



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

**ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ, ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
Π.Μ.Σ. ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη συστήματος ανίχνευσης πυρκαγιάς και
γενικότερα φυσικών καταστροφών σε ανοιχτό και σε
κλειστό πεδίο-περιβάλλον**

**Καραντζούλης Αλέξανδρος
Α.Μ. 13004**

Επιβλέπων: Κώστας Βασιλάκης

Τρίπολη, Μάιος 2016

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	i
Ευρετήριο Εικόνων	iii
Περίληψη	5
Abstract	6
1 Εισαγωγή	7
1.1 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAVs) και εναέρια μικρο-οχήματα (MAVs).....	7
1.2 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα και εναέρια μικρο-οχήματα: ορισμοί, ιστορία, ταξινόμηση και εφαρμογές	18
1.2.1 Ορισμός.....	18
1.2.2 Ιστορικά στοιχεία	19
1.2.3 Τύποι και κατηγορίες UAV	21
1.2.4 Εφαρμογές.....	24
1.3 Θέματα και Προοπτικές για τον Έλεγχο και τη Λειτουργία Συστημάτων Εμπορικής Χρήσης Αυτόνομων UAVs.	25
1.4 Μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη των UAV και MAVs.....	28
2 Επισκόπηση Συστήματος	34
3 Συμπεράσματα - Μελλοντικές δυνατότητες έρευνας.....	42
4 Παραρτήματα	43
5 Βιβλιογραφία.....	44

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1-1 Καταχωρημένα UAV το 2002.....	8
Εικόνα 1-2. Επενδύσεις έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα των UAV ανά χώρα.....	9
Εικόνα 1-3. Εφαρμογές των UAV για πολιτικούς και στρατιωτικούς σκοπούς το 2002.....	10
Εικόνα 1-4 Πρόβλεψη για εφαρμογές των UAV για πολιτικούς και στρατιωτικούς σκοπούς.....	10
Εικόνα 1-5. Εξέλιξη των ετήσιων δαπανών του Υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α. για UAVs [5].....	11
Εικόνα 1-6 Εξέλιξη των ετήσιων δαπανών.....	12
Εικόνα 1-7. Ετήσιες δαπάνες στην Ευρώπη.....	12
Εικόνα 1-8 Μεταφορές- Παραδόσεις UAV.....	14
Εικόνα 1-9 % των συνολικών UAV που παρελήφθησαν ανά χώρα (2010-2014).....	15
Εικόνα 1-10 Ποσοστό των συνολικών προμηθεύσεων UAV από τη χώρα εξαγωγής (1985-2014).....	15
Εικόνα 1-11 Πρόβλεψη για την παγκόσμια ετήσια αξία παραγωγής UAV.....	16
Εικόνα 1-12. Amazon Delivery Drone.....	17
Εικόνα 1-13. CPR Drone.....	17
Εικόνα 1-14. Google solar-powered drone.....	17
Εικόνα 1-15. Το πρώτο UAV (έτος κατασκευής: 1916).....	19
Εικόνα 1-16. Predator.....	20
Εικόνα 1-17 UAV της NASA για πολιτική χρήση (Helios).....	20
Εικόνα 1-18 UAV της NASA για πολιτική χρήση (Proteus).....	20
Εικόνα 1-19 UAV της NASA για πολιτική χρήση (Altus).....	21
Εικόνα 1-20. UAV σταθερής πτέρυγας.....	22
Εικόνα 1-21. UAVs περιστρεφόμενων πτερύγων.....	22
Εικόνα 1-22. Blimps (π.χ. αερόστατα και αερόπλοια).....	22
Εικόνα 1-23. UAV με εύκαμπτα/αναμορφωμένα φτερά.....	23
Εικόνα 1-24. Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, από μεγάλου μεγέθους μέχρι ιπτάμενα μικρο-ρομπότ.....	24
Εικόνα 1-25 QTW-UAV από τον G H Craft και το Πανεπιστήμιο Chiba.....	25
Εικόνα 1-26 Εναέριο Micro robot από την Seiko-Epson και το Πανεπιστήμιο Chiba.....	26
Εικόνα 1-27 Τετρακινητήριο Εναέριο Μικρο AV (Quad Copter) X-3D-BL.....	27
Εικόνα 1-28 Επισκόπηση συστήματος SKYSURVEYOR για παρακολούθηση δικτύου ηλεκτροδότησης από τον Hirobo Co., Πανεπιστήμιο Chiba και την εταιρία ηλεκτρισμού Chugoku.....	28
1-29 Ο Raffaello D'Andrea από το ETH Zurich παρουσίασε MAVs που δρουν όχι μόνο σε σχηματισμό αλλά και συλλογικά.....	29
Εικόνα 1-30 Η τάση στην εξέλιξη της αυτονομίας των UAV.....	30

Εικόνα 1-31 Η τάση εξέλιξης της ταχύτητας της CPU.....	30
Εικόνα 1-32 Σύγκριση μεταξύ επεξεργαστικής ισχύος και μνήμης.....	31
Εικόνα 2-1 AR.Drone 2.0. της Parrot	34
Εικόνα 2-2 Raspberry Pi 3	35
Εικόνα 2-3 Τεχνικά χαρακτηριστικά Raspberry Pi 3	35
Εικόνα 2-4 Raspberry Pi Camera.....	36
Εικόνα 2-5 OpenCV (Open Source Computer Vision).....	36
Εικόνα 2-6 Open source framework for building computer vision applications	37
Εικόνα 2-7 Φίλτρο Thresholding (OpenCV)	37
Εικόνα 2-8 Εφαρμογή φίλτρου εικόνας.....	38
Εικόνα 2-9 Πλακέτα μικρο – ελεγκτή Arduino	39
Εικόνα 2-10 Arduino Motor Shield	39
Εικόνα 2-11 Συνδεσμολογία του κυκλώματος των κινητήρων	40
Εικόνα 2-12 Συνδεσμολογία του κυκλώματος αισθητήρα	40
Εικόνα 2-13 Διαφορές Arduino και Raspberry	41

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αφορά στον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός συστήματος ανίχνευσης πυρκαγιάς και γενικότερα φυσικών καταστροφών σε ανοιχτό και σε κλειστό πεδίο-περιβάλλον. Το σύστημα αυτό θα μπορεί να αναρτάται σε αυτοκινούμενα οχήματα και έτσι θα μπορεί να παρέχει συνεχή και οικονομική του πεδίου χωρίς χρονικούς περιορισμούς και με δυνατότητα κάλυψης δυσπρόσιτων περιοχών.

Abstract

The goal of this master thesis is the design and implementation of a fire detection system (which will in general be able to detect any kind of physical catastrophe) that will be able to operate both in indoor and outdoor fields. This system will be able to be mounted on UAVs (and unmanned vehicles, in general), offering thus field coverage without time limits and with the potential to cover inaccessible areas.

1 Εισαγωγή

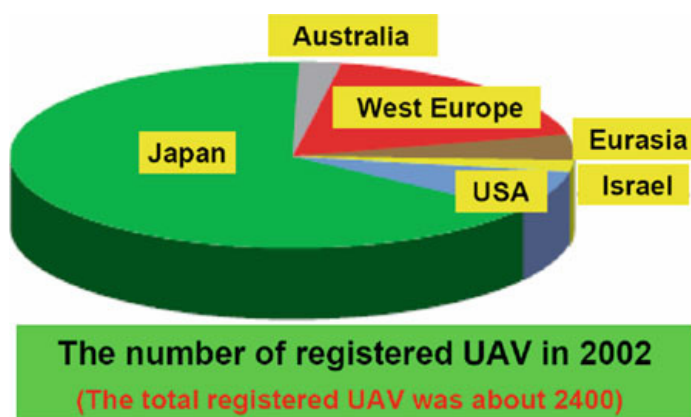
Η πρόοδος της ρομποτικής έχει ενισχύσει τη χρήση αυτόνομων οχημάτων σε κουραστικές και επικίνδυνες εργασίες, καθώς επίσης και τη χρήση τους ως οικονομικά υποκατάστατα σε διάφορες εργασίες. Ανάλογα το «εργασιακό- λειτουργικό» τους περιβάλλον γίνεται μια κατηγοριοποίηση των αυτόνομων οχημάτων που περιέχει τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAVs – unmanned aerial vehicles), μη επανδρωμένα οχήματα εδάφους (UGVs – unmanned ground vehicles), αυτόνομα υποβρύχια οχήματα (AUVs – autonomous underwater vehicles), και αυτόνομα οχήματα επιφάνειας (ASVs – autonomous surface vehicles).

Τα UAVs, τα UGVs, AUVs και ASVs αναφέρονται συλλογικά ως UVs (μη επανδρωμένα οχήματα – unmanned vehicles). Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη των μη επανδρωμένων αυτόνομων οχημάτων έχει μεγάλο ενδιαφέρον και διάφορα είδη αυτόνομων οχημάτων έχουν μελετηθεί και αναπτυχθεί σε όλο τον κόσμο. Ειδικότερα, τα UAVs έχουν πολλές εφαρμογές σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Οι άνθρωποι συχνά δεν μπορούν να προσεγγίσουν μια επικίνδυνη φυσική καταστροφή όπως ένα σεισμό, μια πλημύρα, ένα ενεργό ηφαίστειο ή μια πυρηνική καταστροφή. Με την ανάπτυξη των πρώτων UAVs, οι προσπάθειες έρευνας είχαν επικεντρωθεί σε στρατιωτικές εφαρμογές. Πρόσφατα, ωστόσο, η ζήτηση έχει αυξηθεί για UAVs, όπως ιπτάμενα ρομπότ, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Μεταξύ της μεγάλης ποικιλίας των UAVs που έχουν αναπτυχθεί, μικρής κλίμακας HUAVs (UAVs τύπου ελικοπτερού) έχουν τη δυνατότητα να απογειώνονται και να προσγειώνονται κάθετα όσο και την ικανότητα να πραγματοποιούν πορεία (cruise) κατά την πτήση, αλλά ιδιαίτερα σημαντική είναι η δυνατότητα τους να αιωρούνται (hovering). Η αιώρηση πάνω από ένα σημείο δίνει τη δυνατότητα να γίνει πιο αποτελεσματική παρατήρηση ενός στόχου. Επιπλέον, μικρής κλίμακας HUAVs προσφέρουν τα πλεονεκτήματα του χαμηλού κόστους και της ευκολίας λειτουργίας.

