμη anti-stealth προσέγγιση.

Στην παρούσα πρόταση, παρουσιάζονται και εξετάζονται η ακτινοβολία IR και οι Αεροπορικές Εφαρμογές της, τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί των συστημάτωνIRST, η αξιοποίηση των συστημάτων στο παρελθόν, παρόν και μέλλον, καθώς επίσης εισήγηση για υποβολή πρότασης από το ΔΣ ΣΑΣΙ προς την Ηγεσία της ΠΑ – ΥΠΕΘΑ – ΓΔΑΕΕ, για ενσωμάτωση συστήματοςIRST, στη διαμόρφωση της επικείμενης αναβάθμισης των F – 16.

Ακτινοβολία IR και Αεροπορικές Εφαρμογές

Κάθε σώμα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπει θερμική ακτινοβολία. Για σώματα σε συνήθεις θερμοκρασίες, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία βρίσκεται κατά κύριο λόγο στην μπάντα της υπέρυθρης ακτινοβολίας ή IR (InfraRed), η οποία βρίσκεται πάνω από τα ραδιοκύματα και κάτω από το οπτικό φάσμα (υπέρυθρο: “υπό το ερυθρό”). Η ακτινοβολία IR έχει πολλές χρήσεις, όπως νυχτερινή όραση, παρακολούθηση στόχου, θερμογραφία, θέρμανση, τηλεπικοινωνίες, φωτογραφία, φασματοσκοπία, μετεωρολογία, αστρονομία κλπ.

Επικεντρώνοντας στις στρατιωτικές χρήσεις και ιδίως αυτές που αφορούν στην αεροπορία, αναφέρονται οι ακόλουθες:

α. Οι πύραυλοι καθοδήγησης IR, εφαρμογή η οποία είναι και η παλαιότερη (π.χ., ο γνωστός πύραυλος IR AIM-9 Sidewinder βρίσκεται σε υπηρεσία πάνω από 60 έτη). Η κεφαλή των πυραύλων αυτών προσπαθεί να δει και να παρακολουθήσει τα θερμά τμήματα του Α/Φ – στόχου, τα οποία προκαλούνται είτε λόγω θερμότητας της καύσης (κινητήρας, καυσαέρια), είτε λόγω αεροδυναμικής τριβής (κώνος ραντάρ, χείλη προσβολής πτερύγων και αεραγωγών κλπ). Επίσης, το Α/Φ αντανακλά ακτινοβολία IR του ήλιου αλλά και της γης. Οι σύγχρονοι πύραυλοι βασίζονται πλέον σε τεχνολογία Imaging IR (IIR), όπου ο αισθητήρας αντιλαμβάνεται μία πληρέστερη εικόνα του στόχου, με αποτέλεσμα την καλύτερη παρακολούθησή του.

β. Η οικογένεια FLIR (Forward Looking InfraRed), συστήματα τα οποία μπορούν να δουν μέρα και νύχτα, σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τους αντίστοιχους αισθητήρες TV, που εκμεταλλεύονται το οπτικό φάσμα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για απεικόνιση του περιβάλλοντος τη νύχτα, για αναζήτηση ανθρώπων (π.χ., σε Ε/Π Super Puma για σκοπούς έρευνας – διάσωσης), καθώς και για στοχοποίηση (όπως στο σύστημα LANTIRN των Α/Φ

F-16), ενώ έχουν επίσης ιστορία πάνω από μισό αιώνα.

γ. Τα συστήματα έρευνας και ιχνηλάτησης που λειτουργούν στην μπάντα IR (InfraRed Search & Track – IRST). Υποκαθιστούν το ραντάρ, παρέχοντας “σιωπηλή” ανίχνευση στόχων, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί Συστημάτων IRST

Τα συστήματα IRST, στη σύγχρονη μορφή τους, διαθέτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Επιτρέπουν αποκάλυψη Α/Φ (με ξηρή ώση) σε αποστάσεις της τάξης των **90 χλμ (49 ν.μ.)** όταν ο στόχος φαίνεται από πίσω και σε **50 χλμ (27 ν.μ.)** για θέαση από εμπρός, σύμφωνα με τιμές που έχουν ανακοινώσει ορισμένες κατασκευάστριες εταιρείες. Φυσικά, εάν ένα Α/Φ κάνει χρήση μετάκαυσης (ΑΒ), οι αντίστοιχες αποστάσεις αποκάλυψης αυξάνουν σημαντικά.
- Έχουν παθητική λειτουργία (**δεν εκπέμπουν**) και έτσι δεν αποκαλύπτεται το φέρον Α/Φ. Με άλλα λόγια, ένα Α/Φ με IRST, μπορεί να πλησιάσει σιωπηλά (χωρίς χρήση του ραντάρ του), με τη βοήθεια του Συστήματος Αεροπορικού Ελέγχου (ΣΑΕ), και να φέρει ένα άλλο Α/Φ σε παραμέτρους βολής, χωρίς το Α/Φ – στόχος να έχει αντιληφθεί το παραμικρό με το σύστημα αυτοπροστασίας του.
- Παρέχουν **μεγαλύτερη ακρίβεια ως προς την κατεύθυνση**, σε σχέση με τα ραντάρ των Α/Φ.
- **Δεν παρεμβάλλονται**, τουλάχιστον τόσο εύκολα όσο τα ραντάρ.

