

**Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη και οι Εφαρμογές τους σε Remote Sensing και Logistics**

Γεώργιος Ξωνίκης – Θεόδωρος Τζιούτζιας

Φοιτητές Μεταπτυχιακού Προγράμματος στα Πληροφοριακά Συστήματα

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Μάιος 2017, Θεσσαλονίκη

### **Σύνοψη**

Η τεχνολογία των UAV λαμβάνει μεγάλη εξέλιξη τον 21ο αιώνα. Η έρευνα και ανάπτυξή τους, πέρα από στρατιωτικές εφαρμογές και σε εμπορικές - ερευνητικές, έχει οδηγήσει στην ραγδαία εξάπλωση τους, μειώνοντας σημαντικά το κόστος παραγωγής τους. Οι δυνατότητές τους να συλλέγουν δεδομένα, να μεταφέρουν φορτία και να μπορούν να εξοπλιστούν με πολλών ειδών αισθητήρες, έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται συνεχώς σε όλο και περισσότερους κλάδους, κατέχοντας πρωταγωνιστικούς ρόλους. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η έλλειψη νομοθετικού πλαισίου, η ασφάλεια μετάδοσης των πληροφοριών και της ιδιωτικότητας, η ενεργειακή αυτονομία και άλλα. Παρά το μεγάλο πεδίο εφαρμογών τους, στην παρούσα εργασία θα αναλυθεί η εφαρμογή τους στους κλάδους του Remote Sensing και των Logistics.

### **Abstract**

Unmanned Aircraft Vehicles (UAV) technology has evolved rapidly in the 21<sup>st</sup> Century. The research and evolution of the UAV, driven primarily by military uses, have begun finding application among civilian users, reducing significantly its production costs. The capabilities of drones in data collection, freight transportation and the ability to carry multiple sensors, results in possessing significant roles in more industries. The potential advantages of an UAV, however, depend on many factors, such as the lack of comprehensive regulatory framework, the insufficient information security protocols for transmissions, the privacy, the energy autonomy, etc. Despite the variety of application in dozens of industries, in this paper it will be reviewed the application in Remote Sensing and Logistics.

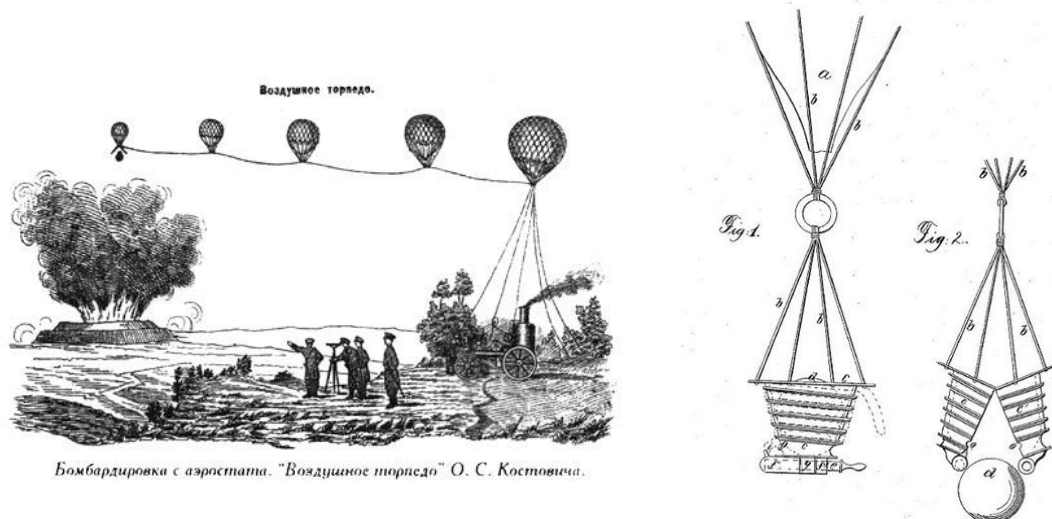
Keywords: UAV, Remote Sensing, Logistics

## Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη και οι Εφαρμογές τους σε Remote Sensing και Logistics

**1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα UAV (Unmanned Aerial Vehicles) ή απλά drones, είναι κάθε είδους ιπτάμενη μηχανή η οποία έχει την δυνατότητα να ίπταται χωρίς πλήρωμα εντός αυτής. Το αεροσκάφος μπορεί είτε να ελέγχεται από κάποιον χειριστή που βρίσκεται στο έδαφος, να είναι δηλαδή ημι-αυτόνομο, είτε να ελέγχεται από ηλεκτρονικά συστήματα και να επιχειρεί πλήρως αυτόνομα. Η αυτόνομη πτήση προϋποθέτει την χρήση εξειδικευμένου λογισμικού το οποίο ελέγχει το σχέδιο πτήσης και σε συνεργασία με τους onboard αισθητήρες και το GPS, καθοδηγεί το αεροσκάφος. Ακόμα όμως και στις αυτόνομες πτήσεις, είναι αναγκαία η οπτική επαφή του αεροσκάφους από τον χειριστή, ειδικά όταν πρόκειται για πτήσεις εντός η πλησίον του αστικού περιβάλλοντος, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ασφάλεια και η αποφυγή ατυχημάτων [1].

Καθώς η τεχνολογία αυτή έγινε ευρέως γνωστή τα τελευταία χρόνια, υπάρχει η εντύπωση ότι είναι πρόσφατο τεχνολογικό επίτευγμα. Όμως τα UAV έχουν μακρά πολεμική παρακαταθήκη, αφού οι επιχειρησιακές δυνατότητές τους για πολεμικούς σκοπούς έχουν αναγνωριστεί εδώ και παρά πολλά χρόνια. Όπως και πολλές άλλες τεχνολογικές καινοτομίες και επιστημονικές ανακαλύψεις των οποίων η έρευνα χρηματοδοτήθηκε για πολεμικούς σκοπούς [2], έτσι και τα UAV συναντώνται για πρώτη φορά το 1849 στον από αέρος βομβαρδισμό της Βενετίας από τους Αυστριακούς με την χρήση ιπτάμενων μπαλονιών [3]. Παρόμοια μπαλόνια χρησιμοποιήθηκαν και κατά την διάρκεια του αμερικανικού εμφυλίου μεταξύ 1861-1865 [4].



Γράφημα 1. Στρατιωτική επίθεση με χρήση μπαλονιών και ο μηχανισμός απελευθέρωσης βομβών (πηγή [3])

Ήδη από το 1898, με την ανακάλυψη κατάλληλων φωτογραφικών μηχανών, τα UAV χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικές αποστολές αναγνώρισης αντίπαλων στόχων και στρατευμάτων [5]. Οι βελτιώσεις στην αναγνώριση στόχων και στην πλοήγηση που επετεύχθηκαν κατά την διάρκεια του ψυχρού πολέμου, ενίσχυσαν το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας στην ανάπτυξη εφαρμογών για ερευνητικούς σκοπούς. Η NASA (National Aeronautics and Space Administration, δηλαδή ή Εθνική Υπηρεσία Αεροναυπηγικής και Διαστήματος) ανέπτυξε την δεκαετία του 1990 το πρόγραμμα ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology) και σημείωσε τα πρώτα σημαντικά βήματα ως προς την ανάπτυξη πρωτόκολλων και δυνατοτήτων για την χρήση των UAV για επιστημονική έρευνα [6]. Ένα από τα πιο σημαντικά ευρήματα του προγράμματος ERAST και κατ' επέκταση της επιστημονικής κοινότητας των UAV, ήταν η διαπίστωση της ανάγκης για μείωση του όγκου των onboard αισθητήρων έτσι ώστε να μειωθεί και το κόστος κατασκευής των αεροσκαφών.