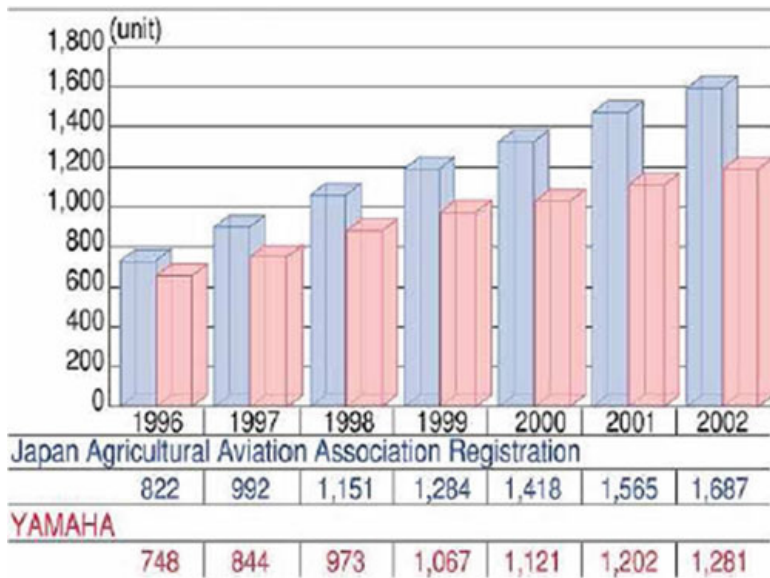
1.1 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAVs) και εναέρια μικρο-οχήματα (MAVs)

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε ταχεία ανάπτυξη των αυτόνομων μη επανδρωμένων αεροσκαφών τα οποία είναι εξοπλισμένα με συσκευές αυτόνομου ελέγχου. Τα αεροσκάφη αυτά ονομάζονται μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) και εναέρια μικρο-οχήματα (MAVs). Αυτά έχουν γίνει επίσης γνωστά και ως "ρομποτικά αεροσκάφη" και η χρήση τους έχει διαδοθεί ευρέως. Μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον τομέα εφαρμογής τους σε αυτά που προορίζονται για στρατιωτική ή μη στρατιωτική χρήση. Υπήρξε αξιοσημείωτη ανάπτυξη UAVs και MAVs για στρατιωτική χρήση, ωστόσο, μπορεί να διατυπωθεί η άποψη ότι οι πολυποικίλες

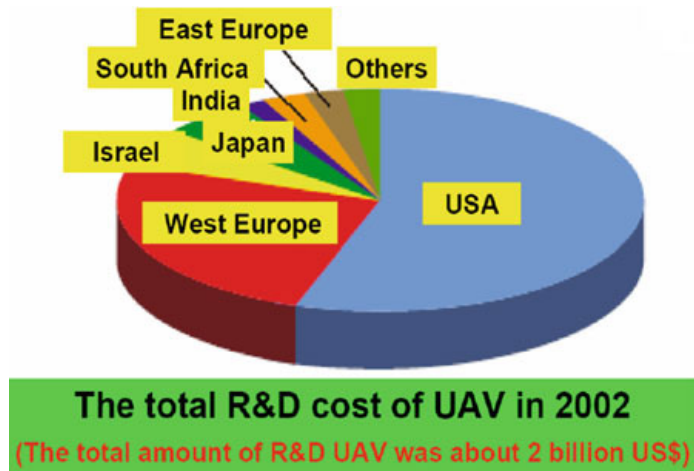
δυνατότητες αξιοποίησης των εξαιρετικών χαρακτηριστικών τους για πολιτικές-μη στρατιωτικές εφαρμογές παραμένουν ανεξερεύνητες. Η Εικόνα 1-1 καταδεικνύει ότι υπήρχε ένας μεγάλος αριθμός εγγεγραμμένων UAVs στην Ιαπωνία το 2002. Αυτό συνέβαινε λόγω των πολλών μη επανδρωμένων ελικοπτέρων που χρησιμοποιούνται για γεωργικό-χημικό ψεκασμό, όπως παρουσιάζει και ο Πίνακας 1-1. Η Εικόνα 1-2 παρουσιάζει τις επενδύσεις έρευνας και ανάπτυξης σχετικά με UAV ανά χώρα και η Εικόνα 1-3 απεικονίζει τον καταμερισμό της χρήσης των UAVs σε πολιτικούς και στρατιωτικούς σκοπούς και η Εικόνα 1-4 την πιθανή εξέλιξή τους.



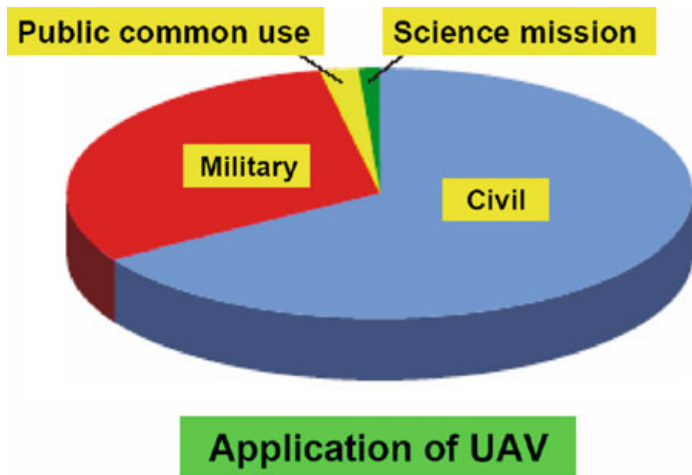
Εικόνα 1-1 Καταχωρημένα UAV το 2002



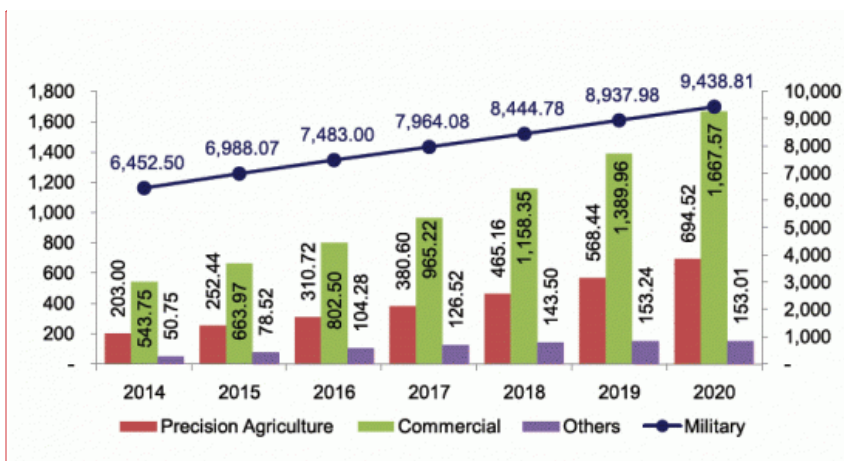
Πίνακας 1-1. Καταχωρημένα UAV το 2002 στην Ιαπωνία



Εικόνα 1-2. Επενδύσεις έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα των UAV ανά χώρα



Εικόνα 1-3. Εφαρμογές των UAV για πολιτικούς και στρατιωτικούς σκοπούς το 2002



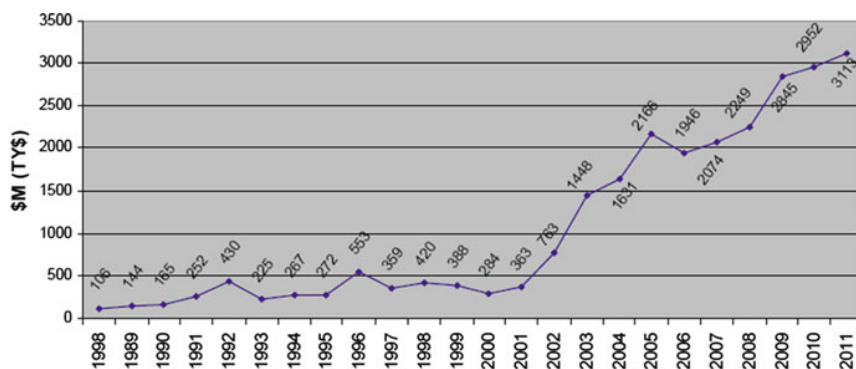
Εικόνα 1-4 Πρόβλεψη για εφαρμογές των UAV για πολιτικούς και στρατιωτικούς σκοπούς

Τα UAV προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα όταν χρησιμοποιούνται για εναέρια παρακολούθηση, συλλογή πληροφοριών (reconnaissance) και επιθεώρηση σε περίπλοκα και επικίνδυνα περιβάλλοντα. Πράγματι, τα UAVs ταιριάζουν καλύτερα σε επικίνδυνες αποστολές από τα επανδρωμένα αεροσκάφη. Το χαμηλό ρίσκο ενδεχόμενης αποτυχίας και η υψηλότερη αυτοπεποίθηση για την επίτευξη της αποστολής είναι δύο ισχυρά κίνητρα για τη συνεχή εξάπλωση της χρήσης μη επανδρωμένων συστημάτων. Επιπροσθέτως, πολύ άλλοι τεχνολογικοί, οικονομικοί και πολιτικοί παράγοντες έχουν ενθαρρύνει την ανάπτυξη και την λειτουργία των UAVs. Πρώτον, η τεχνολογική πρόοδος έχει οδηγήσει σε συστήματα εξαιρετικών επιδόσεων:

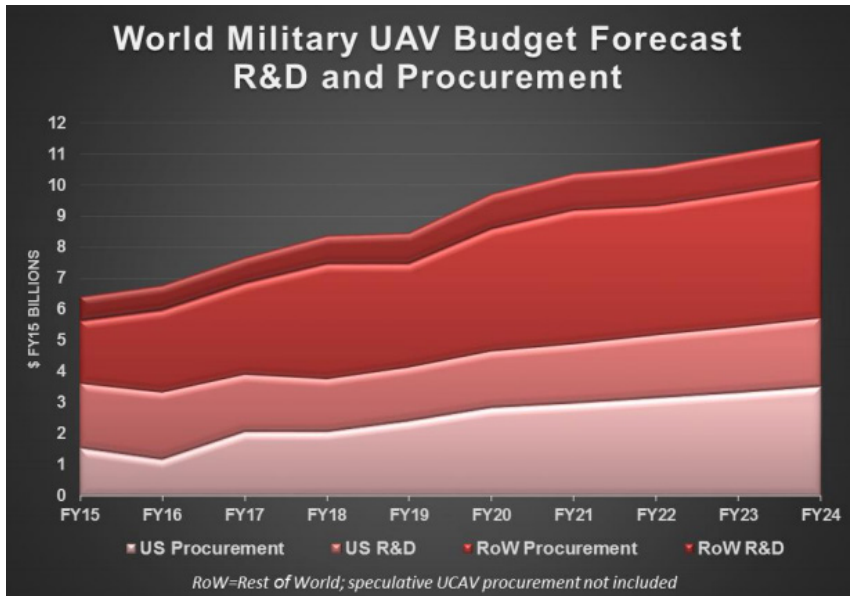
Commented [CV1]: Τα στοιχεία είναι πολύ παλιά. Υπάρχουν φρέσκα στοιχεία στο <http://www.giiresearch.com/report/bis332679-global-unmanned-aerial-vehicle-uav-drones-market.html> Η ίδια η μελέτη είναι επί πληρομής (και εξαιρετικά ακριβή) αλλά νομίζω ότι το γράφημα είναι υπερκετικό. Άφησε τα υπάρχοντα στοιχεία όπως είναι και πρόσθεσε τα νέα.

οι νεότεροι αισθητήρες, μικροεπεξεργαστές και τα συστήματα πλοήγησης είναι μικρότερα, ελαφρύτερα και περισσότερο ικανά από ποτέ, ωθώντας σε επίπεδα αποδοτικότητας και αυτονομίας που ξεπερνάνε τις ανθρώπινες ικανότητες. Δεύτερον τα UAVs έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στο πεδίο της μάχης και έχουν αξιοποιηθεί με επιτυχία σε πολλές αποστολές. Αυτοί οι παράγοντες έχουν οδηγήσει σε περισσότερη χρηματοδότηση και ένα μεγάλο αριθμό παραγγελιών. Τρίτον, τα UAVs μπορούν να λειτουργούν σε επικίνδυνα και μολυσμένα περιβάλλοντα, και μπορούν επίσης να λειτουργήσουν σε άλλα περιβάλλοντα που είναι απαγορευτικά για τα επανδρωμένα συστήματα, όπως τα υψόμετρα που βρίσκονται είτε σε υψόμετρα χαμηλότερα είτε σε υψηλότερα από εκείνα στα οποία συνήθως επιχειρούν επανδρωμένα αεροσκάφη. Αρκετές μελέτες αγοράς [1-3] κατέδειξαν ότι η παγκόσμια αγορά UAVs επεκτάθηκε σημαντικά στην δεκαετία που διανύσαμε (Εικόνα 1-5) ενώ υπάρχουν εκτιμήσεις ότι θα υπάρξει μια συνολική αύξηση της τάξεως του 79% στην επόμενη δεκαετία αγνίζοντας τα \$ 11 δις (Εικόνα 1-6) [3 +λινκ].