Όσον αφορά στους περιορισμούς τους, τα συστήματα IRST δεν μπορούν από μόνα τους να παράσχουν ακριβή εκτίμηση της απόστασης του στόχου και ως εκ τούτου να επιλύσουν επακριβώς την εξίσωση βολής (χωρίς αυτό να απαγορεύει την εξαπόλυση πυραύλου προς την κατεύθυνση του στόχου). Για το λόγο αυτό, συχνά συνδυάζονται με συστήματα Laser, τα οποία επιτρέπουν την μέτρηση της απόστασης. Όμως, αυτό αφ' ενός μεν γίνεται σε πολύ μικρότερες αποστάσεις (της τάξης των 10 ν.μ.), αφ' ετέρου δε, μπορεί να προδώσει το φέρον Α/Φ, καθώς ένα Α/Φ – στόχος εξοπλισμένο με κατάλληλους αισθητήρες (Laser Alert Detector) είναι σε θέση να αντιληφθεί ότι φωτίζεται από Laser. Για το λόγο αυτό, αντί του Laser, το Α/Φ μπορεί να χρησιμοποιήσει την απόσταση που υπολογίζεται από το ΣΑΕ, δεδομένο το οποίο σε ένα δικτυοκεντρικό περιβάλλον θα μπορούσε να παρέχεται αυτόματα.

Ο σοβαρότερος όμως περιορισμός των συστημάτων IRST είναι η εξάρτηση της αποκάλυψης από τις καιρικές συνθήκες. Έτσι, αν και οι προαναφερθείσες επιδόσεις (οι οποίες εκτιμάται ότι επιτυγχάνονται σε “καλό” καιρό) μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς, αυτές μειώνονται όσο αυξάνεται η υγρασία, ενώ σε βροχερό καιρό μειώνονται έως και κάτω από 50%. Αντιθέτως, βελτιώνονται εάν η ατμόσφαιρα είναι πολύ ξηρή.

Όσον αφορά τα Α/Φ stealth, παρότι έχουν καταβληθεί προσπάθειες μείωσης των εκπομπών τους και στο φάσμα IR, εκτιμάται ότι **το IRST στις**

περισσότερες περιπτώσεις παρέχει μεγαλύτερη απόσταση αποκάλυψης σε σχέση με το ραντάρ του Α/Φ. Ειδικότερα το F-35, με σκοπό τη μείωση του ίχνους IR, διαθέτει κινητήρα turbofan με αυξημένο λόγο παράκαμψης (bypass ratio), πράγμα το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη δευτερεύουσα ροή σχετικά ψυχρού αέρα και χαμηλότερη θερμοκρασία καυσαερίων. Επιπρόσθετα, ορισμένα τμήματά του ψύχονται με τη βοήθεια του καυσίμου, το οποίο απορροφά ορισμένες ποσότητες θερμότητας. Όμως, ο κινητήρας του F-35 εμφανίζει την υψηλότερη θερμοκρασία θαλάμου καύσης (άνω των 2200°C), ενώ έχουν υπάρξει αναφορές ότι τα υλικά που χρησιμοποιεί για απορρόφηση της ακτινοβολίας (RAM) μάλλον αυξάνουν την εκπομπή στο φάσμα IR. Ως εκ τούτου, το Α/Φ F-35 (όπως και κάθε Α/Φ) αποτελεί μία σημαντική πηγή θερμότητας σε σχέση με το ψυχρό υπόβαθρο του ουρανού.

Επομένως, παρά τις προσπάθειες για το αντίθετο, εκτιμάται ότι τα συστήματα IRST έχουν την δυνατότητα να εμπλέξουν το Α/Φ F-35 σε επιχειρησιακά χρήσιμες αποστάσεις, δεδομένου ότι και η ωφέλιμη εμβέλεια του πυραύλου AMRAAM AIM-120C-7 κυμαίνεται σε ανάλογα επίπεδα. Σε κάθε περίπτωση, όσον αφορά στο F-35, εάν ο καιρός είναι καλός και δεν υπάρχει αυξημένη υγρασία, οι επιδόσεις του IRST εκτιμάται ότι είναι σαφώς καλύτερες σε σχέση με αυτές του ραντάρ. Σε περίπτωση δε που ο χειριστής του F-35 κάνει χρήση μετάκαυσης, π.χ. εκτελώντας κάποιο ελιγμό αποφυγής πυραύλου, τότε το θερμικό ίχνος του (και ως εκ τούτου η τρωτότητά του) αυξάνονται δραματικά.