Εμπνευσμένοι από τις προσπάθειες της NASA, στα τέλη της δεκαετίας του 1990 υπήρξαν σημαντικές επιτυχίες από μικρότερους οργανισμούς στην ανάπτυξη οικονομικών UAV, τα οποία ήταν προσαρμοσμένα στις εκάστοτε ερευνητικές ανάγκες τους και χρησιμοποιήθηκαν για εφαρμογές όπως ατμοσφαιρικές μετρήσεις και παρακολούθηση της βλάστησης. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, την μινιατουροποίηση και την δραματική μείωση του κόστους των εξαρτημάτων, γεννήθηκε η γενιά του 'do-it-yourself' όπου πλέον είναι εφικτό ακόμα και ερασιτέχνες να αναπτύξουν ένα δικό τους UAV, έστω και με περιορισμένες δυνατότητες.

Η ραγδαία ανάπτυξη την τεχνολογίας στον αιώνα που διανύουμε σε συνδυασμό με την εξέλιξη των drones έχουν οδηγήσει στην αυτονομία αυτών των αεροσκαφών, δηλαδή πολλές λειτουργίες τους εκτελούνται χωρίς να παρέμβει ο ανθρώπινος παράγοντας, όπως για παράδειγμα η διατήρηση της ισορροπίας του σε περίπτωση κάποιας αναταραχής.

### **1.1 Κατηγοριοποίηση UAV**

Η κατηγοριοποίηση των UAV για πολιτικούς σκοπούς, συνάδει με την περιγραφή που υπάρχει ήδη από την πολεμική βιομηχανία και βασίζεται σε χαρακτηριστικά όπως το μέγεθος, η διάρκεια πτήσης και οι δυνατότητές τους. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι παρακάτω:

**LASE** (Low Altitude, Short Endurance – Χαμηλού Ύψομέτρου, Μικρής Διάρκειας): Αυτά τα UAV, δεν προϋποθέτουν την χρήση αεροδιαδρόμου απογείωσης – προσγείωσης. Το βάρος τους

κυμαίνεται 2-5 κιλά, το άνοιγμα φτερών τους είναι μικρότερο των 3μ. και εκτοξεύονται είτε από καταπέλτη είτε ωθούνται από ανθρώπινο χέρι.

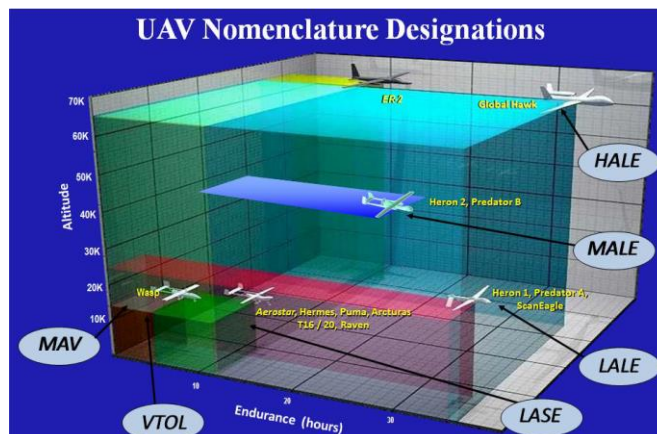
**LALÉ** (Low Altitude, Long Endurance - Χαμηλού Υψομέτρου, Μεγάλης Διάρκειας): Έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν φορτία αρκετών κιλών και να ίπτανται σε υψόμετρα μερικών χιλιάδων μέτρων.

**MALE** (Medium Altitude, Long Endurance - Μέτριου Υψομέτρου, Μεγάλης Διάρκειας): Είναι αρκετά μεγαλύτερα από τα LALÉ και μπορούν να ίπτανται σε υψόμετρα κάτω των 9000μ.

**HALE** (High Altitude, Long Endurance - Μεγάλου Υψομέτρου, Μεγάλης Διάρκειας): Είναι τα μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα UAV. Μπορούν να ίπτανται σε υψόμετρα 20000μ. ενώ η διάρκεια πτήσης τους φτάνει και τις 30 ώρες [7].



Εικόνα 1. Τα LASE και LALÉ UAV (Πηγή: US Department of Defense)



Γράφημα 2. Κατηγοριοποίηση των UAV σύμφωνα με το υψόμετρο και την διάρκεια πτήσης (Πηγή: US Department of Homeland Security)

## 1.2 Το Νομικό Πλαίσιο

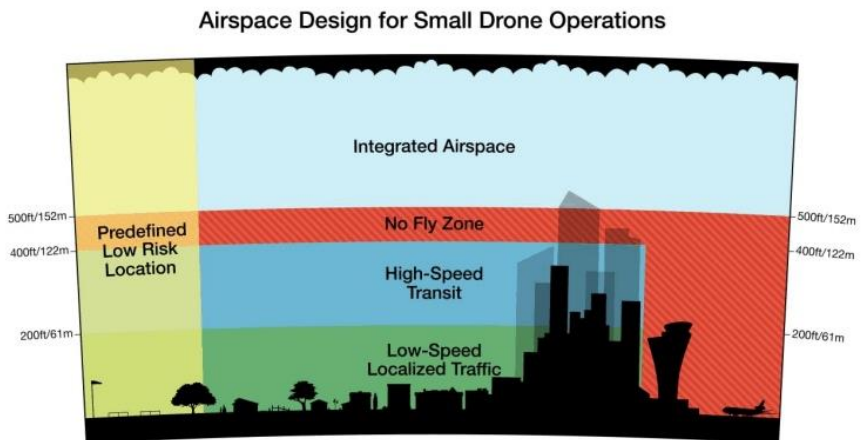
Με το κόστος πλέον των UAV να έχει πέσει σε πολύ προσιτά επίπεδα, οι χρήστες έχουν πολλαπλασιαστεί. Η αύξηση της εναέριας κυκλοφορίας δημιούργησε την ανάγκη για ρύθμιση των κανόνων και περιορισμών που αφορούν τις πτήσεις των UAV ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος ατυχημάτων, ειδικά σε περιοχές αστικού περιβάλλοντος και πλησίον αεροδρομίων.

Στις Η.Π.Α, η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (*FAA*) και στην Ευρώπη ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας της Αεροπορίας (*EASA*) αποτελούν τις ρυθμιστικές αρχές για την διαχείριση κίνησης των drones. Έχουν εκπονήσει σχέδιο κοινών κανόνων, προτύπων και κατευθυντηρίων αρχών, τα οποία ρυθμίζουν την λειτουργίας και εκμετάλλευσης των μη επανδρωμένων αεροσκαφών στον αμερικανικό και ευρωπαϊκό χώρο. Μεμονωμένα συστήματα διαχείρισης της κίνησης μη επανδρωμένων αεροσκαφών παρακολουθούν την καθημερινή δραστηριότητα των *UAV* διασφαλίζοντας ότι οι χειριστές ακολουθούν τα πρωτόκολλα που έχουν θεσπιστεί και να διασφαλίσουν επίσης ότι το σύστημα λειτουργεί σωστά. Οι χειριστές έχουν πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων οπου μπορούν να δουν, να καταθέσουν και να αξιολογήσουν σχέδια πτήσης. Επίγεια radar, *GPS* και μετεωρολογικοί σταθμοί παρέχουν όλες τις πληροφορίες στους χειριστές. Αυτόματα συστήματα σχεδιάζουν διαδρομές για τα αυτόνομα drones, τα οποία είναι εφοδιασμένα με αισθητήρες για την αποφυγή συγκρούσεων[1], [14],[20].

Στις Η.Π.Α. όλοι οι κάτοχοι drones θα πρέπει να καταχωρήσουν έως τα μέσα Φεβρουαρίου το μηχάνημά τους σε ένα εθνικό μητρώο. Επίσης τα μη επανδρωμένα, τηλεχειριζόμενα αεροπλάνα βάρους μικρότερου των 25 κιλών θα επιτρέπεται να πετούν σε ύψος μέχρι 122 μέτρα και με μέγιστη ταχύτητα 161 χιλιομέτρων την ώρα. Δεν θα επιτρέπεται να πετούν τη νύχτα, εκτός και αν διαθέτουν ένα συγκεκριμένο σύστημα φωτισμού και δεν θα μπορούν να πλησιάζουν σε αεροδρόμια σε απόσταση μικρότερη των 6 χιλιομέτρων [8],[20].