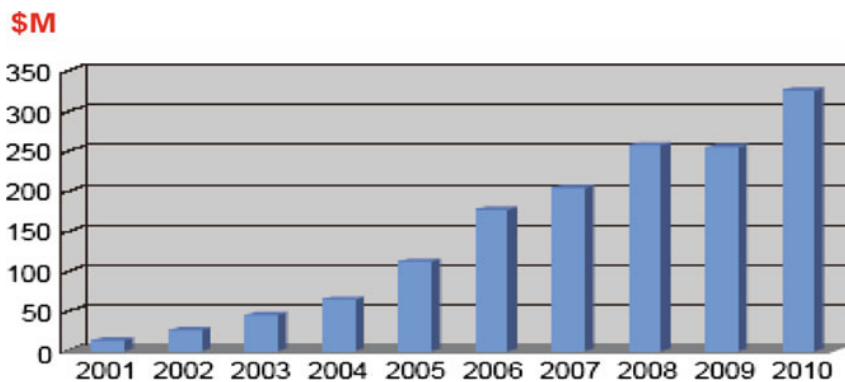
Commented [CV2]: Καλύτερα χρησιμοποίησε τη μελέτη που σου παρέθεσα πιο πάνω



Εικόνα 1-5. Εξέλιξη των ετήσιων δαπανών του Υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α. για UAVs [5]



Εικόνα 1-6 Εξέλιξη των ετήσιων δαπανών



Εικόνα 1-7. Ετήσιες δαπάνες στην Ευρώπη

R&D (\$ Millions)	FY15	FY16	FY17	FY18	FY19	FY20	FY21	FY22	FY23	FY24	Total
USA	2,100	2,161	1,879	1,708	1,739	1,826	1,917	2,013	2,114	2,219	19,676
Rest of World (RoW)	770	805	850	910	1,000	1,150	1,200	1,250	1,300	1,340	10,575
Total R&D	2,870	2,966	2,729	2,618	2,739	2,976	3,117	3,263	3,414	3,559	30,251
Procurement (\$ Millions)	FY15	FY16	FY17	FY18	FY19	FY20	FY21	FY22	FY23	FY24	Total
USA (less UCAVs)	1,530	1,173	2,052	2,060	2,401	2,830	2,988	3,154	3,330	3,516	25,035
RoW (less UCAVs)	2,010	2,644	2,895	3,711	3,335	3,925	4,291	4,171	4,296	4,425	35,704
Total Procurement	3,540	3,817	4,946	5,771	5,736	6,756	7,279	7,326	7,627	7,941	60,739
(\$ Millions)	FY15	FY16	FY17	FY18	FY19	FY20	FY21	FY22	FY23	FY24	Total
World R&D	2,870	2,966	2,729	2,618	2,739	2,976	3,117	3,263	3,414	3,559	30,251
World Procurement	3,540	3,817	4,946	5,771	5,736	6,756	7,279	7,326	7,627	7,941	60,739
Total	6,410	6,782	7,675	8,389	8,475	9,732	10,397	10,589	11,040	11,501	90,990

Πίνακας 1-2 Πρόβλεψη για ετήσιες δαπάνες

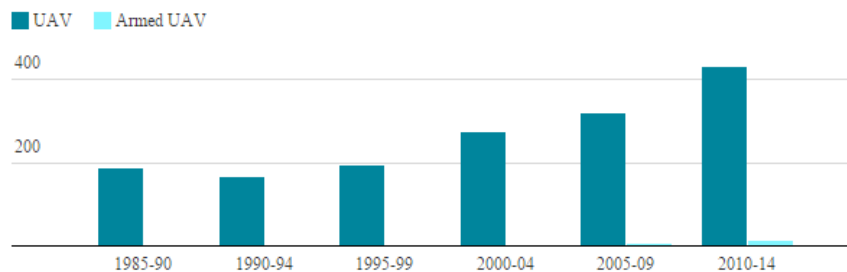
Σήμερα, υπάρχουν πολλές εταιρείες που αναπτύσσουν και παράγουν εκατοντάδες σχέδια UAVs. Πράγματι, οι βασικοί εργολάβοι άμυνας εμπλέκονται στην ανάπτυξη και παραγωγή UAVs. Την ίδια στιγμή όμως, νεότερες ή μικρότερες εταιρείες έχουν προκύψει με καινοτόμες τεχνολογίες που κάνουν την αγορά ακόμη πιο ζωντανή. Όπως παρουσιάζει ο Πίνακας 1-3, το 2005, 32 περίπου έθνη ανέπτυξαν ή/και κατασκεύασαν πάνω από 250 μοντέλα UAVs, και περίπου 41 χώρες λειτουργούσαν περισσότερα από 80 είδη των UAVs, κυρίως για αναγνώριση σε στρατιωτικές εφαρμογές [5].

Το Ηνωμένο Βασίλειο αναδείχτηκε ως ο μεγαλύτερος εισαγωγέας UAV στον κόσμο για το 2015, καθώς από αυτό πραγματοποιείται το 1/3 των συνολικών παραγγελιών, ενώ το Ισραήλ ο μεγαλύτερος εξαγωγέας σύμφωνα πάντα με το Διεθνές Ερευνητικό Ινστιτούτο της Στοκχόλμης για την Ειρήνη (Sipri).

Από το 2010 μέχρι το 2014 παραδόθηκαν 439 UAV ενώ τα προηγούμενα 5 χρόνια είχαν παραδοθεί 322 UAV. Τα οπλισμένα UAV γίνονται ολοένα και πιο αμφιλεγόμενα τα τελευταία έτη, μετά από τη χρήση τους από τις ΗΠΑ σε επιδρομές ενάντια σε μαχητές με έδρα το Πακιστάν. Οι επικριτές λένε ότι ακόμα και όταν αναζητούνται συγκεκριμένοι στόχοι καταλήγουν να έχουν σημαντικές παράπλευρες απώλειες.

Παρά το γεγονός ότι τα οπλισμένα UAV και οι αεροπορικές επιδρομές σχετίζονται κυρίως με τη συζήτηση για τα UAV, στην πραγματικότητα τα UAV με την ικανότητα να πραγματοποιούν ένοπλες επιθέσεις εξακολουθούν να αποτελούν ένα μικρό κλάσμα του συνολικού εμπορίου - μόλις 11 (2,5%) του 439 (Εικόνα 1-8). Ακόμα, στα UAV αναλογεί μόνο το 0,3% του συνολικού εμπορίου οπλικών συστημάτων κατά την περίοδο 2010-2014 σύμφωνα με το ινστιτούτο Sipri. Υπήρχαν 32 χώρες που εισήγαγαν UAV αυτή την περίοδο.

Commented [CV3]: Πρόσθεσε τα στοιχεία από το <http://www.theguardian.com/news/datablog/2015/mar/16/numbers-behind-worldwide-trade-in-drones-uk-israel>

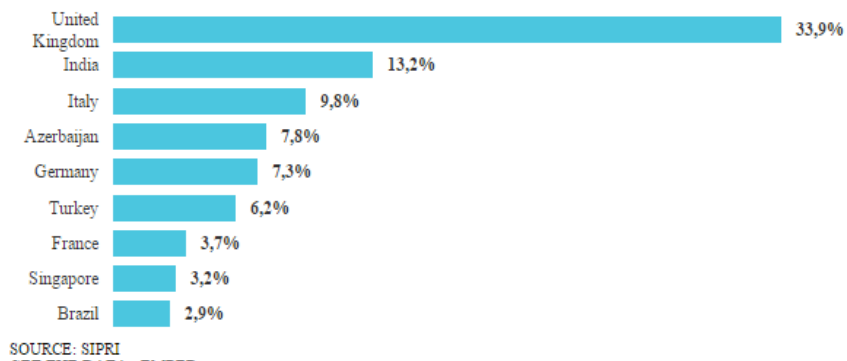


SOURCE: SIPRI

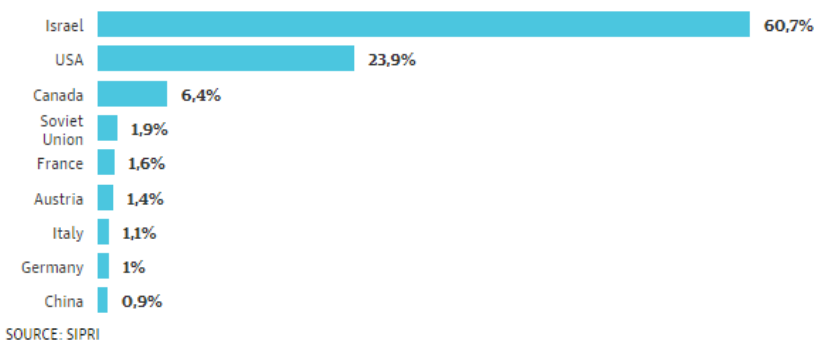
Εικόνα 1-8 Μεταφορές- Παραδόσεις UAV

MTCR member	UA exporter	UA operator	UA manufacturer	UA developer
Argentina	No	Yes	Yes	Yes
Australia	Yes	Yes	Yes	Yes
Austria	Yes	No	Yes	Yes
Belgium	No	Yes	Yes	Yes
Brazil	No	No	No	No
Canada	Yes	No	Yes	Yes
Czech Republic	No	Yes	Yes	Yes
Denmark	No	Yes	No	No
Finland	No	Yes	No	No
France	Yes	Yes	Yes	Yes
Germany	Yes	Yes	Yes	Yes
Greece	No	No	No	Yes
Hungary	No	No	No	Yes
Iceland	No	No	No	No
Ireland	No	No	No	No
Italy	Yes	Yes	Yes	Yes
Japan	Yes	Yes	Yes	Yes
Luxembourg	No	No	No	No
The Netherlands	No	Yes	No	No
New Zealand	No	No	No	No
Norway	No	No	No	Yes
Poland	No	No	No	No
Portugal	No	No	No	Yes
Russia	Yes	Yes	Yes	Yes
South Africa	Yes	Yes	Yes	Yes
South Korea	No	Yes	Yes	Yes
Spain	No	No	Yes	Yes
Sweden	No	Yes	Yes	Yes
Switzerland	Yes	Yes	Yes	Yes
Turkey	Yes	Yes	Yes	Yes
Ukraine	Yes	Yes	Yes	Yes
United Kingdom	Yes	Yes	Yes	Yes
United States	Yes	Yes	Yes	Yes

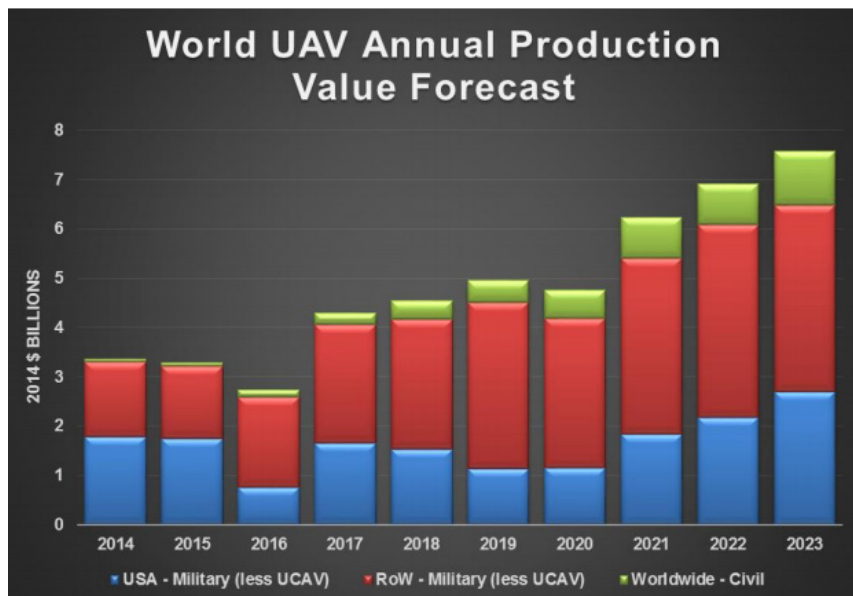
Πίνακας 1-3. Χώρες που εξάγουν, λειτουργούν, κατασκευάζουν και αναπτύσσουν UAVs(αναφορά στο έτος 2005 - [5])