Πιο συγκεκριμένα, το ραντάρ AN/APG-68(V)9 των Α/Φ F-16 Block 52+/Adv. έχει υπολογιστεί ότι αποκαλύπτει το F-35 (από εμπρός) σε 11 – 12 ναυτικά μίλια, ενώ ένα σύγχρονο IRST μπορεί να το αποκαλύψει σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 25 ν.μ., τουλάχιστον σε καλό καιρό. Ακόμα όμως και με αυξημένη υγρασία, το IRST θα παρέχει πλεονέκτημα σε σχέση με το υπόψη ραντάρ. Εάν τώρα υποθεθεί ότι θα προχωρήσει η αναβάθμιση των F-16 και ορισμένα εξ αυτών αποκτήσουν ραντάρ ηλεκτρονικής σάρωσης (AESA), τότε η αποκάλυψη του F-35 υπολογίζεται ότι θα ανέρχεται σε λίγο πάνω από 20 ν.μ., απόσταση επίσης μικρότερη από την αντίστοιχη του IRST. Όσον αφορά δε την οπίσθια θέαση, αν και η απόσταση αποκάλυψης από ραντάρ επίσης αυξάνεται σε κάποιο βαθμό (καθώς το μέσο οπίσθιο RCS του F-35 είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο εμπρόσθιο), η απόσταση αποκάλυψης του IRST σχεδόν διπλασιάζεται, πλησιάζοντας τα 50 ν.μ.

Αξιοποίηση Συστημάτων IRST: παρελθόν, παρόν και μέλλον

Η ιστορία των IRST είναι επίσης αρκετά μεγαλύτερη απ' ό,τι νομίζουν πολλοί. Αρκεί να αναφερθεί ότι το Phantom F-4B έφερε ένα πρώιμο σύστημα IRST (το οποίο όμως αργότερα αφαιρέθηκε). Στη συνέχεια υπήρξαν και άλλα Α/Φ με IRST. Ίσως το κλασικότερο παράδειγμα ήταν το IRST του F-14D, της τελευταίας έκδοσης του Tomcat. Όμως, η μεγάλη εξέλιξη στα ραντάρ κατά τις δεκαετίες του '80 και '90, καθώς και το γεγονός ότι η απόδοσή τους επηρεάζεται πολύ λιγότερο από τις καιρικές συνθήκες, επισκίασε τα IRST, με αποτέλεσμα σήμερα να μην υπάρχει κανένα Α/Φ εν υπηρεσία με IRST στην USAF, με εξαίρεση το F-35. Το ενδιαφέρον είναι ότι εξαγωγικές εκδόσεις αμερικανικών Α/Φ χρησιμοποιούν IRST, όπως το σύστημα Tiger Eyes, που φέρουν τα σαουδαραβικά F-15 ή ένα ανάλογο σύστημα που φέρουν τα F-16 Block 60 των

H.A.E.

Στην Ευρώπη τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά, καθώς όλα τα σύγχρονα ευρωπαϊκά Α/Φ φέρουν εξελιγμένα συστήματα IRST. Ξεκινώντας από το Rafale, αυτό διαθέτει το OSF, ένα πλήρες σύστημα (με IRST, FLIR, TV και Laser) και πλήρως ενσωματωμένο στο σύστημα βολής του Α/Φ, το οποίο όμως είναι και το παλαιότερο. Ως εκ τούτου, το κανάλι IR πρόκειται να αντικατασταθεί στην επόμενη έκδοση του Rafale (Standard F4). Το Eurofighter διαθέτει το πολύ ικανό Pirate ενώ το Gripen NG θα φέρει το ακόμα πιο εξελιγμένο σύστημα Skyward, το οποίο χαρακτηρίζεται από την εταιρεία κατασκευής του ως σύστημα anti-stealth. Από την άλλη πλευρά, **η Ρωσία δεν έπαψε να χρησιμοποιεί συστήματα IRST στα μαχητικά της Α/Φ** εδώ και δεκαετίες, προφανώς με τις ανάλογες βελτιώσεις.