Στην Ευρώπη, οι όροι χρήσης των *drones* διαφέρουν μεταξύ των κρατών-μελών. Σε κάποιες χώρες χρειάζεται ειδική άδεια κατόπιν εξετάσεων, ενώ σε άλλες χώρες απλά μια βεβαίωση,

και αυτή μόνο εφόσον το *Γράφημα 3. Σχεδιασμός εναέριων ζωνών πτήσης μικρών UAV (Πηγή: Amazon)*



κινηματογραφική κάμερα. Επίσης στο ίδιο πλαίσιο θεσπίζονται δεσμευτικές υποχρεώσεις για τους χειριστές των *drones* αλλά και για τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Ωστόσο, πρόσφατη έκθεση της ΕΕ αναγνωρίζει και σημαντικούς κινδύνους, καθώς τα *drones* προσφέρουν νέες ευκαιρίες για

παράνομη δραστηριότητα που περιλαμβάνει την εποπτεία (κατασκοπία, αναγνώριση στόχων) ή την εκτέλεση επιθέσεων (βόμβες, παράδοση οπλισμού σε αυλές φυλακών) [9].

Στην Ελλάδα η ΥΠΑ (Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας) με τον σχετικό κανονισμό, καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις για την εκτέλεση πτήσεων των *UAV*, στο *FIR* Αθηνών. Επίσης, καθορίζονται οι κυρώσεις για τις περιπτώσεις που εκτελούνται χωρίς την τήρηση των αναφερομένων προϋποθέσεων ή την εξασφάλιση των απαιτούμενων εγκρίσεων. Σύμφωνα με τον κανονισμό μια από τις βασικές προϋποθέσεις είναι η υποχρεωτική ασφάλιση για ζημίες έναντι τρίτων [10].

### 1.3 Εξαρτήματα UAV

Τα κύρια εξαρτήματα ενός UAV είναι [11]:

**Frame** (Σκελετός): Το υλικό πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ελαφρύ αλλά ταυτόχρονα και ανθεκτικό. Για τα μικρά UAV χρησιμοποιείται κυρίως το πλαστικό και τα παράγωγά του (φελιζόλ), ενώ για τα μεγάλα UAV το αλουμίνιο και τα ανθρακονήματα.

**Motor** (Κινητήρας): Παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην διάρκεια και την ταχύτητα πτήσης αλλά και στο βάρος που μπορεί να μεταφέρει.

**Flight Control System** (Υπολογιστής Πτήσης): Είναι ο εγκέφαλος του UAV. Ελέγχει τόσο την ταχύτητα όσο και τα πτερύγια του αεροσκάφους.

**Avionics** (Σύστημα Πλοήγησης): Το ηλεκτρονικό σύστημα που κατευθύνει το UAV.

**Radar**: Τα μεγάλα UAV διαθέτουν radar για την ανίχνευση στόχων.

**Gimbal Control** (Σύστημα Ευστάθειας): Είναι το σύστημα ευστάθειας της φωτογραφικής μηχανής το οποίο βελτιώνει την ποιότητα των φωτογραφιών.



Εικόνα 2. Εξαρτήματα UAV (Πηγή: <http://www.electronicproducts.com>)

**Sensors** (Αισθητήρες): Είναι κυρίως φωτογραφικές μηχανές και συστήματα Lidar (Light Detection and Ranging) το οποίο βασίζεται στην εκπομπή παλμικής ακτινοβολίας για την διενέργεια μετρήσεων.

**Datalink** (Σύστημα Απομακρυσμένης Επικοινωνίας): Είναι το σύστημα ώστε να επιτυγχάνεται η απομακρυσμένη επικοινωνία του UAV με τον χειριστή. Όσο πιο μεγάλο και εξεζητημένο είναι το UAV και ικανό να πετάει ακόμα και εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από τον χειριστή, αντιστοίχως είναι και το σύστημα datalink.

Τα δύο τελευταία θα αναλυθούν εκτενώς παρακάτω στα κεφάλαια 1.5 και 1.6.

#### 1.4 Εφαρμογές

Τα drones έχουν μια πληθώρα εφαρμογών τόσο για στρατιωτικούς (συντριπτική πλειοψηφία) όσο και για εμπορικούς - ερευνητικούς σκοπούς. Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η τεράστια διαφορά στο μερίδιο της αγοράς μεταξύ στρατιωτικών και εμπορικών εφαρμογών.

Οι χρήσεις των UAV για στρατιωτικούς σκοπούς είναι:

- Βομβαρδισμοί πολεμικών στόχων
- Κατασκοπία εγκαταστάσεων και στρατοπέδων
- Επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης πιλότων εντός πολεμικών ζωνών
- Αστυνόμευση και προστασία συνόρων
- Διαχείριση πολεμικών επιχειρήσεων μέσω μετάδοσης ζωντανής εικόνας
- Ανίχνευση θαλάσσιων και επίγειων στόχων

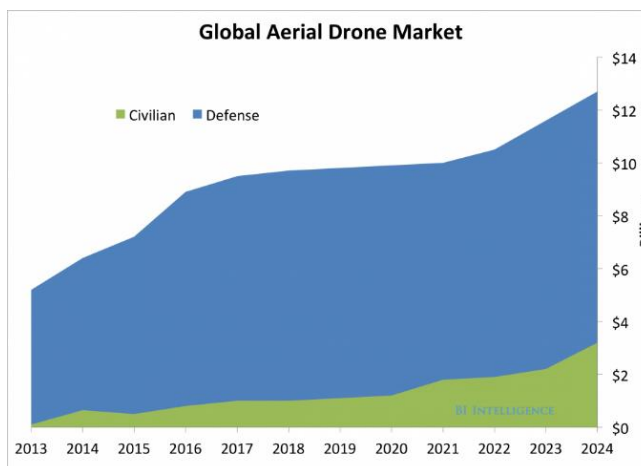


Εικόνα 3. Το μοντέλο MQ-9 Reaper UAV (πηγή US Department of Border Protection)

Στην εικόνα 3 φαίνεται το πιο σύγχρονο μοντέλο UAV που χρησιμοποιούν οι Η.Π.Α. για επιχειρησιακούς σκοπούς.



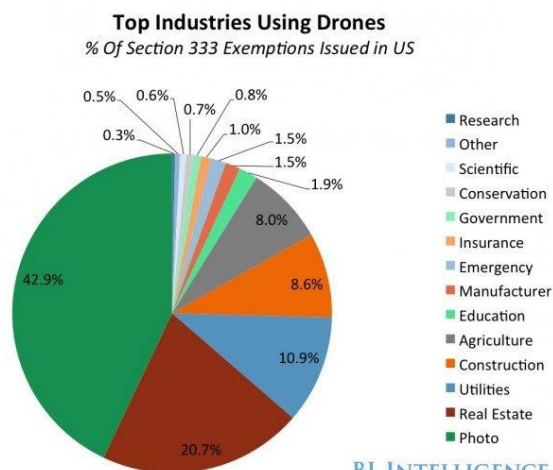
Οι χρήσεις των UAV για εμπορικούς - ερευνητικούς σκοπούς είναι πραγματικά εκατοντάδες. Οι κύριες κατηγορίες χρηστών συνοψίζονται στο γράφημα 5. Στο κομμάτι των εμπορικών εφαρμογών, τα *drones* χρησιμοποιούνται ως πλατφόρμες για την εγκατάσταση αισθητήρων διαφόρων τύπων, με σκοπό την παρακολούθηση και τον έλεγχο από αέρος. Σήμερα τα *drones* χρησιμοποιούνται στην τοπογραφία, στις κατασκευές, στο real estate, στην δασολογία, στην παρακολούθηση και έρευνα του οικοσυστήματος, στην παρακολούθηση του εδάφους, σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, στην επιθεώρηση και παρακολούθηση αγωγών μεταφοράς αερίου και πετρελαίου και σε πολλούς ακόμα τομείς. Η δυνατότητά τους να μεταφέρουν βαρύ εξοπλισμό, έχει επεκτείνει τις δυνατότητές τους για την μεταφορά φαγητού και ιατροφαρμακευτικού υλικού σε μη προσβάσιμες περιοχές [14],[15].