Εικόνα 1-9 % των συνολικών UAV που παρελήφθησαν ανά χώρα (2010-2014)



Εικόνα 1-10 Ποσοστό των συνολικών προμηθειών UAV από τη χώρα εξαγωγής (1985-2014)



Εικόνα 1-11 Πρόβλεψη για την παγκόσμια ετήσια αξία παραγωγής UAV

Αν και η χρήση τους ποικίλει, η πλειοψηφία της έρευνας και της ανάπτυξης υποστηρίζεται από αμυντικές δαπάνες. Ωστόσο, η αγορά μη στρατιωτικών UAV προβλέπεται να αναπτυχθεί κατά την επόμενη δεκαετία (Εικόνα 1-11), ξεκινώντας πρώτα με κυβερνητικούς οργανισμούς που απαιτούν συστήματα επιτήρησης (όπως π.χ. ακτοφυλακή), οργανώσεις περιπολίας συνόρων, ομάδων διάσωσης, κ.λπ. Αν και οι ένοπλες δυνάμεις σε όλο τον κόσμο εξακολουθήσουν να επενδύουν σημαντικά στην έρευνα και την ανάπτυξη τεχνολογιών που έχουν τη δυνατότητα να εξελίξουν τις ικανότητες των UAVs, εμπορικές εφαρμογές οδηγούν τις εξελίξεις τώρα σε πολλές τεχνολογίες UAVs. Επιπροσθέτως όμως τεράστιες εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης στην Λατινική Αμερική μπορούν να προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες έρευνας και εφαρμογής. Ακόμα οι αγωγοί αερίου και πετρελαίου που διατρέχουν μήκη πολλών χιλιομέτρων και οι οποίοι δεν έχουν μόνιμες περιπολίες ελέγχου και προστασίας από δολιοφθορές διαρροές και πυρκαγιές, μπορούν να αποτελέσουν σημείο εφαρμογής για τα UAV.



Εικόνα 1-12. Amazon Delivery Drone



Εικόνα 1-13. CPR Drone



Εικόνα 1-14. Google solar-powered drone

Μεταξύ αυτών των τεχνολογιών, μερικές ισχύουν εξίσου και για επανδρωμένα αεροσκάφη, όπως τεχνολογίες πλατφόρμας (σκελετός, υλικά, συστήματα πρόωσης, αεροδυναμική, κ.λπ.) και τεχνολογίες ωφέλιμου φορτίου (αισθητήρες αποστολής, όπλα, κ.λπ.). Άλλες πάλι τεχνολογίες είναι ειδικά για UAVs με την έννοια ότι αντισταθμίζουν την απουσία ενός πιλότου και καταστούν έτσι δυνατή τη μη επάνδρωση πτήσεων και την αυτόνομη συμπεριφορά. Πράγματι, τα UAV βασίζονται κυρίως σε:

- *Αισθητήρες πλοήγησης και μικροεπεξεργαστές:* Οι αισθητήρες αντιπροσωπεύουν σήμερα ένα από τα μεγαλύτερα στοιχεία κόστους σε μη επανδρωμένα αεροσκάφη και είναι απαραίτητοι για την πλοήγηση και την επίτευξη της αποστολής. Οι επεξεργαστές επιτρέπουν στα UAV να πετάζουν ολόκληρες αποστολές αυτόνομα με ελάχιστη ή καμία ανθρώπινη παρέμβαση.

- *Συστήματα επικοινωνίας (ζεύξης δεδομένων)*: Τα κύρια θέματα για τις τεχνολογίες επικοινωνίας είναι η ευελιξία, η προσαρμοστικότητα, η ασφάλεια, και δυνατότητα γνωστικού ελέγχου των ροών το εύρος ζώνης (cognitive control liability of the bandwidth), καθώς και η συχνότητα και οι ροές πληροφοριών/δεδομένων.
- *Σταθμοί Βάσης για Διοίκηση, Έλεγχο και Επικοινωνία (command – control – communication-C3)*: Υπάρχουν διάφορες βασικές πτυχές της υποδομής off-board C3 που αντιμετωπίζονται, όπως διεπαφές ανθρώπου-μηχανής, πολλαπλών αεροσκαφών C3, ταυτοποίησης στόχου, μείωσης εξοπλισμού εδάφους, φωνητικού ελέγχου, κ.λπ. Η πρόοδος σε όλους τους προαναφερθέντες τομείς θα επιτρέψει σε ένα άτομο να ελέγχει πολλαπλά αεροσκάφη ταυτόχρονα.
- *Επί του αεροσκάφους νοημοσύνη (καθοδήγηση, πλοήγηση και έλεγχος)*: Η νοημοσύνη που μπορεί να ενσωματώνεται σε UAV σχετίζεται άμεσα με το πόσο πολύπλοκο είναι το έργο που μπορεί να χειριστεί, και αντιστρόφως ανάλογη προς τον βαθμό εποπτείας που απαιτείται από τον άνθρωπο-χειριστή. Είναι απαραίτητο να υπάρξει περαιτέρω έρευνα και μελέτη για να ωριμάσουν αυτές οι τεχνολογίες στο εγγύς μέλλον για να φανεί η χρησιμότητα και η αξιοπιστία τους. [5]

1.2 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα και εναέρια μικρο-οχήματα: ορισμοί, ιστορία, ταξινόμηση και εφαρμογές

1.2.1 Ορισμός

Ένα μη επανδρωμένο εναέριο όχημα ορίζεται χρησιμοποιώντας κάποιον από τους γενικούς όρους UAV (μη επανδρωμένο εναέριο όχημα ή τηλεκατευθυνόμενο εναέριο όχημα), ROA (τηλεχειριζόμενο αεροσκάφος) και RPV (τηλεκατευθυνόμενα οχήματα) [4]. Ο πιλότος δεν επιβαίνει σε ένα UAV, αλλά το αεροσκάφος ελέγχεται και διευθύνεται από σύστημα αυτόνομης πλοήγησης ή τηλεχειριζόμενη πλοήγηση. Ως εκ τούτου ένας πύραυλος που πετά σε μια βαλλιστική τροχιά, ένα βλήμα, κ.λπ. δεν ανήκουν σε αυτή την κατηγορία καθώς δεν πληρούν τις προδιαγραφές των ορισμών. Ένα αερόπλοιο που πετά στον αέρα με τη βοήθεια αερίου επίσης δεν περιλαμβάνεται σε αυτή την κατηγορία.

Επίσης η AIAA ορίζει ένα UAV ως «ένα αεροσκάφος το οποίο είναι σχεδιασμένο ή καταλλήλως τροποποιημένο, να μην μεταφέρει έναν άνθρωπο-πιλότο και που ελέγχεται διαμέσου ηλεκτρονικών εισόδων που είναι συνδεδεμένο είτε με ένα απομακρυσμένο πιλοτήριο είτε με ένα αυτόνομο σύστημα πλοήγησης, το οποίο δεν απαιτεί κάποια παρέμβαση χειριστή.» Αν και δεν υπάρχει κάποιος αυστηρός ορισμός των διαφορών UAV και MAV, σύμφωνα με ένα ορισμό της DARPA (Defense

Advanced Research Projects Agency) του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ, ένα MAV έχει διαστάσεις το πολύ 15 cm.

1.2.2 Ιστορικά στοιχεία

Το πρώτο UAV κατασκευάστηκε από τους Αμερικάνους Lawrence και Sperry το 1916. Απεικονίζεται στην Εικόνα 1-15. Αυτοί ανέπτυξαν ένα γυροσκόπιο για να σταθεροποιούν το «σώμα» του αεροσκάφους, έτσι ώστε να κατασκευάσουν έναν αυτόματο πιλότο. Αυτό είναι γνωστό σαν την απαρχή του «ελέγχου θέσης» (attitude control), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε αργότερα για την αυτόματη στροφή ενός αεροπλάνου. Οι Lawrence και Sperry ονόμασαν την συσκευή τους «aviation torpedo» και κατάφεραν πτήση που ξεπέρασε τα 30 μίλια. Ωστόσο, πιθανότατα επειδή η αυτόνομη πτήση δεν είχε ωριμάσει σαν ιδέα, φαίνεται τα UAV δεν χρησιμοποιήθηκαν στους δύο Παγκοσμίους Πολέμους.



Εικόνα 1-15. Το πρώτο UAV (έτος κατασκευής: 1916)

Η περαιτέρω ανάπτυξη των UAV ξεκίνησε τη δεκαετία 1950, με κύριο έναυσμα τον Πόλεμο του Βιετνάμ και τον Ψυχρό Πόλεμο, και κλιμακώθηκε το 1970. Μετά τον Πόλεμο του Βιετνάμ, οι ΗΠΑ και το Ισραήλ ξεκίνησαν την ανάπτυξη μακρότερων και φθηνότερων UAVs. Αυτά ήταν μικρά αεροσκάφη που έφεραν μηχανές όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε μοτοσικλέτες και οχήματα χιονιού (snow mobiles). Ήταν εφοδιασμένα με κάμερες και μετέδιδαν την εικόνα πίσω στο κέντρο ελέγχου.

Οι ΗΠΑ ξεκίνησαν πρακτικά τη χρήση UAVs στον Πόλεμο του Κόλπου το 1991, και έπειτα ξεκίνησε η ραγδαία εξέλιξη τους για στρατιωτικούς σκοπούς. Το πιο διαδεδομένο UAV για στρατιωτική χρήση είναι το Predator, το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 1-16.



Εικόνα 1-16.Predator

Από την άλλη πλευρά, η NASA ήταν το κέντρο έρευνας και ανάπτυξης των UAV για πολιτικούς σκοπούς εκείνη την περίοδο. Το κλασικό παράδειγμα για αυτή την περίοδο είναι το ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology). Ξεκίνησε το 1990 και ήταν ένα σύνθετο ερευνητικό εγχείρημα το οποίο περιελάμβανε την ανάπτυξη τεχνολογιών για πτήσεις μεγάλου ύψους (20.000-30.000μ), τεχνολογιών παρατεταμένης πτήσης, αισθητήρων κ.ά. Ο στόλος αεροσκαφών που αναπτύχθηκε σε αυτό το έργο περιελάμβανε τα Helios, Proteus, Altus, Pathfinder, κ.λπ., τρία από τα οποία φαίνονται στις ακόλουθες εικόνες (Εικόνα 1-17, Εικόνα 1-18, Εικόνα 1-19).Αυτά έχουν σχεδιαστεί για τη διενέργεια περιβαλλοντικών μετρήσεων.



