

Έκθεση Χαρτογράφησης Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας.

Τεχνολογίες Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών για Πληροφόρηση, Επιτήρηση και Αναγνώριση (Intelligence, Surveillance & Reconnaissance: ISR).

Ανάλυση 332 οικογενειών διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας.

Σύνοψη

Η ανάλυση 332 οικογενειών Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας (ΔΕ) αποκαλύπτει ότι ο τομέας των μη επανδρωμένων αεροσκαφών για πληροφόρηση, επιτήρηση και αναγνώριση (ISR) διέρχεται μία θεμελιώδη τεχνολογική μετάβαση. Ενώ οι πρώτες γενιές αιτήσεων για ΔΕ επικεντρώνονταν στην αεροπορική πλατφόρμα και στα χαρακτηριστικά πτήσης, η καινοτομία μετατοπίζεται πλέον προς την τεχνητή νοημοσύνη, την αυτόνομη λήψη αποφάσεων και τις διασυνδεδεμένες επιχειρησιακές αρχιτεκτονικές.

Το χαρτοφυλάκιο κυριαρχείται από αιτούντες προερχόμενους από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, τη Νότια Κορέα, την Κίνα και το Ισραήλ, ενώ οι κυριότερες τεχνολογικές καινοτομίες οργανώνονται γύρω από τέσσερις βασικούς πυλώνες:

1. Αυτόνομη Πτήση και Πλοήγηση.
2. Επιτήρηση και Αναγνώριση Στόχων με Τεχνητή Νοημοσύνη.
3. Επίμονη Επιτήρηση και Επιθεώρηση Υποδομών.
4. Στρατιωτικά Συστήματα ISR και Τεχνολογίες αντιμετώπισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών (Counter-Unmanned Aerial System).

Με την σημαντικότερη διαπίστωση που προκύπτει να είναι ότι η αξία μετατοπίζεται πλέον από το ίδιο το μη επανδρωμένο εναέριο όχημα προς την ικανότητα συλλογής, επεξεργασίας και αξιοποίησης πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Η γεωγραφική ανάλυση αναδεικνύει σαφή συγκέντρωση της δραστηριότητας σε λίγες τεχνολογικά προηγμένες χώρες.

Χώρα	Εκτιμώμενος αριθμός ΔΕ
Ηνωμένες Πολιτείες	141
Νότια Κορέα	45
Κίνα	16
Ιαπωνία	14
Ισραήλ	11
Ηνωμένο Βασίλειο	9
Αυστραλία	6
Γερμανία	5
Ινδία	3
Καναδάς	3

Οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής φαίνεται να καταλαμβάνουν το 42-25% του παρόντος χαρτοφυλακίου ΔΕ και να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη τεχνολογική διασπορά, καλύπτοντας σχεδόν όλους τους τομείς του οικοσυστήματος ISR, από την αυτόνομη πλοήγηση, την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, την συνεργατική λειτουργία έως τα στρατιωτικά συστήματα αναχαίτισης. Στους κορυφαίους καταθέτες ΔΕ συγκαταλέγονται οι

- DJI's US filings
- Boeing
- Skydio
- Qualcomm
- Wing (Google)
- Northrop Grumman
- Raytheon
- General Atomics

- AeroVironment
- Amazon
- Anduril
- Honeywell
- Fortem Technologies

Η Νότια Κορέα εμφανίζει εξαιρετικά ισχυρή παρουσία σε εφαρμογές επιθεώρησης υποδομών, αστικής επιτήρησης και τεχνητής νοημοσύνης, γεγονός που υποδηλώνει την ισχυρή σύνδεση της εθνικής πολιτικής καινοτομίας με τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη. Οι πιο δραστήριοι καταθέτες ΔΕ εμφανίζονται να είναι οι

- Samsung
- ETRI
- KAIST
- Agency for Defense Development (ADD)
- Hanwha
- LIG Nex1
- Numerous universities and public research institutes

Η Κίνα επικεντρώνεται κυρίως στην επιχειρησιακή αξιοποίηση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών για επιτήρηση ενεργειακών δικτύων, βιομηχανικών εγκαταστάσεων και περιβαλλοντικών εφαρμογών. Ο αριθμός των Κινέζικων ΔΕ αποδεικνύει ότι εστιάζουν λιγότερο στο στρατιωτικό επιχειρησιακό δόγμα δίνοντας περισσότερο έμφαση στην επιχειρησιακή ανάπτυξη επιθεώρησης υποδομών και στη διαχείριση υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.