Εικόνα 1: Το σύστημα Skyward G-IRST (Infra-Red Search & Track) του Α/Φ Gripen NG, ένα από τα πιο εξελιγμένα συστήματα σήμερα, της Finmeccanica – Selex ES (<http://www.leonardocompany.com/en/-/skyward-g-irst>)

Επιστρέφοντας στις ΗΠΑ, αν και το F-22 δεν φέρει IRST, το F-35 φέρει δύο διαφορετικά ηλεκτρο-οπτικά συστήματα. Το ένα είναι ουσιαστικά το Sniper (η εξέλιξη του LANTIRN) το οποίο φέρεται εσωτερικά και χρησιμοποιείται κυρίως για αποστολές αέρος – εδάφους. Το δεύτερο είναι το καταναμημένο σύστημα διαφράγματος ή DAS, το οποίο περιλαμβάνει 6 αισθητήρες που καλύπτουν σφαιρικά το Α/Φ, επιτρέποντας στον πιλότο να βλέπει ακόμα και μέσα από το Α/Φ, μέσω της εικόνας που προβάλλεται στην κάσκα του. Παρέχει δυνατότητες IRST, βοηθά στην επίγνωση της επιχειρησιακής κατάστασης, ενώ μπορεί να προειδοποιήσει σε περίπτωση επερχόμενου πυραύλου. Αν και το DAS συνεχίζει να παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα, όπως καθυστέρηση στην

παρακολούθηση της κίνησης της κάσκας, εκτιμάται ότι μακροπρόθεσμα θα αποτελέσει ένα σημαντικό όπλο στην φαρέτρα του F-35.

Διαπιστώνοντας την εξέλιξη των εν λόγω συστημάτων αλλά και την ανάπτυξη απειλών stealth από Ρωσία, Κίνα κλπ, οι Αμερικανοί επαναανακαλύπτουν τα IRST, παρουσιάζοντας σε πρώτη φάση το Legion Pod της Lockheed Martin (έχει ήδη δοκιμασθεί σε F-16, μεταξύ άλλων), με αισθητήρα που φαίνεται να είναι εξέλιξη του παλαιότερου αισθητήρα του Tomcat. Τέλος, πιο πρόσφατα εμφανίστηκε και το Open Pod της Northrop Grumman σε συνεργασία με την ευρωπαϊκή Leonardo (τέως Selex ES).



Εικόνα 2: Α/Φ F-16 εκτελεί πτήση δοκιμής με το σύστημα IRST *Legion Pod* της Lockheed Martin, ενώ πρόσφατα και η Northrop Grumman πρότεινε το ανάλογο σύστημα *OpenPod* (<http://www.lockheedmartin.com/us/news/press-releases/2015/june/mfc-063015-lockheed-martin-legion-pod.html>)

Εισήγηση – Πρόταση

Κατόπιν τούτων, λαμβάνοντας υπόψη :

α. Την απειλή εξ ανατολών, όπως αυτή μετεξελίσσεται με τα Α/Φ stealth F – 35.

β. Τις δυνατότητες των συστημάτων IRST για μεγαλύτερες αποστάσεις αποκάλυψης και εμπλοκής στόχων stealth, σε σχέση με τα ραντάρ των Α/Φ (είτε τα υφιστάμενα, είτε AESA), με παθητική λειτουργία, χωρίς να “προδίδουν” το φέρον Α/Φ.

γ. Τις μέχρι σήμερα επιτυχείς προσπάθειες εγκατάστασης και επιχειρησιακής αξιοποίησης των συστημάτων IRST στα Μαχητικά αεροσκάφη , συμπεριλαμβανομένων και των αεροσκαφών F – 16.

προτείνεται προς την Ηγεσία της ΠΑ – ΥΠΕΘΑ – ΓΔΑΕΕ η εξέταση ένταξης στο επικείμενο πακέτο αναβάθμισης των Α/Φ F-16 της ΠΑ και της πλήρους ενσωμάτωσης (συνεργασία με ραντάρ – Link – όπλα) συστήματος IRST.

*****Επισημανση**

Με σκοπό τη μεγιστοποίηση του επιχειρησιακού οφέλους του προγράμματος αναβάθμισης των F-16, θα πρέπει να επισημανθεί η σημασία του Συστήματος Αεροπορικού Ελέγχου και των ασύρματων τακτικών δικτύων, όπως το Link16. Από όλες τις διαθέσιμες αναλύσεις, προκύπτει ότι κανένας αισθητήρας (ραντάρ, IR, σύστημα αυτοπροστασίας ή ο,τιδήποτε άλλο) δεν επιτρέπει σε ένα μαχητικό Α/Φ να αντιμετωπίζει αποτελεσματικά από μόνο του μία απειλή stealth. Αντιθέτως, ο συνδυασμός κατάλληλου Συστήματος Αεροπορικού Ελέγχου, δικτυοκεντρικού περιβάλλοντος (για μετάδοση της ευρύτερης επιχειρησιακής εικόνας στα μαχητικά) και η χρήση IRST / ραντάρ (ιδανικά IRST + AESA), εννοείται με την εφαρμογή κατάλληλων τακτικών, παρέχει σημαντικές δυνατότητες αποτελεσματικής αντιμετώπισης της απειλής.