Γράφημα 4. Μερίδιο τζίρου UAV ανά σκοπό (πηγή <http://www.businessinsider.com>)

Οι πιο διαδεδομένες εφαρμογές των *drones* από ιδιοκτήτες και χομπίστες είναι για την λήψη εναέριων φωτογραφιών. Πλέον η αγορά διαθέτει *drones* με ενσωματωμένες κάμερες. Η δυνατότητα του απομακρυσμένου χειρισμού μας επιτρέπει την μετάδοση βίντεο σε πραγματικό χρόνο (*live streaming video*), την αποστολή δεδομένων που συλλέχθηκαν από αισθητήρες σε έξυπνα κινητά (*smartphones*), σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές ή και σε κέντρα ελέγχου [14].

Τέλος, έχουν γίνει πολύ μεγάλες προσπάθειες για την κατασκευή *drone* ικανά να μεταφέρουν



Γράφημα 5. Εφαρμογές *drones* ανά τομέα (Πηγή: FAA, *The verge Drone Project*, 2015)

ελαφριά φορτία. Τα *drones* φέρνουν μια νέα επανάσταση στις μεταφορές, ορίζοντας νέους κανόνες, με εταιρίες όπως το *Amazon (Prime air)*, *DHL (parcelcopter)* και την *Google* να είναι ηγετικές εταιρίες στην έρευνα και διάδοση αυτού του τρόπου μεταφοράς [14],[15].

Στη παρούσα εργασία, στις ενότητες 2 και 3, θα αναλυθούν οι κλάδοι εφαρμογής των UAV στο *Remote Sensing* και στα *Logistics*.

### 1.5 Αισθητήρες (Sensors)

Με την χρήση των *drones* επιτυγχάνουμε μεγάλη άντληση δεδομένων από αισθητήρες οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι πάνω σε αυτά. Πολύ αισθητήρες είναι ικανοί να συλλέγουν δεδομένα με πολύ μεγάλη συχνότητα παρέχοντάς μας μεγάλο όγκο πληροφοριών. Είναι σύνηθες για έναν αισθητήρα να στέλνει δεδομένα με μικρότερο ρυθμό από ότι συλλέγει. Για να διασφαλίσουμε ότι τα δεδομένα που θα σταλούν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα οι αισθητήρες χρειάζονται κατάλληλη βαθμονόμηση.

Οι κύριες κατηγορίες αισθητήρων που τοποθετούνται στα UAV είναι τρεις:

- **Αισθητήρες αποφυγής εμποδίων**

Τα περισσότερα σύγχρονα UAV διαθέτουν σύστημα αποφυγής εμποδίων. Το σύστημα αυτό λαμβάνει δεδομένα από συγκεκριμένους αισθητήρες και αλλάζει την κατεύθυνση κίνησής του όποτε ανιχνεύσει εμπόδιο εντός του διαδρόμου πτήσης. Οι αισθητήρες που συνθέτουν το σύστημα αποφυγής εμποδίων είναι κάμερες και εξαρτήματα μέτρησης απόστασης με την χρήση υπερηχητικών κυμάτων [21].

- **Αισθητήρες πλοήγησης**

Ένα από τα πιο σημαντικά συστήματα των σύγχρονων drone είναι το σύστημα πλοήγησης το οποίο του δίνει την δυνατότητα να ίπταται αυτόνομα και να ακολουθεί το σχέδιο πτήσης που του



Εικόνα 4. Αισθητήρες drone (Πηγή: Carnegie Mellon University <http://wise.ece.cmu.edu/redmine>)

έχει ανατεθεί. Η λειτουργία αυτή θα ήταν αδύνατο όμως να πραγματοποιηθεί με επιτυχία αν δεν είχε την βοήθεια από διάφορους αισθητήρες οι οποίοι τροφοδοτούν με δεδομένα το λογισμικό

πλοήγησης. Οι αισθητήρες αυτοί ονομάζονται IMU (Inertial Measurement Units) και αποτελούν το γυροσκόπιο, το επιταχυνσιόμετρο και το μαγνητόμετρο. Θα πρέπει να τονίσουμε όμως ότι τον σημαντικότερο ρόλο πλοήγησης τον έχει ο αισθητήρας του GPS.

- **Αισθητήρες καταγραφής και μετρήσεων**

Οι πιο σημαντικοί και εξεζητημένοι αισθητήρες είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για καταγραφή και μετρήσεις. Η γκάμα των αισθητήρων αυτών είναι τεράστια. Οι πιο συχνά συναντώμενοι είναι οι κάμερες και τα συστήματα LIDAR (Light Detection And Ranging). Οι κάμερες αυτές μπορεί να είναι απλές φωτογραφικές μηχανές ή πολυφασματικοί αισθητήρες που

ανιχνεύουν και καταγράφουν την ανακλώμενη ηλιακή και την θερμική ακτινοβολία στα ορατά και στα υπέρυθρα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος [22]. Το LIDAR πρόκειται για ένα όργανο (συσκευή ενεργούς τηλεπισκόπησης) με το οποίο μετράμε το αποτέλεσμα της διαμόρφωσης της ακτινοβολίας



*Εικόνα 5. Κάμερες και LIDAR (Πηγή UAV Flight Experiments Applied to the Remote Sensing of Vegetated Areas)*

από τα συστατικά της ατμόσφαιρας. Η τεχνική αυτή βασίζεται στην εκπομπή παλμικής ακτινοβολίας laser στην ατμόσφαιρα και ακολούθως, στην καταγραφή της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας καθώς και του χρόνου που μεσολαβεί ανάμεσα στην εκπομπή και στη λήψη [23] και εφαρμόζεται στην τοπογραφία, στην γεωργία, στην δασολογία και αλλού. Στην ενότητα 2 θα παρουσιαστούν αρκετές τέτοιες εφαρμογές.

### **1.6 Επικοινωνία Δεδομένων (Data Link)**

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της τεχνολογίας των UAV είναι η επικοινωνία του αεροσκάφους με τον χειριστή ο οποίος μπορεί είτε να πιλοτάρει είτε να παρακολουθεί την πτήση και να είναι έτοιμος να επέμβει σε περίπτωση που χρειαστεί. Τα περισσότερα εμπορικά drone

επικοινωνούν με την κονσόλα του επίγειου σταθμού μέσω του φάσματος των συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας στα 2.4 GHz δηλαδή στο εύρος των UHF (ultra-high frequency).

Οι επικοινωνίες δεδομένων είναι ευάλωτες από πολλές απόψεις. Τα κανάλια μετάδοσης της πληροφορίας μπορεί να είναι αρκετά «θορυβώδη» και μπορεί να έχουμε πολλές αστοχείς μεταδώσεις πληροφορίας. Το περιεχόμενο τους μπορεί να μεταλλαχθεί, να υποκλαπεί να αντιγραφεί ή ακόμα και να μην φτάσει. Για την προστασία των δεδομένων χρησιμοποιούνται κατάλληλα firewalls ή bodyguards του δικτύου ώστε να διασφαλιστούν τα δεδομένα [13],[16].