Επιπρόσθετα, αποκαλύπτεται ότι η καινοτομία στα μη επανδρωμένα αεροσκάφη για ISR δεν καθοδηγείται αποκλειστικά από την βιομηχανία, αλλά υποστηρίζεται σημαντικά επίσης σημαντικά και από τα ερευνητικά οικοσυστήματα που χρηματοδοτούνται από δημόσιους πόρους με χαρακτηριστικότερα παραδείγματα τα ακόλουθα ερευνητικά ιδρύματα/ πανεπιστήμια

- KAIST

- Korea Aerospace Research Institute
- Indian Institute of Science
- numerous Korean and Chinese universities

Το Ισραήλ, μολονότι διαθέτει μικρότερο συνολικό αριθμό αιτήσεων για ΔΕ, παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή συγκέντρωση σε προηγμένες στρατιωτικές εφαρμογές ISR και συστημάτων αντιμετώπισης μη επανδρωμένων αέριων οχημάτων (Counter-UAS). Κύριοι καταθέτες ΔΕ δηλώνονται οι

- Israel Aerospace Industries (IAI)
- Elbit
- Elta
- IMI Systems
- Plasan

Όσον αφορά το επίπεδο της τεχνολογικής ετοιμότητας (Technology Readiness level-TRL), υψηλό επίπεδο ετοιμότητας παρουσιάζουν ότι έχουν οι τεχνολογίες που σχετίζονται με την επιθεώρηση υποδομών, με μη επανδρωμένα αεροσκάφη επιτήρησης και ασφάλειας, και με την αποφυγή εμποδίων. Μέτριο επίπεδο ετοιμότητας φαίνεται να έχουν οι τεχνολογίες που συνδέονται με το συντονισμό σμήνους μη επανδρωμένων οχημάτων, πολλαπλών πρακτόρων ISR (multi-agent ISR). Αναδυόμενο επίπεδο ετοιμότητας έχουν οι τεχνολογίες όπως η αυτόνομη συνεργασία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών στο πεδίο των μαχών, ο πλήρως καθοδηγούμενος από τεχνητή νοημοσύνη σχεδιασμός αποστολών, τα δίκτυα ISR με αυτοδιδασκαλία.

Χρονικές φάσεις εξέλιξης της τεχνολογίας των μη επανδρωμένων αεροσκαφών

Με την παρούσα ανάλυση των 332 οικογενειών ΔΕ εντοπίζονται τρεις διακριτές φάσεις εξέλιξης των τεχνολογιών των μη επανδρωμένων αεροσκαφών για ISR.