Εικόνα 1-17 UAV της NASA για πολιτική χρήση (Helios)



Εικόνα 1-18 UAV της NASA για πολιτική χρήση (Proteus)

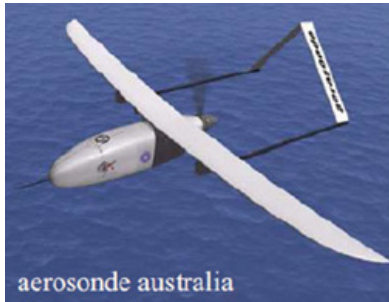


Εικόνα 1-19 UAV της NASA για πολιτική χρήση (Altius)

1.2.3 Τύποι και κατηγορίες UAV

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για την αύξηση της διάρκειας της πτήσης και του ωφέλιμου φορτίου των UAVs, με αποτέλεσμα διάφορες συνθέσεις UAV με διαφορετικά μεγέθη, επίπεδα αντοχής και λοιπών δυνατοτήτων. Συνήθως λοιπόν τα UAV ταξινομούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους (αεροδυναμική διαμόρφωση, μέγεθος, κ.λπ.). Οι πλατφόρμες UAV συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες:

- **UAVs σταθερής πτέρυγας** (Εικόνα 1-20), τα οποία αναφέρονται σε μη επανδρωμένα αεροπλάνα (με φτερά) που απαιτούν ένα διάδρομο για την απογείωση και την προσγείωση, ή καταπέλτη εκτόξευσης. Αυτά συνήθως έχουν μακρά αντοχή και μπορούν να πετάξουν σε υψηλές ταχύτητες.
- **UAVs περιστρεφόμενων πτερύγων** (Εικόνα 1-21), που ονομάζεται επίσης ελικοφόρα UAVs ή κάθετης απογείωσης και προσγείωσης (VTOL). Τα UAVs αυτά έχουν τη δυνατότητα να αιωρούνται και υψηλή ευελιξία. Οι δυνατότητες αυτές είναι χρήσιμες για πολλές ρομποτικές αποστολές, ειδικά σε μη στρατιωτικές εφαρμογές. Ένα ελικοφόρο UAV μπορεί να έχει διαφορετικές διαμορφώσεις, με κύρια και ουραία στροφεία (συμβατικά ελικόπτερα), ομοαξονικούς ρότορες, παράλληλους ρότορες κ.λπ.
- **Blimps όπως αερόστατα και αερόπλοια** (Εικόνα 1-22), τα οποία είναι ελαφρύτερα από τον αέρα και έχουν μακρά αντοχή, πετούν σε χαμηλές ταχύτητες και γενικά είναι μεγάλου μεγέθους.
- **UAV με εύκαμπτα/αναμορφωμένα φτερά (Flapping - wing UAVs)** (Εικόνα 1-23), τα οποία έχουν εύκαμπτα ή / και αναμορφωμένα μικρά φτερά, εμπνευσμένα από τα πουλιά και τα ιπτάμενα έντομα.



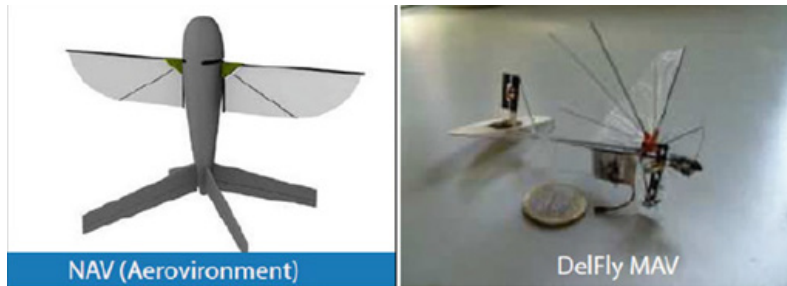
Εικόνα 1-20. UAV σταθερής πτέρυγας



Εικόνα 1-21. UAVs περιστρεφόμενων πτερόγων



Εικόνα 1-22. Blimps (π.χ. αερόστατα και αερόπλοια)



Εικόνα 1-23. UAV με εύκαμπτα/αναμορφωόμενα φτερά

Επί του παρόντος, η κύρια έρευνα και ανάπτυξη για πλατφόρμες UAV στοχεύει στην υπέρβαση των περιορισμών / ορίων της πτήσης, αλλά και το μέγεθος του οχήματος. Πράγματι, τα περισσότερα εν εξελίξει σχέδια (ή πρωτότυπα στην ανάπτυξη) είναι (1) μη επανδρωμένα οχήματα μάχης αέρα (UCAV) με υψηλή ταχύτητα και υψηλή ευελιξία ή, (2) εναέρια μικρο-οχήματα (MAVs) με μέγεθος και επιδόσεις τύπου εντόμων (Εικόνα 1-23 παραδείγματα).



Εικόνα 1-24. Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, από μεγάλο μεγέθους μέχρι ιπτάμενα μικρο-ρομπότ

1.2.4 Εφαρμογές

Προς το παρόν, οι κύριες εφαρμογές των UAV είναι οι επενδύσεις που αφορούν στην άμυνα και κύρια οδηγούνται από μελλοντικά στρατιωτικά σενάρια. Τα περισσότερα στρατιωτικά συστήματα των μη επανδρωμένων αεροσκαφών χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκοπία, την επιτήρηση, την αναγνώριση (intelligence, surveillance, andreconnaissance - ISR), και τις επιδρομές. Η επόμενη γενιά των UAVs θα εκτελέσει πιο πολύπλοκες αποστολές, όπως η μάχη στον αέρα, η ανίχνευση, η αναγνώριση και η καταστροφή του στόχου, επιδρομή/καταστολή της αεράμυνας του εχθρού, ηλεκτρονική επίθεση, υλοποίηση κόμβου δικτύου επικοινωνιών, εναέρια παράδοση προμηθειών κ.ά.

Σήμερα, οι αγορές για πολιτικούς σκοπούς για τα UAV είναι ακόμη αναδυόμενες αγορές. Ωστόσο, οι προσδοκίες για την ανάπτυξη της αγοράς των αστικών και εμπορικών UAVs είναι πολύ υψηλές για την επόμενη δεκαετία.

Commented [CV4]: Αρκετά από αυτά έχουν γίνει, π.χ. https://en.wikipedia.org/wiki/Drone_strikes_in_Pakistan<http://www.timesofisrael.com/pakistani-armed-drone-kills-in-first-attack/> ακόμα και αερομαχίες (αν και σε επίπεδο διαγωνισμού <http://motherboard.vice.com/read/the-worlds-first-drone-dogfight>).

Πιθανές αστικές εφαρμογές των UAV είναι:

- Επιθεώρηση του εδάφους, αγωγών, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, κτίρια, κ.λπ.
- Η επιβολή του νόμου και εφαρμογές ασφαλείας.
- Η επιτήρηση των θαλάσσιων συνόρων, της οδικής κυκλοφορίας, κ.λπ.
- Συμμετοχή σε επιχειρήσεις καταστροφών και διαχείρισης κρίσεων, έρευνας και διάσωσης.
- Παρακολούθηση του περιβάλλοντος.
- Εφαρμογές γεωργίας και δασοκομίας.
- Εφαρμογές πυρόσβεσης.
- Επικοινωνίες και τηλεπισκόπηση.
- Εναέρια χαρτογράφηση και μετεωρολογία.
- Έρευνα από πανεπιστημιακά εργαστήρια.
- Και πολλές άλλες εφαρμογές.

1.3 Θέματα και Προοπτικές για τον Έλεγχο και τη Λειτουργία Συστημάτων Εμπορικής Χρήσης Αυτόνομων UAVs.

Ο G. H. Craft και το Πανεπιστήμιο Chiba επέκτειναν την έρευνα και την ανάπτυξη ενός αυτόνομου συστήματος ελέγχου για τα αεροσκάφη με περιστρεφόμενα πτερύγια και 4 έλικες (QTW-UAV). Οι απογειώσεις και προσγειώσεις πραγματοποιούνται σε λειτουργία ελικοπτέρου, ενώ η πτήση υψηλής ταχύτητας σε λειτουργία αεροπλάνου (Εικόνα1-25).



Εικόνα1-25 QTW-UAV από τον G H Craft και το Πανεπιστήμιο Chiba

Επιπλέον, η Seiko Epson και το Πανεπιστήμιο Chiba αντιμετώπισαν τον αυτόνομο έλεγχο ενός από τα μικρότερα μικρο - ρομπότ (12,3 g), που φαίνεται στην Εικόνα 1-26, και πέτυχαν την τελειοποίηση του αυτόνομου ελέγχου μέσα σε ένα δωμάτιο με τη χρήση επεξεργασίας εικόνας και μια κάμερα [14]. Ο αυτόνομος έλεγχος για ελεύθερη πτήση είχε επικεντρωθεί κυρίως στις δοκιμές σε εσωτερικές τοποθεσίες.



Εικόνα 1-26 Εναέριο Micro robot από την Seiko-Epson και το Πανεπιστήμιο Chiba

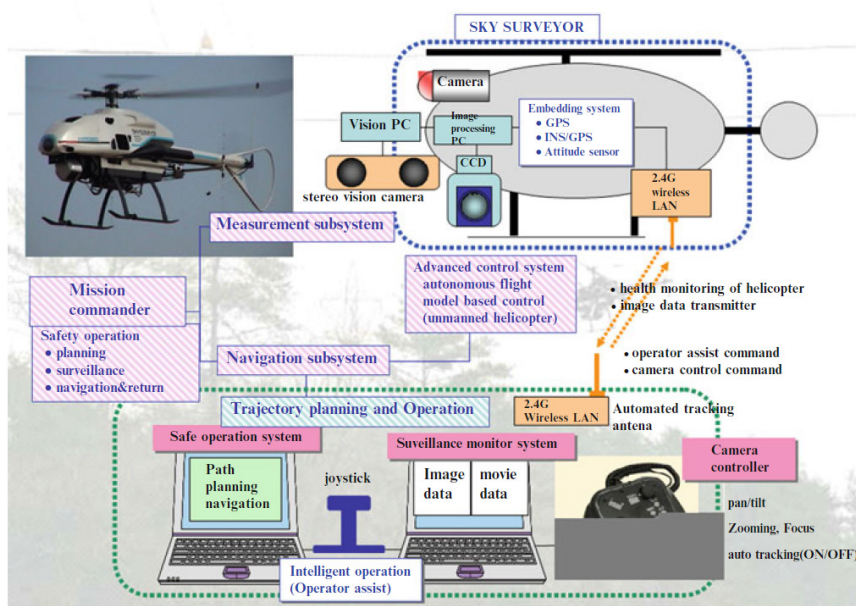
Επιπροσθέτως σημαντική προσπάθεια καταβάλλεται και για την έρευνα και ανάπτυξη αλγόριθμων προχωρημένων συστημάτων ελέγχου πτήσεων για τα Τετρακινητήρια Εναέρια ΜικροAV (Quad Copter). Τα Quad Copter, που αρχικά εμφανίστηκαν ως χόμπι, αποτελούν αξιόπιστη λύση πλατφόρμας καθώς είναι ελαφριά, έχουν ωφέλιμο φορτίο το $\frac{1}{2}$ του βάρους τους περίπου (αν και αυτό ποικίλει αρκετά ανάλογα με τους έλικες που φέρουν) και επιπρόσθετα έχουν διάρκεια πτήσης περίπου 20-30 λεπτά. Επιπλέον, οι έλικες τοποθετούνται απευθείας στους κινητήρες χωρίς τη χρήση μηχανικών γραναζιών, μειώνοντας έτσι τους κραδασμούς και τον θόρυβο. Στην Εικόνα 1-27 φαίνεται ένα από τα πρώτα QuadCopter που εμφανίστηκαν το X-3D-BL. Η πλατφόρμα αυτή αποτελείται από μια βάση σε σχήμα «X», 4 κινητήρες και την κεντρική πλακέτα που είναι εξοπλισμένη με 4 γυροσκόπια για σταθεροποίηση. Το συνολικό βάρος του είναι 400 γραμμάρια ενώ το ωφέλιμο φορτίο είναι περίπου 200 γραμμάρια και έχει τη δυνατότητα να πετά για 20 λεπτά χωρίς φορτίο και 10 λεπτά με φορτίο 200 γραμμαρίων φτάνοντας ταχύτητες μέχρι και 8 m/s ([X-3D-BL Scientific User's Manual](#)).