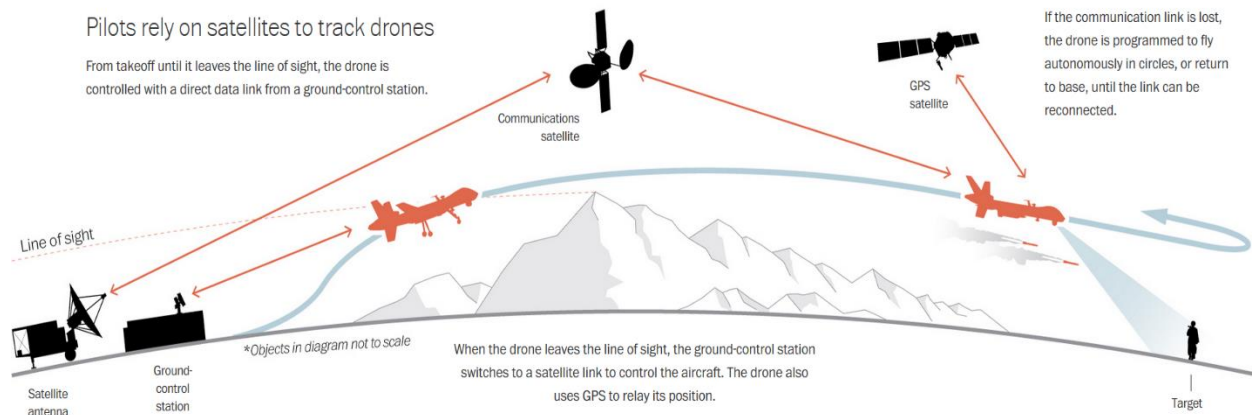
Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον έχει να μελετήσουμε τον τρόπο επικοινωνίας του πιο εξελιγμένου UAV που χρησιμοποιείται παγκοσμίως και το οποίο είναι το MQ-9 Reaper που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, οι κίνδυνοι για την δημόσια ασφάλεια αν κάποιος καταφέρει να υποκλέψει και αναλάβει τον έλεγχο της εξελιγμένης αυτής πολεμικής μηχανής είναι σημαντικότεροι και για αυτό απαιτείται η χρήση πρωτοκόλλων ασφαλείας. Το MQ-9 Reaper χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνιών του αμερικάνικου στρατού TCDL (Tactical Common Data Link) το οποίο εξασφαλίζει την μέγιστη δυνατή ασφάλεια δεδομένων [26]. Το TCDL υποστηρίζει πλήρη και αμφίδρομη ταυτόχρονη επικοινωνία και δουλεύει στα εύρος 12–18 GHz δηλαδή στην μπάντα Ku. Ανήκει στο εύρος SHF (Super High Frequency) και έχει την δυνατότητα να μεταφέρει δεδομένα με ταχύτητα 274 Mbit/s [27].

Το κέντρο ελέγχου του MQ-9 Reaper UAV βρίσκεται στην 432 πτέρυγα μάχης της αμερικανικής πολεμικής αεροπορίας στην πολιτεία της Νεβάδα. Παρ' όλα αυτά, το MQ-9 Reaper έχει την δυνατότητα να επιχειρεί στην άλλη άκρη της γης. Όπως φαίνεται και στο γράφημα 6, το UAV από την στιγμή απογείωσης του και όσο υπάρχει οπτική επαφή ελέγχεται από τον επίγειο σταθμό (εικόνα 6). Οι πιλότοι λαμβάνουν συνεχώς όλα τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, όπως υψόμετρο, ταχύτητα, την θέση και ζωντανή εικόνα από τις εξελιγμένες κάμερες στόχευσης του drone. Όταν το εκείνο περάσει την εμβέλεια του απευθείας ελέγχου από τον επίγειο σταθμό, δορυφόροι αναλαμβάνουν να αναμεταδώσουν το σήμα ώστε να υπάρχει συνεχώς σταθερή



*Εικόνα 6. Το κέντρο ελέγχου στην 432 πτέρυγα μάχης στην Νεβάδα. (Πηγή US Air Force)*

επικοινωνία. Εάν παρ' όλα αυτά η επικοινωνία διακοπεί, το MQ-9 Reaper είναι προγραμματισμένο να πετάει κυκλικά έως ότου αποκατασταθεί η επικοινωνία και αν αυτό δεν γίνεται σε κάποιο εύλογο χρονικό διάστημα, αυτομάτως επιστρέφει στην βάση.



Γράφημα 6. Πως καθοδηγείται το UAV MQ-9 Reaper (Πηγή: Washington Post [25])

## 2. Εφαρμογές των UAV στο Remote Sensing

Με τον όρο Τηλεπισκόπηση εννοείται η επιστήμη παρατήρησης φαινομένων και χαρακτηριστικών από απόσταση. Η λέξη είναι σύνθετη και αποτελείται από το επίρρημα τηλε- και το ρήμα επισκοπέω/-ώ, δηλαδή παρατηρώ από μακριά. Στη διεθνή βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ο όρος Remote Sensing [22]. Η Τηλεπισκόπηση ή αλλιώς Remote Sensing είναι ένας τρόπος συλλογής πληροφοριών για διάφορα αντικείμενα, χρησιμοποιώντας όργανα που δεν έρχονται σε επαφή με τα αντικείμενα αυτά.

Στην τηλεπισκόπηση είναι απαραίτητα τρία στοιχεία [28]:

1. Μία πλατφόρμα στην οποία τοποθετείται το όργανο μέτρησης (UAV).
2. Ένα ή περισσότερα αντικείμενα προς παρατήρηση.
3. Ένα όργανο μέτρησης ή αισθητήρας με τον οποίο παρατηρείται το αντικείμενο (κάμερες, LIDAR).

Η παρατήρηση της επιφάνειας της Γης είναι δυνατή με τη χρήση ψηφιακών σαρωτών (τηλεσκοπικών ανιχνευτών) που ανιχνεύουν την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι

εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη, ελικόπτερα, UAV).

Στις προηγούμενες ενότητες αναλύθηκαν τόσο τα UAV όσο και οι αισθητήρες καταγραφής δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις εφαρμογών της συγκεκριμένης επιστήμης. Σε όλες τις εφαρμογές, σημαντικό ρόλο έχει η επιστήμη της φωτογραμμετρίας, ο κλάδος δηλαδή της τηλεπισκόπησης που ασχολείται με τον προσδιορισμό των διαστάσεων αντικειμένων με την χρήση φωτογραφιών

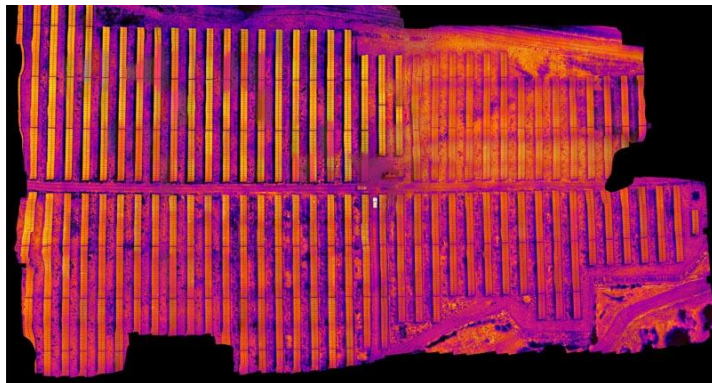
## 2.1 Μελέτες Εφαρμογής

### Κατασκευές

Σε τεχνικά έργα, όπου είναι απαραίτητη η επίβλεψη από εξειδικευμένο προσωπικό, τα drones χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για τον εντοπισμό αλλοιώσεων και αστοχιών. Έτσι, υπάρχουν αναφορές επιθεώρησης φραγμάτων, ηλεκτρικών δικτύων αλλά και γεφυρών [29]. Η διαχρονική παρακολούθηση μεγάλων τεχνικών έργων, προλαμβάνει πιθανή σταδιακή ολοκληρωτική αστοχία και κατάρρευση της κατασκευής.

### Ενέργεια

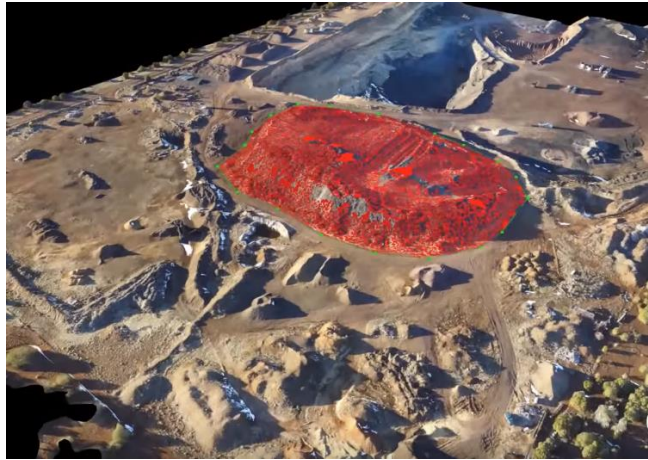
Εκτός των φωτογραφιών στο ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται θερμικές κάμερες, αναγνωρίζοντας διαφοροποιήσεις στη θερμοκρασία και την υγρασία οι οποίες υποδεικνύουν εν δυνάμει αστοχίες και φθορές των κατασκευαστικών υλικών. Παρόμοιες περιπτώσεις συναντώνται σε έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως για παράδειγμα σε ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά πάρκα. Στον τομέα αυτό, η επιθεώρηση έχει σκοπό τον εντοπισμού ηλεκτρομηχανικών βλαβών, καθώς οι θερμικές κάμερες καταγράφουν πιθανή υπερθέρμανση, φθορά ή και διακοπή στην παροχή ή συνδεσμολογία των ηλιακών πάνελ [30].