- Πρώτη φάση: Πλατφορμο-κεντρική καινοτομία (2004 – 2014). Οι πρώιμες αιτήσεις για ΔΕ επικεντρώνονται κυρίως στην αεροδυναμική σχεδίαση των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, στις αεροπορικές πλατφόρμες αναγνώρισης, στα συστήματα μεταφοράς φορτίου, στους μηχανισμούς εκτόξευσης και ανάκτησης, στις στρατιωτικές πλατφόρμες ISR. Με χαρακτηριστικότερους φορείς ανάπτυξης την συγκεκριμένη χρονική περίοδο τους Lockheed Martin, Raytheon, Northrop Grumman και BAE Systems
- Δεύτερη φάση: Ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση (2015-2020). Από το 2015 παρατηρείται σημαντική αλλαγή προσανατολισμού με τις τεχνολογικές καινοτομίες να αφορούν την αποφυγή εμποδίων, την αυτόνομη πλοήγηση, την παρακολούθηση των στόχων, την επεξεργασία εικόνας και την διαχείριση κυκλοφορίας των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων. Κύριοι φορείς ανάπτυξης την αναφερόμενη περίοδο οι SZ DJI TECHNOLOGY CO LTD, Qualcomm, Skydio, Wing Aviation.
- Τρίτη φάση: Συστήματα ISR με εγγενή αξιοποίηση τεχνητής νοημοσύνης (2021-σήμερα). Οι πρόσφατες αιτήσεις για ΔΕ εστιάζουν στην υπολογιστική όραση, την μηχανική μάθηση, την συνεργατική επιτήρηση, στα σμήνη των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, στην αυτόνομη διαχείριση αποστολών και στην πλοήγηση χωρίς εξάρτηση από GPS. Στην τρέχουσα φάση το μη επανδρωμένο εναέριο όχημα εξελίσσεται πλέον σε αυτόνομο κόμβο λήψης αποφάσεων και όχι απλώς σε φορέα αισθητήρων.

Τέσσερις πυλώνες καινοτομίας

Η ανάλυση των δεδομένων των ΔΕ καθορίζει τέσσερις κυρίαρχους πυλώνες καινοτομίας για τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα στο ISR. Ειδικότερα :

- Πυλώνας Καινοτομίας Ι – Αυτόνομη πτήση και πλοήγηση. Η ανάπτυξη αποστολών ISR και ιδίως σε περιβάλλοντα με παρεμβολές, περιορισμένες ή με υποβαθμισμένες επικοινωνίες θέτουν ως προαπαιτούμενο την αυτόματη πλοήγηση και πτήση. Η θεμελιώδη τεχνολογική υποδομή των σύγχρονων συστημάτων ISR περιλαμβάνει λειτουργίες όπως τον αυτόματο σχεδιασμό διαδρομών, την αποφυγή εμποδίων, την αυτόματη επιστροφή στη βάση, την πλοήγηση χωρίς GPS, την δυναμική βελτιστοποίηση πορείας. Κύριοι αιτούντες για ΔΕ στο Πυλώνα Ι εμφανίζονται οι SZ DJI TECHNOLOGY CO LTD, Skydio Inc., Wing Aviation LLC, Qualcomm Incorporated, The Boeing Company.