Εικόνα 1-27 Τετρακινητήριο Εναέριο Μικρο AV (Quad Copter)X-3D-BL

Γενικά, η διαμόρφωση ενός αυτόνομου UAV αστικής χρήσης για μια συγκεκριμένη αποστολή, διαμορφώνεται συνήθως όπως φαίνεται στην Εικόνα 1-28. Θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε αδρομερώς τις διαμορφώσεις του συστήματος σε αυτές που χρησιμοποιούν έναν επίγειο σταθμό και ένα ή περισσότερα αυτόνομα UAVs. Οι συσκευές παρακολούθησης και οι διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούνται από το αυτόνομο σύστημα ελέγχου, όπως αισθητήρες και υπολογιστής μεταφέρονται στο σώμα του UAV. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την αυτονομία ελέγχου περιλαμβάνουν έναν δέκτη GPS, αισθητήρα υψόμετρου, και πυξίδα. Η πτήση πραγματοποιείται με χρήση GPS / INS για την πλοήγηση, ενώ παράλληλα είναι επικουρικά διαθέσιμο ένα σύστημα τρισδιάστατης πλοήγησης που βασίζεται σε μέθοδο στερεοσκοπικής απεικόνισης. Ένας επίγειος σταθμός μπορεί να παρακολουθεί την

πτήση και τη λειτουργία επιτήρησης, και μπορεί να την ακυρώσει, εάν χρειάζεται. Όσο για τη χρησιμότητα του ελέγχου υψομέτρου, ένας χειριστής εκτελεί μόνο αλλαγές θέσης του ελικοπτερου που έπειτα πραγματοποιούνται με αυτόνομο έλεγχο, αν και μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί η λεγόμενη υποβοηθούμενη πτήση από τον χειριστή. Επιπλέον, αν και η εικόνα επιτήρησης από την κάμερα καταγράφεται σε βίντεο στο UAV μεταδίδεται ταυτόχρονα σε έναν επίγειο σταθμό, ο χειριστής μπορεί επίσης να διακόψει και να ελέγξει την κατεύθυνση και τη μεγέθυνση (ζουμ) της φωτογραφικής μηχανής ανά πάσα στιγμή.



Εικόνα1-28 Επισκόπηση συστήματος SKYSURVEYOR για παρακολούθηση δικτύου ηλεκτροδότησης από τον Hirobo Co., Πανεπιστήμιο Chibakai την εταιρία ηλεκτρισμού Chugoku

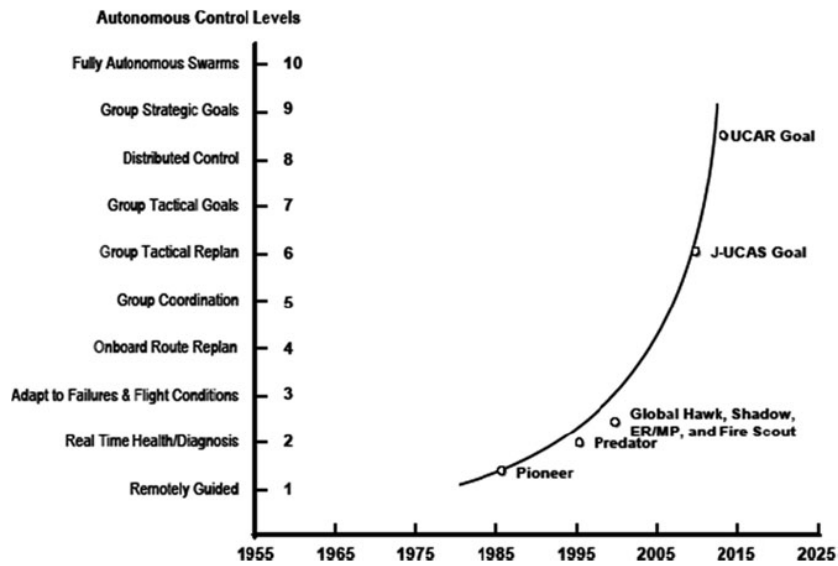
1.4 Μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη των UAV και MAVs

Η Εικόνα 1-30 παρουσιάζει την εξέλιξη αλλά και την πρόβλεψη για το μέλλον των επιπέδων αυτόνομου ελέγχου των UAV και MAV. Σύμφωνα με τον Οδικό Χάρτη Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών των Η.Π.Α. για την περίοδο 2005-2030 [5], υπάρχουν διάφορα στάδια αυτόνομου ελέγχου, από το επίπεδο 1, το οποίο αναφέρεται στον απομακρυσμένο έλεγχο ενός οχήματος, μέχρι το επίπεδο 10, το οποίο είναι το θεωρητικά ιδανικό σημείο αυτονομίας ελέγχου ενός «σμήνους» αεροσκαφών, παρόμοιο με τους πτητικούς σχηματισμούς των εντόμων ή πτηνών.

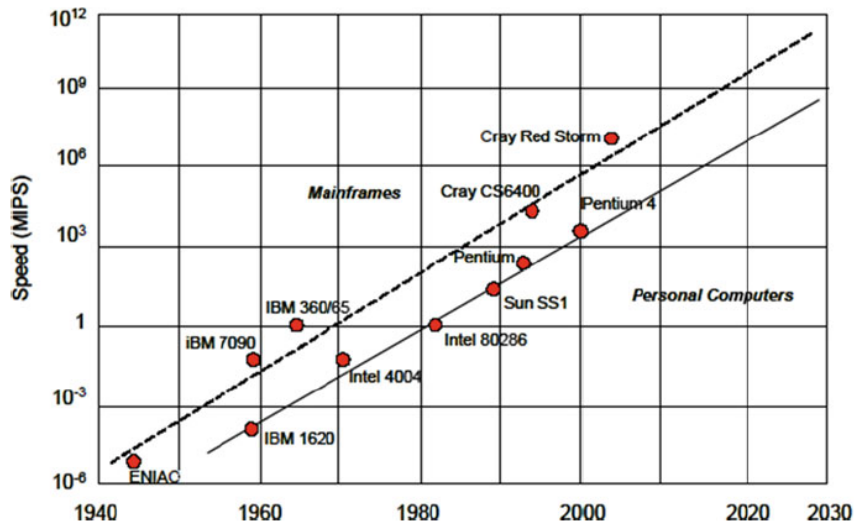


1-29 Ο Raffaello D'Andrea από το ETH Zurich παρουσίασε MAVs που δρουν όχι μόνο σε σχηματισμό αλλά και συλλογικά

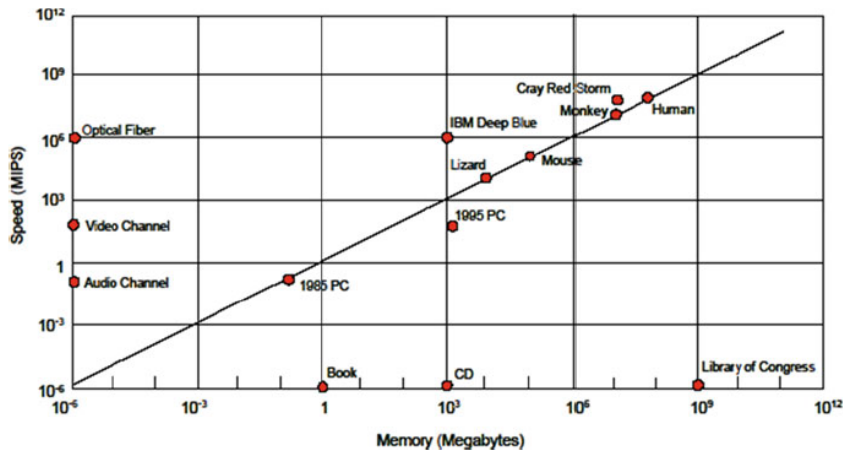
Στο σημερινό επίπεδο υπάρχει η δυνατότητα ένα UAV ή MAV να εκτελεί εκ νέου σχεδιασμό τροχιάς κατά τη διάρκεια μιας πτήσης χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα πτήσης, οπτικό αισθητήρα και ενσωματωμένο υπολογιστή, και φτάνει στο στάδιο όπου η αποφυγή εμποδίων είναι εφικτή. Επιπλέον, είναι τώρα δυνατό (αν και ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο) να πετάξουν δύο ή περισσότερα οχήματα σε **σχηματισμό [15]**, δυνατότητα που αντιστοιχεί στο επίπεδο 4 ή 5. Στον στρατιωτικό τομέα, οι ΗΠΑ φαίνεται να έχουν στόχο την υλοποίηση τελείως αυτόνομου ελέγχου σμήνους στο διάστημα 2015 έως 2020. Πιστεύεται ότι η μη στρατιωτική χρήση αυτόνομων αεροσκαφών θα ακολουθούν την ίδια εξέλιξη. Παρά το γεγονός ότι το κλειδί για την υλοποίηση της τεχνολογίας αυτού του επιπέδου είναι η CPU, για την οποία απαιτείται εκθετική αύξηση της ισχύος της καθώς προχωράμε σε ανώτερα επίπεδα αυτονομίας (βλ. Εικόνα 1-31), μέρος αυτής της αύξησης καλύπτεται από την πρόοδο στην τεχνολογία των CPU η οποία ακολουθεί τον νόμο του Moore. Παρά το πλαίσιο αυτό της εξέλιξης της CPU, η αυτονομία έλεγχου ενός UAV φαίνεται να βελτιώνεται σταθερά. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1-32, το 2005 η υπολογιστική ισχύς του ταχύτερου υπερυπολογιστή (υπερυπολογιστής CRAY) ήταν σχεδόν ίση με αυτή του ανθρώπινου εγκεφάλου.



Εικόνα 1-30 Η τάση στην εξέλιξη της αυτονομίας των UAV



Εικόνα 1-31 Η τάση εξέλιξης της ταχύτητας της CPU



Εικόνα 1-32 Συσχέτιση μεταξύ επεξεργαστικής ισχύος και μνήμης

Επιπλέον, ο νόμος του Moore προβλέπει ότι η απόδοση του μικροεπεξεργαστή για έναν προσωπικό υπολογιστή, θα είναι ίση με εκείνη του ανθρώπινου εγκεφάλου περίπου το 2015, και θα είναι ίσο με χωρητικότητα αποθήκευσης του εγκεφάλου περίπου το 2030. Ωστόσο, αν δεν υπάρξει καμία εξέλιξη σε αυτό επίπεδο, θα είναι δύσκολο τα UAV να πραγματοποιούν πτήση σε σχηματισμό σαν πουλιά.

Επιπλέον, αυτό είναι επίσης σημαντικό από τις πλευρές της σχεδίασης της ατράκτου, συμπεριλαμβανομένων των παραμέτρων της φόρτωσης, της αξιοπιστίας της επικοινωνίας δεδομένων και τους προηγμένους αισθητήρες, του σχεδιασμού ενός πιο ελαφρού σώματος, της επίτευξης υψηλής πρόωσης ανά μονάδα βάρους, της επίτευξης αυξημένης σταθερότητας και τη διαμόρφωση του σώματος έτσι ώστε να είναι κατάλληλο αυτόνομο έλεγχο.

Το παρακάτω ζητήματα είναι σημαντικά για λόγους αύξησης της αποτελεσματικότητας των εργασιών επιθεώρησης και επιτήρησης, αναμετάδοσης δεδομένων, ανεφοδιασμού στον αέρα, κ.λπ.