Εικόνα 7. Εναέρια επιθεώρηση ηλιακών πάνελ με θερμική κάμερα (πηγή [30])

### Τοπογραφία

Η δυνατότητα της χρήσης των drones για τρισδιάστατες αποτυπώσεις μέσω κατάλληλων φωτογραμμετρικών λογισμικών, έχει πολύ σημαντικά οφέλη στην εκπόνηση μελετών, στην γεωμετρική επίβλεψη κατασκευών, στην σύνταξη τοπογραφικών διαγραμμάτων και στην διαστασιολόγηση βιομηχανικών μηχανημάτων. Εφαρμογές αυτών των δυνατοτήτων τρισδιάστατης αποτύπωσης (ή αλλιώς μοντελοποίησης) αποτελούν η επίβλεψη τεχνικών έργων για την παρακολούθησή τους σε θέματα στατικότητας και αντοχής υλικών, η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων, η ανάλυση παραμορφώσεων γεωμορφολογίας ή άλλων αντικειμένων όπως δορυφορικών κεραιών, ανεμογεννητριών. Επίσης παρέχονται σημαντικές λύσεις στην επιμέτρηση εκσκαφών σε μεγάλα μεταλλεία).



Εικόνα 8. Υπολογισμός όγκου χωματισμού σε μεταλλείο (πηγή [31])

### Μνημεία

Το άγαλμα του Χριστού στην πόλη του Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας είναι ένα από τα πιο σημαντικά μνημεία παγκοσμίως. Το άγαλμα κατασκευάστηκε το 1931, έχει ύψος 38 μέτρα, πλάτος 28 μέτρα και βρίσκεται στην κορυφή του λόφου Κορκοβάντο. Σκοπός του έργου ήταν η



Point Cloud of statue and surrounding area

Εικόνα 9. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση του αγάλματος (πηγή [29] )

τριδιάστατη μοντελοποίηση του αγάλματος με την χρήση drone κατακόρυφης ανύψωσης, εξοπλισμένο με φωτογραφική μηχανή. Οι μετρήσεις διήρκησαν 7 ημέρες, κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν 19 πτήσεις από 15 λεπτά. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν είναι 2090 φωτογραφίες οι οποίες επεξεργάστηκαν σε ειδικό λογισμικό φωτογραμμετρίας [29]. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 7.

### 3. Εφαρμογές των drones στα logistics

Ένας χώρος στον οποίο τα drones λαμβάνουν μεγάλη αναγνώριση και στον οποίο γίνεται μεγάλη έρευνα τα τελευταία χρόνια είναι τα *logistics*. Η χρήση των *Unmanned Aerial Systems (UAS)* μελετήθηκε και εφαρμόστηκε αρχικά για στρατιωτική χρήση και όχι για δημόσια. Ωστόσο η εμπορική τους χρήση μπορεί να αποβεί πολύ δαπανηρή καθώς επιβάλλεται η



Εικόνα 10. Parcelcopter της DHL (Πηγή: DHL)

επίλυση σοβαρών προβλημάτων όπως, ποιος είναι ο κατάλληλος τύπος *drone* που θα χρησιμοποιηθεί. Υπάρχουν επίσης θέματα αναγνώρισης τοποθεσίας, δρομολόγησης (πως θα βρεθεί δηλαδή η βέλτιστη διαδρομή), και πως τα *drones* θα συνεργαστούν μεταξύ τους καθώς πολλά μπορεί να ίπτανται στην ίδια περιοχή με σκοπό την παράδοση εμπορευμάτων. Εταιρίες όπως η *Amazon (Prime air)*, η *DHL (parcelcopter)* και η *Google* αποτελούν τους ηγέτες στην χρήση των *drones* για μεταφορά εμπορευμάτων και έχουν ανοίξει νέους ορίζοντες στον κλάδο [14].

#### **Εμπορικές εφαρμογές των drones**

Η *Amazon* με την χρήση της υπηρεσίας *Prime Air*, υπόσχεται παράδοση μικρών εμπορευμάτων σε χρόνο μικρότερο από 30 λεπτά. Πρόκειται για μια υπηρεσία που η δράση της ξεκινά στις αποθήκες της *amazon* όπου μικρά δέματα τοποθετούνται πάνω στο *UAV* σε ειδικά διαμορφωμένους αποθηκευτικούς χώρους. Το *drone* αναχωρεί από την αποθήκη μεταφέροντας το δέμα και ταξιδεύει για την τοποθεσία όπου βρίσκεται ο πελάτης, στην οποία κατευθύνεται με την χρήση συστήματος *GPS* το οποίο είναι εγκατεστημένο πάνω του. Το *drone* απελευθερώνει το δέμα κοντά στην πόρτα του πελάτη και στην συνέχεια επιστρέφει στην αποθήκη της εταιρίας. Όλη αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα χωρίς να παρεμβαίνει ο ανθρώπινος παράγοντας [13]. Σύμφωνα με



την *Amazon* πάνω από το 80% των αποστολών που πραγματοποιεί αφορά δέματα με βάρος μικρότερο από 5Kg καθιστώντας δυνατή την παράδοσή τους με *drones*.

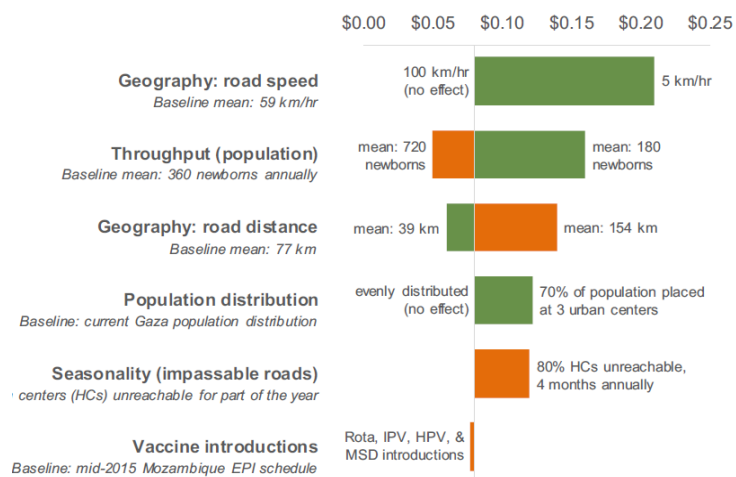
Ωστόσο η *Amazon* δεν είναι η μόνη εταιρία που έχει εισάγει τα *drones* για την παράδοση εμπορευμάτων. Η *DHL* εισήλθε στον χώρο των *drones* με το *Parcelcopter* το οποίο επιχειρεί σε παράκτιες περιοχές της Γερμανίας για την παράδοση ιατροφαρμακευτικού υλικού. Η *UPS* έχει προχωρήσει στην χρήση των *drones* για εσωτερικές μεταφορές εμπορευμάτων στις αποθήκες ή μεταξύ του δικτύου αποθηκών που διαθέτει. Ακόμα, η γνωστή ναυτιλιακή εταιρία *Maersk* χρησιμοποίησε *drones* για την αποστολή εμπορευμάτων πάνω σε καράβια της.