- **Πυλώνας Καινοτομίας II – Επιτήρηση και αναγνώριση στόχων με τεχνητή νοημοσύνη.** Πρόκειται για τον ταχύτερο αναπτυσσόμενο τομέα στο ISR καθώς μετατρέπει τα ακατέργαστα δεδομένα αισθητήρων σε επιχειρησιακά αξιοποιήσιμη πληροφορία. Ο Πυλώνας II περιλαμβάνει τεχνολογίες όπως ανίχνευση αντικειμένων, αναγνώριση και παρακολούθηση στόχων, ανάλυση δραστηριότητας, υπολογιστική όραση και λήψη αποφάσεων με την συνδρομή της τεχνητής νοημοσύνης. Χαρακτηριστικές ταξινομήσεις κατά το σύστημα International Patent Classification, είναι οι G06V20/17, G06V20/13, G06T7/70, G06N20/00. Κύριοι αιτούντες για ΔΕ στο Πυλώνα II είναι οι Skydio Inc., DJI, Elbit Systems, Qualcomm, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI).
- **Πυλώνας Καινοτομίας III – Επίμονη παρακολούθηση και επιθεώρηση κρίσιμων υποδομών.** Ο τρίτος Πυλώνας αναδεικνύει έντονα τον διττό χαρακτήρα των τεχνολογιών ISR, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο για πολιτικές όσο και για στρατιωτικές εφαρμογές. Οι κύριοι τομείς εφαρμογής είναι τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, οι αγωγοί μεταφοράς, οι γέφυρες, η περιβαλλοντική παρακολούθηση, η διαχείριση καταστροφών και η δημόσια ασφάλεια. Κύριοι αιτούντες για ΔΕ στον Πυλώνα III είναι οι Huawei, Alarm.com, the Boeing Company, κορεάτικα πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα.
- **Πυλώνας Καινοτομίας IV – Στρατιωτικά συστήματα και τεχνολογίες αντιμετώπισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών.** Στον τέταρτο Πυλώνα καινοτομίας εμφανίζεται μια ξεχωριστή κατηγορία αντιμετώπισης μη επανδρωμένων σκαφών (Counter- UAS) και υποδεικνύει την δημιουργία νέου τεχνολογικού και βιομηχανικού κλάδου με ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης. Η ανάλυση των ΔΕ κατηγοριοποιεί τις τεχνολογίες σε τρία πεδία: τις Πολιτικές εφαρμογές (γεωργία, περιβαλλοντική παρακολούθηση, επιθεώρηση υποδομών, βιομηχανική επιτήρηση), τις Τεχνολογίες Διττής χρήσης (πλοήγηση χωρίς GPS, υπολογιστική όραση, αναγνώριση στόχων, αυτόνομη λήψη αποφάσεων), και τις στρατιωτικές εφαρμογές (αναγνώριση μάχης, αναχαίτιση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, καταστολή απειλών, τακτική επιτήρηση πεδίου μάχης). Κύριοι αιτούντες για ΔΕ στον Πυλώνα IV είναι οι BAE systems, Israel Aerospace Industries (IAI), Anduril Industries, Raytheon, Northrop Grumman, Hanwha, AeroVironment. Ο τελευταίος Πυλώνας Καινοτομίας αντανάκλα στον καθοριστικό ρόλο που αποκτούν τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα στο σύγχρονο επιχειρησιακό δόγμα και στην παράλληλη ανάπτυξη τεχνολογιών αντιμετώπισής τους.

Μελλοντικές τεχνολογικές τάσεις

Με βάση τις πλέον πρόσφατες αιτήσεις για ΔΕ της περιόδου 2023-2026, αναμένεται να κυριαρχήσουν οι ακόλουθες τάσεις :

Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα για ISR με εγγενή χρήση τεχνητής νοημοσύνης, όπου θα εκτελούν αναγνώριση στόχων και προσαρμογή αποστολής σε πραγματικό χρόνο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Συνεργατικά σμήνη μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, όπου η συνεργασία μεταξύ των αυτόνομων μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων για αποστολές αναγνώρισης και επιτήρησης αναμένεται να επεκταθεί σημαντικά.

Πλοήγηση χωρίς GPS, όπου τεχνικές βασισμένες σε υπολογιστική όραση και χρήση τεχνητής νοημοσύνης θα καταστούν κρίσιμες για στρατιωτικές αποστολές ISR.

Κυριαρχία συστημάτων αντιμετώπισης μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη τεχνολογιών αναχαίτισης, παρεμβολής, εξουδετέρωσης και αντιμέτρων κατά μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων.

Κατανεμημένα Δίκτυα αισθητήρων, οι εφαρμογές θα στηρίζονται ολοένα και περισσότερο σε οικοσυστήματα που συνδυάζουν μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, επίγειους αισθητήρες και συστήματα τεχνητής νοημοσύνης σε ενιαία επιχειρησιακή αρχιτεκτονική.

Συμπεράσματα

Η παρούσα χαρτογράφηση δείχνει ότι τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα για τεχνολογία ISR μεταβαίνει από μια πλατφορμο-κεντρική προσέγγιση σε οικοσυστήματα συλλογής, ανάλυσης και αξιοποίησης πληροφοριών, όπου η ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων καθίσταται σημαντικότερη από την ίδια την αεροπορική πλατφόρμα. Η μελλοντική ανταγωνιστικότητα των οργανισμών του χώρου αναμένεται να εξαρτηθεί κυρίως από τις δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης, της συνεργασίας πολλαπλών αυτόνομων μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, της πλοήγησης χωρίς GPS και των τεχνολογιών αντιμετώπισης των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (Counter-Unmanned Aircraft System).