1. Έλεγχος πτητικών σχηματισμών: μη εμπορική χρήση ως μελλοντικό ερευνητικό έργο, με ακρίβεια μερικών εκατοστών, ανάλογα με την περίπτωση.
2. Ολοκληρωμένο ιεραρχικό έλεγχο των UAVs να MAVs: η ικανότητα να πετούν διάφορες κατηγορίες ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, υψηλής ακρίβειας αποστολές θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν με τον έλεγχο αρκετών οχημάτων ταυτόχρονα, από μεγάλα UAVs μέχρι μικρά MAVs.

3. Πτήση υπερύψηλου υψόμετρου: είναι επίσης εφικτό δεδομένου ότι ένα UAV δεν φέρει ανθρώπους, θα μπορούσε έτσι να εκτελεί πτήσεις στη στρατόσφαιρα, κ.λπ.
4. Πτήσεις μεγάλης διάρκειας, κατάλληλες για επιστημονικές αποστολές παρατήρησης και καταγραφής δεδομένων.
5. Υψηλής ακρίβειας τροχιακή πτήση: πρόκειται για μια τεχνολογία που θα είναι χρήσιμη στο μέλλον.
6. Πτήσεις υπό όλες τις καιρικές συνθήκες.
7. Βελτίωση ωφέλιμου φορτίου για ραντάρ και αισθητήρες για την πρόληψη συγκρούσεων, ατυχημάτων κ.λπ.
8. Έξυπνο σύστημα διαχείρισης πτήσης και λειτουργίας.
9. Συνεχής βελτίωση της αξιοπιστίας, κ.λπ.

Υπάρχει ένας απεριόριστος αριθμός εφαρμογών των UAVs για τη βελτίωση της ζωής των πολιτών, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση λεπτομερών ερευνών των καιρικών συνθηκών, στις παρατηρήσεις της στιβάδας του όζοντος, στις παρατηρήσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στην εποπτεία της ακτογραμμής, σε δραστηριότητες πυρανίχνευσης, σε παρατηρήσεις ανάπτυξης της βλάστησης και των χημικών ψεκασμών, σε μελέτες για το λιώσιμο των πάγων και έρευνες κάλυψης χιονιού, για την τρισδιάστατη χαρτογράφηση, σε έρευνες της βαρύτητας, σε μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου, για την παρατήρηση της πολιτικής ζώνης, την επιτήρηση των ποταμών, τις παρατηρήσεις των τυφώνων και στις μελέτες της διαδικασία δημιουργίας τυφώνων και ανεμοστρόβιλων, σε παρατηρήσεις και προβλέψεις ανεμοστρόβιλων, στην επιτήρηση των δασών, στην επιτήρηση του οικοσυστήματος, στον έλεγχο των εθνικών πάρκων μεγάλης κλίμακας, στην επιτήρηση της κυκλοφορίας, στην πρόληψη των καταστροφών και στην υποστήριξη επιχειρήσεων διάσωσης, στην εποπτεία δικτύων, στην επιτήρηση βιομηχανικών συγκροτημάτων ή αγωγών, σε συστήματα διανομής logistics επόμενης γενιάς, κ.λπ.

Οι εφαρμογές τους θα είναι απεριόριστες. Η έρευνα και ανάπτυξη πολιτικών χρήσεων των UAV θα βοηθούσε τη χώρα μας σε χρόνια προβλήματα όπως οι πυρκαγιές και η επιτήρηση των ιδιαίτερα μεγάλου μήκους θαλάσσιων συνόρων μας αυξάνοντας την απόδοση μειώνοντας το κόστος πτήσεων και συντήρησης αεροσκαφών και μειώνοντας τον κίνδυνο απώλειας ανθρώπινων ζωών. Από την άλλη πλευρά, επειδή αυτός ο τομέας αντιπροσωπεύει υπερσύγχρονη τεχνολογία, θα είναι πολύ σημαντικό να οριοθετείται το πού χρησιμοποιείται, και για ποιον σκοπό. Παρά το γεγονός ότι οι άνθρωποι ρέπουν στην κατάχρηση της τεχνολογίας, η τεχνολογία των UAV/MAV μπορεί – χρησιμοποιούμενη σωστά– να συμβάλει στην ευμάρεια και εξέλιξη της ανθρωπότητας. Παράλληλα με την ανάπτυξη των εν λόγω υπερσύγχρονων

τεχνολογιών, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί το νομικό πλαίσιο και ένας μηχανισμός για να αποτραπεί η κατάχρηση του.

2 Επισκόπηση Συστήματος

Στο πλαίσιο της εργασίας και με σκοπό να αναδείξουμε τις δυνατότητες των UAV/MAV για την κοινωνία, αναπτύξαμε ένα σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς με χρήση μη κοστοβόρων μηχανισμών, συμπεριλαμβάνοντας σχετικά φθηνούς αισθητήρες και χωρίς χρήση μόνιμων εγκαταστάσεων, προκειμένου για ευκολότερη ανάπτυξη και παράταξη όπου και όποτε υπάρχει ανάγκη.

Κατόπιν μιας αρχικής έρευνας αγοράς, για την ανάπτυξη του συστήματος εξετάστηκε το AR. Drone 2.0. της Parrot, το οποίο είναι ένα έτοιμο σύστημα, ελαφρύ, με ενσωματωμένη κάμερα και δυνατότητα μεταφοράς φορτίου βάρους 200 γραμμαρίων. Παράλληλα, η εταιρία διαθέτει δωρεάν SDK, ωστόσο το κόστος του (350€) ήταν υπερβολικό για το πλαίσιο της εργασίας, και έτσι υπήρξε ανάγκη να εξετασθούν εναλλακτικές επιλογές.



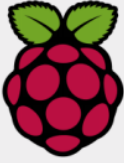
Εικόνα 2-1 AR.Drone 2.0. της Parrot

Στο πλαίσιο αυτής της διερεύνησης, αποφασίσθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που παρέχει σαν κύριο υπολογιστή ένα Raspberry Pi 3 (Εικόνα 2-2), ένα σύστημα που θα μας παρέχει περίπου τις ίδιες δυνατότητες αλλά με σημαντικά χαμηλότερο κόστος. Για τους σκοπούς της ανάπτυξης της διπλωματικής εργασίας, οι δοκιμές του συστήματος έγιναν χωρίς δυνατότητα πτήσης αλλά με προσομοίωση της λειτουργίας ανίχνευσης της φωτιάς με κίνηση επί του εδάφους, για λόγους περιορισμού του κόστους.



Εικόνα 2-2 Raspberry Pi 3

Το Raspberry Pi είναι ένας υπολογιστής στο μέγεθος πιστωτικής κάρτας κατάλληλος για προτυποποίηση. Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά φαίνονται στην Εικόνα 2-3.

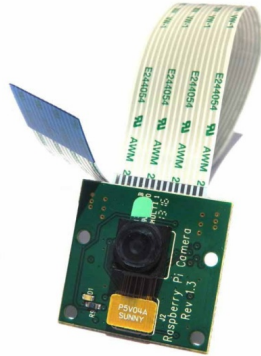
	
Raspberry Pi 3 Model B	
Introduction Date	2/29/2016
SoC	BCM2837
CPU	Quad Cortex A53 @ 1.2GHz
Instruction set	ARMv8-A
GPU	400MHz VideoCore IV
RAM	1GB SDRAM
Storage	micro-SD
Ethernet	10/100
Wireless	802.11n / Bluetooth 4.0
Video Output	HDMI / Composite
Audio Output	HDMI / Headphone
GPIO	40
Price	\$35

Εικόνα 2-3 Τεχνικά χαρακτηριστικά Raspberry Pi 3

Περίπου πριν από 4 χρόνια, στις 29 Φεβρουαρίου 2012, το ίδρυμα Raspberry Pi ανακοίνωσε το 256MB Raspberry Pi Model B και έχει καταφέρει να αποστείλει 8 εκατ. κομμάτια μέχρι σήμερα, συμπεριλαμβανομένων των 3 εκατ. του Raspberry Pi 2. Έγινε ο υπολογιστής με τις μεγαλύτερες πωλήσεις στη Μ. Βρετανία.

Στον μικρο-υπολογιστή εγκαταστάθηκε το επίσημο λογισμικό Raspbian του ιδρύματος Raspberry Pi που βασίζεται στο Debian και συνοδεύεται με αρκετά εκπαιδευτικά λογισμικά, λογισμικά προγραμματισμού και λογισμικό γενικού σκοπού. Αναφέρονται χαρακτηριστικά τα Python, Scratch, Sonic Pi, Java, Mathematica.

Πάνω στον μικρο-υπολογιστή τοποθετήθηκε και η επίσημη επέκταση για την προσθήκη κάμερας (Εικόνα 2-4) έτσι ώστε να είναι εφικτή η λήψη εικόνας.



Εικόνα 2-4 Raspberry Pi Camera

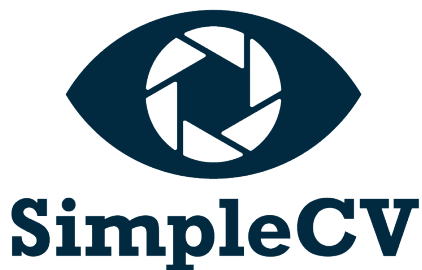
Έτσι διαμορφώθηκε το βασικό μέρος του συστήματος μας, το οποίο θα αποτελεί το κέντρο έλεγχου ολόκληρου του συστήματος. Πάνω σε αυτό το σύστημα θα εκτελείται η εφαρμογή, η οποία θα κάνει χρήση της γλώσσας Python και της βιβλιοθήκης ανοιχτού κώδικα OpenCV.



Εικόνα 2-5 OpenCV (Open Source Computer Vision)

Η βιβλιοθήκη OpenCV (<http://opencv.org/>) είναι μια βιβλιοθήκη προγραμματιστικών λειτουργιών που επικεντρώνονται κυρίως στην υπολογιστική όραση (Computer Vision) σε πραγματικό χρόνο. Αρχικά αναπτύχθηκε από την Intel και πλέον είναι διαθέσιμο σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού και υποστηρίζει τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα.

Για τον καλύτερο χειρισμό της OpenCV, αξιοποιήθηκε και το πλαίσιο ανάπτυξης SimpleCV (<http://simplecv.org/>).

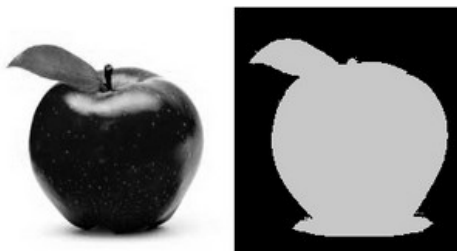


Εικόνα 2-6 Open source framework for building computer vision applications

Το SimpleCV είναι ένα framework ανοιχτού κώδικα για την κατασκευή εφαρμογών υπολογιστικής όρασης (computer vision) το οποίο παρέχει την δυνατότητα απλοποιημένου χειρισμού ισχυρών βιβλιοθηκών υπολογιστικής όρασης συμπεριλαμβανομένης και της OpenCV. Δηλαδή είναι μια διεπαφή βιβλιοθηκών υπολογιστικής όρασης ανοιχτού κώδικα στην Python. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε μια καλά τεκμηριωμένη και εύκολη στον χειρισμό διεπαφή για την διαχείριση των καμερών, την επεξεργασία εικόνας και την εξαγωγή χαρακτηριστικών (feature extraction). Οι ιδιότητες αυτές, παρέχουν σε χρήστες με μικρή εμπειρία πάνω στην υπολογιστική όραση μια εύκολα αντιληπτή διεπαφή για να εκτελέσουν βασικές λειτουργίες υπολογιστικής όρασης αλλά και στους έμπειρους χρήστες τη δυνατότητα να διαχειριστούν πολλές λειτουργίες ευκολότερα και γρηγορότερα, μειώνοντας τις πιθανότητες σφαλμάτων στον κώδικα.