Εικόνα 11. Drone της υπηρεσίας Prime air από την Amazon (Πηγή: Amazon)

### ***Drone logistics στον ιατροφαρμακευτικό κλάδο***

Πέρα από την χρήση των *drones* στον εμπορικό κλάδο, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζεται και στον ιατροφαρμακευτικό κλάδο. Μια πολύ ενδιαφέρουσα μελέτη έδειξε τα τεράστια οφέλη που μπορούν να υπάρξουν από την μεταφορά εμβολίων σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος με την χρήση αυτής της τεχνολογίας. Σύμφωνα με [17] είναι πολλές οι περιπτώσεις όπου η επίγεια πρόσβαση γίνεται με πάρα πολύ μεγάλη δυσκολία και μπορεί να πάρει και μέρες με αποτέλεσμα να υπάρχουν δραματικές καθυστερήσεις για εμβόλια υψίστης σημασίας. Δυσκολίες στην ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας οδηγούν ακόμη και στην αχρήστευση εμβολίων πριν ακόμη φτάσουν στο παραλήπτη, καθιστώντας αναγκαία την εύρεση ενός καινοτόμου τρόπου μεταφοράς με χαμηλότερο κόστος.



Γράφημα 7. Διάγραμμα εξοικονόμησης κόστους με την χρήση UAS υπό μεταβαλλόμενο περιβάλλον (Πηγή: [17]).

Ωστόσο, δεν έχει γίνει εμπειριστατωμένη έρευνα για την χρήση των *drones* για μεταφορά ιατρικού υλικού σε κοινωνικό επίπεδο. Όπως με κάθε νέα τεχνολογία, το κόστος απόκτησης, συντήρησης και λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος να είναι πολύ υψηλό. Ακόμα, οι υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με το βάρος του φορτίου και τις συνθήκες μεταφοράς του. Με την χρήση κατάλληλου προγράμματος προσομοίωσης αποδείχθηκε ότι η χρήση των *drones* για αυτό τον σκοπό είναι πολύ πιο αποδοτική και οικονομική έναντι των παραδοσιακών μεθόδων μεταφοράς [17].

Στο βασικό σενάριο που έγινε η μελέτη, αποδείχθηκε ότι υπήρξε αύξηση στην διαθεσιμότητα των εμβολίων στο 96% έναντι του 94%, και το ενδεικτικό κόστος ανά δόση μειώθηκε σε 0.33\$ έναντι 0.41\$, μειώνοντας την δόση κατά 0.08\$ ανά δόση[13],[17].

### ***Last mile deliveries***

Η συνδρομή των *drones* στα *logistics* μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στο τελευταίο στάδιο μεταφοράς, το οποίο είναι από την αποθήκη στον πελάτη (*last - mile delivery*), ειδικά στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπου οι παραδόσεις με φορτηγό μπορεί να έχουν μεγάλες καθυστερήσεις λόγω αυξημένης κίνησης, ή να μην υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές για φορτηγά. Αποτελεί το πιο κοστοβόρο κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας, το λιγότερο αποδοτικό και το λιγότερο φιλικό προς το περιβάλλον. Παρά την μεγάλη σημασία του, είναι ένα ζήτημα που είναι ακόμη υπό μελέτη[18].

Η χρήση των *drones* μπορεί να συμβάλλει στο να ξεπεραστεί το πρόβλημα της κίνησης, παρέχοντας πιο γρήγορες και αξιόπιστες υπηρεσίες κάνοντας παράλληλα την μεταφορά πιο φιλική για το περιβάλλον[13],[18].

### ***Τεχνικά ζητήματα στην εφαρμογή των drones στα logistics***

Από τεχνικής άποψης, γίνονται μεγάλες έρευνες για την βελτίωση του χρόνου πτήσης και της ασφάλειας των *drones*. Για την μεταφορά δεμάτων χρησιμοποιούνται κυρίως μικρά *drones*, η λειτουργία των οποίων βασίζεται σε μπαταρίες. Η έρευνα στην εξέλιξη των μπαταριών συνδράμει στην βελτίωση της χωρητικότητάς τους, βελτιώνοντας τον χρόνο που μπορούν να βρίσκονται στον αέρα, την ταχύτητα και το ωφέλιμο φορτίο τους. Ωστόσο για λόγους ασφαλείας και αξιοπιστίας, τα *UAV* μπορεί να χρειάζονται εφεδρικά συστήματα τα οποία θα καταναλώνουν ενέργεια, μειώνοντας την αυτονομία τους. Η λειτουργία τους βασίζεται και στην τεχνολογία GPS. Σε περιπτώσεις πυκνοκατοικημένων περιοχών είναι πολύ πιθανό να έχουμε απώλεια σήματος από

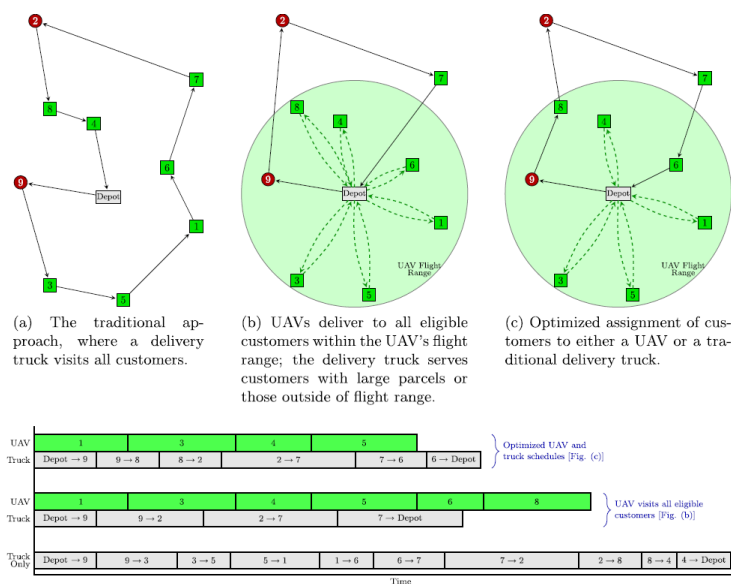
τον δορυφόρο, ανοίγοντας ορίζοντες για περαιτέρω έρευνα σε θέματα αναγνώρισης τοποθεσίας και πλοήγησης. Ξεπερνώντας και αυτό το πρόβλημα, ερχόμαστε αντιμέτωποι με την δυνατότητα αναγνώρισης εμποδίων και την αποφυγή τους [16].

**Λειτουργικά ζητήματα**

Πέρα από τις τεχνικές προκλήσεις είμαστε αντιμέτωποι και με τις λειτουργικές. Στην περίπτωση του *Prime Air* της *Amazon*, τα *UAV* έχουν μια ακτίνα δράσεις 10 μιλίων, οπότε τα κέντρα διανομής πρέπει να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Επίσης για να επιτύχουμε οικονομίες κλίμακας, θα πρέπει τα κέντρα διανομής να βρίσκονται σε αστικά κέντρα. Στα αστικά κέντρα όμως δεν είναι και πολύ εφικτό να έχουμε πρόσβαση στην πόρτα του πελάτη καθώς οι άνθρωποι κατοικούν σε πολυκατοικίες. Επίσης σύμφωνα με την *Amazon*, το 86% των αποστολών που πραγματοποιεί αφορούν δέματα με βάρος το οποίο επιτρέπει την χρήση της υπηρεσίας prime αλλά για το υπόλοιπο ποσοστό όμως θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν παραδοσιακά μέσα [16],[19].

**Μελέτες εφαρμογής**

Η χρήση των drones μπορεί να μειώσει δραματικά τους χρόνους παράδοσης. Ο συνδυασμός όμως παραδοσιακών μέσων με τα drones, μπορεί να τους μειώσει ακόμα περισσότερο. Το φορτηγό αναχωρεί από το κέντρο διανομής φορτωμένο με εμπορεύματα και drones. Όσο το φορτηγό κάνει παραδόσεις, τα drones απογειώνονται από το φορτηγό κάνοντας ξεχωριστές παραδόσεις σε πελάτες. Αφού ολοκληρώσει την παράδοση επιστρέφει πίσω στο φορτηγό και εκεί ο οδηγός καλείτε να τοποθετήσει το νέο δέμα προς παράδοση, να αντικαταστήσει τις μπαταρίες και να το τοποθετήσει σε κατάλληλη θέση όσο είναι μέσα στο φορτηγό [19]. Έτσι επιτυγχάνεται μια ταχύτερη διανομή, όπως φαίνεται και στο γράφημα 8. Μέχρι σήμερα δεν έχει υπάρξει έρευνα πάνω σε αλγόριθμους για τον συνδυασμό φορτηγών διανομής και drones.