Με τη χρήση των παραπάνω εφαρμόσαμε φίλτρα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, όπως τα φίλτρα κατωφλίου (threshold) πάνω στη ζωντανή εικόνα που πήραμε από την κάμερα. Τα φίλτρα αυτά αποσκοπούν στον διαχωρισμό ενός αντικειμένου από το παρασκήνιο και η επεξεργασία που πραγματοποιούν βασίζεται στη μεταβολή της έντασης των εικονοστοιχείων (pixels) του αντικειμένου και του παρασκηνίου.

Commented [CV5]: Βάλε εδώ αναφορές στη βιβλιογραφία που αφορά στα φίλτρα



Εικόνα 2-7 Φίλτρο Thresholding (OpenCV)

Επιγραμματικά αναφέρονται τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται:

1. RGB Color Space Segmentation [15] - Binary Filter

$$R \geq G > B$$

$$R > R_{mean}$$

- Λειτουργεί σε εικόνες, δεν λειτουργεί ωστόσο τόσο καλά σε βίντεο και η απόδοσή του εξαρτάται από τον φωτισμό.
 - Το R_{mean} είναι συχνά πολύ μικρό
2. RGB Static Thresholds [17] – Binary Filter
- Χρειάζεται ρύθμιση ανάλογα τον φωτισμό και δεν είναι πρακτικό για εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες.
3. CIE $L^*a^*b^*$ Color Space Segmentation [14] – Binary Filter

$$L^* > L^*_{mean}$$

$$a^* > a^*_{mean}$$

$$a^* > b^*_{mean}$$

$$b^* > a^*$$

- Περισσότερο ενιαία επιλογή χρωματικού πεδίου. Καλύτερα αποτελέσματα.

Στην συνέχεια με την κλήση της λειτουργίας “findBlobs” του SimpleCV, επιλέγονται οι 5 μεγαλύτεροι θύλακες φωτιάς καθώς η φωτιά διασπείρεται και αναγνωρίζεται η θέση της φωτιάς (εφ’ όσον υπάρχει).



Εικόνα 2-8 Εφαρμογή φίλτρου εικόνας

Τέλος για τον έλεγχο της κίνησης χρησιμοποιήθηκε μια πλακέτα μικρο – ελεγκτή Arduino ανοιχτού κώδικα κατάλληλη για προτυποποίηση (<https://www.arduino.cc/>) σε συνδυασμό με την επίσημη επέκταση Arduino Motor Shield.

Commented [CV6]: Δύο λόγια για το ποια είναι η φιλοσοφία του, μια περιγραφή δηλαδή του πώς κάνει τον διαχωρισμό

Commented [CV7]: Τι είναι το Rmean; Καλό είναι να εξηγούνται όλα τα σύμβολα, δηλ. τα R, G, B, Rmean (υποθέτω ότι είναι τα κανάλια χρώματος) εδώ και L, a, b amean κ.λπ. παρακάτω.

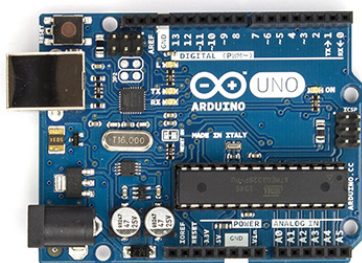
Commented [CV8]: Εδώ πρέπει να προστεθούν οι τύποι

Commented [CV9]: Δύο λόγια για το ποια είναι η φιλοσοφία του, μια περιγραφή δηλαδή του πώς κάνει τον διαχωρισμό

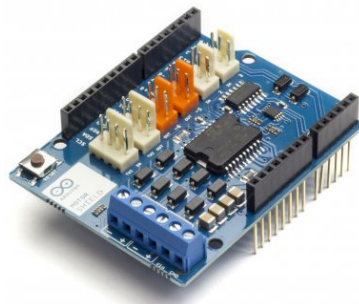
Commented [CV10]: Εδώ θα ήθελα να το αναπτύξεις περισσότερο. Θυμάμαι ότι στο demo είχες ενεργοποιήσει 2 ή τρία διαφορετικά φίλτρα με διαφορετικά αποτελέσματα. Μπορούν εδώ να μπουν εικόνες από τα φίλτρα αυτά και να σχολιαστούν. Επίσης, όταν ανχνευθεί φωτιά τι γίνεται; Πώς ειδοποιείται (ή θα μπορούσε να ειδοποιείται) ο αρμόδιος;

Commented [CV11]: Δυο λόγια για τη findblobs

Commented [CV12]: Και εδώ θέλει περισσότερη ανάπτυξη. Περιγραφή των δυνατοτήτων κίνησης, περιγραφή των ελέγχων που γίνονται για αποφυγή συγκρούσεων/πτώσεων, αξιοποίηση των αισθητήρων.



Εικόνα 2-9 Πλακέτα μικρο – ελεγκτή Arduino

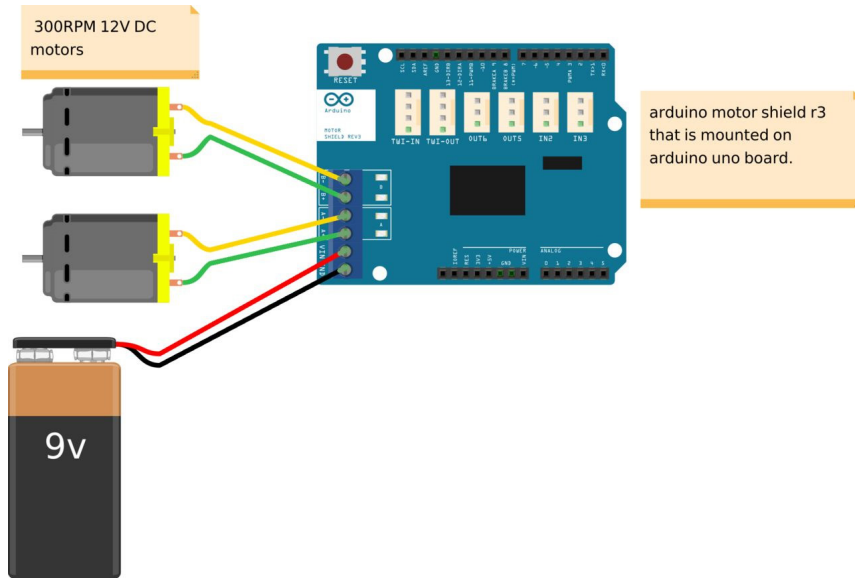


Εικόνα 2-10 Arduino Motor Shield

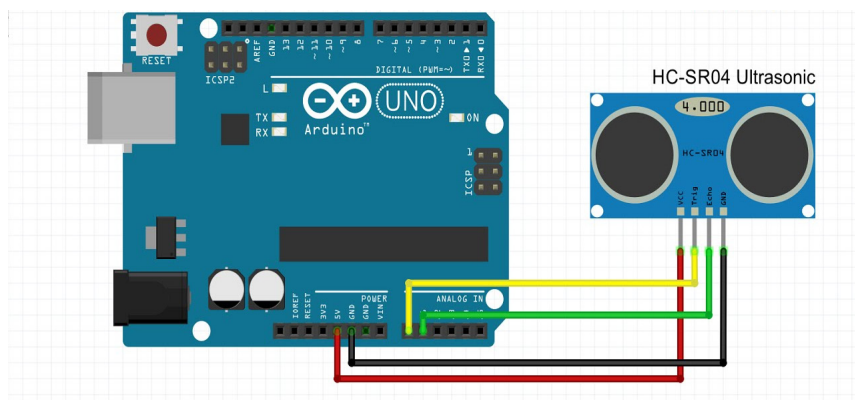
Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε ανεξαρτησία κεντρικής μονάδας από τη μονάδα διαχείρισης κίνησης. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα καλύτερης διαχείρισης του κόστους και περισσότερες δυνατότητες παραμετροποίησης και εφαρμογών, καθώς η πλακέτα Arduino προγραμματίζεται χωριστά είτε ενημερώνεται μέσα από την κεντρική μονάδα. Η αντικατάστασή της γίνεται άμεσα καθώς η επικοινωνία γίνεται μέσω απλής θύρας USB. Έχουμε τη δυνατότητα επέκτασης αφού στην αγορά διατίθενται πολλαπλοί αισθητήρες. Για τη δικιά μας εφαρμογή χρησιμοποιήσαμε έναν αισθητήρα μέτρησης απόστασης με υπέρηχους (ultrasonic) για την αποφυγή εμποδίων και την προστασία από πτώση στο κενό σε περίπτωση που δεν φαίνεται στην κάμερα.

Στην παρακάτω Εικόνα 2-11 φαίνεται η συνδεσμολογία του κυκλώματος των κινητήρων και της ανεξάρτητης τροφοδοσίας τους.

Commented [CV13]: Δεν μου είναι σαφές τι σημαίνει αυτό. Αν το κενό δεν φαίνεται στην κάμερα;





Εικόνα 2-11 Συνδεσμολογία του κυκλώματος των κινητήρων



Εικόνα 2-12 Συνδεσμολογία του κυκλώματος αισθητήρα

Στους παρακάτω πίνακες βλέπουμε τις διαφορές Arduino και Raspberry για την κατανόηση του συστήματος.

Specs	Arduino Uno 	Raspberry Pi Model B+ 
CPU type	Microcontroller	Microprocessor
Operating System	None	Linux (usually Raspbian)
Speed	16 Mhz	700 Mhz
RAM	2KB	512MB
GPU/Display	None	VideoCore IV GPU
Disk	32KB	Depends on SD card
GPIO pins	14 digital pins (includes 6 analog)	26 digital pins
Other connectivity	None	USB, Ethernet, HDMI, audio
Power consumption	0.25W	3.5W

Εικόνα 2-13 Διαφορές Arduino και Raspberry

3 Συμπεράσματα - Μελλοντικές δυνατότητες έρευνας

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας καταφέραμε να αναπτύξουμε ένα εναλλακτικό σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς με οπτικά μέσα, με αρκετά χαμηλό κόστος και αρκετές δυνατότητες επεκτασιμότητας. Αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την προστασία των δασών, την παροχή βοήθειας στην Πυροσβεστική και την Πολιτική Προστασία για καλύτερους και αποτελεσματικότερους ελέγχους. Ακόμα θα μπορούσε να βοηθήσει στην βελτίωση της επιτήρησης μεγάλων φυλασσόμενων χώρων όπως τα αεροδρόμια, τα λιμάνια, οι σιδηροδρομικοί σταθμοί και τα εργοτάξια για την έγκαιρη ανίχνευση πυρκαγιάς.

Ολοκληρώνοντας θα θέλαμε να αναφέρουμε κάποιες δυνατότητες που ανοίγονται και θα μπορούσαν να μελετηθούν ως επεκτάσεις αυτής της εργασίας. Σχετικά λοιπόν θα προτείναμε:

- Τη μελέτη τοποθέτησης δεύτερης κάμερας για τη μέτρηση της απόστασης
- Την μελέτη τοποθέτησης Omnidirectional κάμερας για τη λήψη εικόνας σε 360° ταυτόχρονα.
- Τη μελέτη χρήσης ισχυρότερου κεντρικού υπολογιστικού συστήματος για τη λήψη πολλαπλών καμερών.
- Την περαιτέρω βελτίωση των φίλτρων και το ενδεχόμενο ανίχνευσης καπνού.

Commented [CV14]: Να αναφερθούν οι λόγοι. Π.χ. η μέτρηση με u/s είναι κατάλληλη για πτήση;

4 Παραρτήματα

...

5 Βιβλιογραφία

...