(d) A comparison of delivery schedules for the three systems depicted above.

**Γράφημα 8. Παράδοσεις εμπορευμάτων είτε με παραδοσιακά μέσα είτε με UAV. Οι πελάτες 2 και 9 δε μπορούν να**

#### 4. Συμπεράσματα

Τα Συμπεράσματα που προκύπτουν είναι:

- Οι χρήσεις των UAV επεκτείνονται συνεχώς σε όλους τους τομείς που αφορούν το αστικό περιβάλλον όπως τα κτίρια, οι μεταφορές, το οδικό δίκτυο κι η ενέργεια.
- Αυξάνεται ραγδαία η χρήση τους για ερευνητικούς σκοπούς.
- Η γκάμα των αισθητήρων καταγραφής είναι τεράστια και θα αυξάνεται συνεχώς με την εξέλιξη της τεχνολογίας.
- Για κάθε νέα πιθανή εφαρμογή πρέπει να συναχθεί η βελτιστοποίηση της χρήσης των UAV σε σχέση με τις εναλλακτικές μεθοδολογίες, το κόστος, και την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού.
- Τα κύρια μειονεκτήματα πολλών εμπορικών συστημάτων είναι προκατασκευασμένα για συγκεκριμένες εφαρμογές χωρίς τη δυνατότητα επέκτασης.
- Έχουν προκύψει σημαντικά θέματα που αφορούν στην ασφάλεια και την «ιδιωτικότητα» Όσον αφορά την ασφάλεια, ήδη εφαρμόζονται πρωτόκολλα και εξοπλισμός ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας τα οποία προσφέρουν δυνατότητες αυτόνομης αποφυγής συγκρούσεων, ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των drones, απομακρυσμένης παρακολούθησης των ιδιοκτητών τους και των στοιχείων πτήσης τους, μέχρι και αποκλεισμός από ζώνες και περιοχές απαγόρευσης.
- Εγείρονται προβλήματα ακριβούς προσδιορισμού θέσης κατά την προσγείωση, καθώς και πιθανής πρόσκρουσης σε υποδομές ή ανθρώπους. Επιλύονται με την δημιουργία δομών προσγείωσης σε ταράτσες ή αυλές κτιρίων, και τεχνολογικά μέσω κατάλληλων αλγορίθμων επεξεργασίας εικόνων και υπερηχητικών ή υπέρυθρων αισθητήρων.
- Τα drones έχουν εισέλθει στην καθημερινότητά μας, και όπως οι περισσότερες τεχνολογικές λύσεις μπορούν με την ορθολογική τους χρήση να αποτελέσουν συστατικά στοιχεία για την πρόοδο, την βελτίωση της ζωής και την προστασία του πολίτη.

Θέματα προς μελλοντική μελέτη:

- Θα πρέπει να υπάρξει περαιτέρω έρευνα στον τομέα της μεταφοράς ανθρώπων με UAV.
- Εφαρμογή πιο αυστηρού νομικού πλαισίου για να περιοριστούν αναπόφευκτα προβλήματα.
- Βελτίωση συστήματος αποφυγής συγκρούσεων.
- Βελτίωση ενεργειακής αυτονομίας εμπορικών drone.
- Βελτίωση πρωτοκόλλων ασφαλούς επικοινωνίας όσο αφορά τα drone που χρησιμοποιούνται για πολεμικούς σκοπούς.

**Βιβλιογραφία**

- [1] Clarke, R. (2014). *Understanding the drone epidemic*. Computer law and security, review 30, 230-246
- [2] Martin B., *Science and War*, Australian National University, 1983
- [3] *Remote Piloted Aerial Vehicles: An Anthology*  
[http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav\\_home.html#Beginnings](http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html#Beginnings)
- [4] Haydon, F.S. Aeronautics in the Union and Confederate Armies, With a Survey of Military Aeronautics Prior to 1861. In *Military Ballooning During the Early Civil War*; Johns Hopkins University Press: Baltimore, MD, USA, 2000; Volume 1.
- [5] Hannavy, J., Ed. *Encyclopedia of Nineteenth-Century Photography*; Routledge, Taylor & Francis Group: 2007; Volume 1, pp. 14–15
- [6] NASA Armstrong Fact Sheet: Environmental Research Aircraft and Sensor Technology (ERAST) <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-020-DFRC.html>
- [7] Adam C., Vincent G. Ambrosia, Everett A. Hinkley, *Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use*, 2012
- [8] Federal Aviation Administration, *SUMMARY OF SMALL UNMANNED AIRCRAFT RULE*, Washington, 2016
- [9] European Aviation Safety Agency, *Regulations on Unmanned Aircraft Operations*, 2016
- [10] Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας, *Κανονισμός πτήσεων των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ)*, 2016
- [11] Johnson M, *Components for Creating an Unmanned Aerial Vehicle*, Michigan State University, 2015
- [12] Clarke, R. (2014). *What drones inherit from their ancestors*. Computer law and security, review 30, 247-262

- [13] Tavana, M., Khalini-Damghani, K., Santos-Arteada, F., Zandi, M. (2017). *Drone shipping versus truck delivery in a cross-docking system with multiple fleets and products*, *Expert systems with applications*, 72, 93-107
- [14] Rao, B., Gopi, A., Maione, R. (2016). *The social impact of commercial drones*. *Technology in Society*, 45, 83-90
- [15] Chow, J. (2016). *Dynamic UAV-based traffic monitoring under uncertainty as a stochastic arc-inventory routing policy*, *International Journal of transportation science and technology*.
- [16] Barmponakis, E., Vlahogianni, E., Golias, J. (2017). *Unmanned Aerial Aircraft Systems for the transportation engineering: Current practice and future challenges*, *International Journal of transportation science and technology*
- [17] Haidari, L., Brown, S., Ferguson, M., Bancroft, E., Spiker, M., Wilcox, A., Ampikapathi, R., Sampath, V., Connor, D., Lee, B. (2016). *The economic and operational value of using drones to transport vaccines*, *Vaccine*, 34, 4062-4067
- [18] Yakiki, E., (2016). *Solving location and routing problem for UAVs*. *Computer & Industrial Engineering*, 102, 294-301
- [19] Murray, C., C., Chu, A., G. (2015). *The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery*, *Transportation Research, C* 54, 86-109
- [20] Jiang, T., Geller, J., Ni, D., Collura, J. (2017). *Unmanned aircraft system traffic management: Concept of operation and system architecture*, *International Journal of transportation science and technology*.
- [21] Aerialtronics.com, *Aerialtronics Improves UAV Safety with Collision Avoidance System*, 2015
- [22] Περάκης Κ., *Η Τηλεπισκόπηση σε 13 Ενότητες*, ΕΜΠ, 2015
- [23] Μπαλής Δ., *Διερεύνηση των σημάτων τηλεπισκόπησης LIDAR*, ΑΠΘ, 2015
- [24] Salamí E., Barrado C. and Pastor E., *UAV Flight Experiments Applied to the Remote Sensing of Vegetated Areas*, 2014
- [25] Cuadra A. and Whitlock C., *How drones are controlled*, *Washington Post*, 2015
- [26] Shachtman N. and Axe D., *Most U.S. Drones Openly Broadcast Secret Video Feeds*, *Wired.Com*. 2012
- [27] L3 Communications Systems West, *Ku-band Data Link for MQ Reaper*, 2008

[28] ESA – European Space Agency, *What is Remote Sensing*, [www.esa.int](http://www.esa.int)

[29] <https://www.aibotix.com/en/industry.html>

[30] <http://www.flir.eu/>

[31] [www.cgrs.com](http://www.cgrs.com)

[32] Chen L., *Projeto Redentor White Paper*, Aeryon Labs Inc., 2015

[33] [www.senselab.tuc.gr](http://www.senselab.tuc.gr)