



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΣΧΕΔΙΑΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΜΗ-ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΕΝΤΟΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ



Φοιτητής: ΠΟΥΡΕΣΦΑΝΤΙΑΝΙ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ ΦΩΤΙΟΣ

ΑΜ: 18394017

Επιβλέποντες Καθηγητές:

Βασίλειος Χ. Μούσας

Ισαάκ Βρυζίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΤΩΜΒΡΙΟΣ 2023

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

FACULTY OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Diploma Thesis

PASSENGER UAV AIRPORTS DESIGN AND INTEGRATION IN URBAN AREAS



Student: POURESFANTIANI-KARAGIANNIS NEKTARIOS-FOTIOS

Registration Number: 18394017

Supervisors

Vassilios C. Moussas

Isaak Vryzidis

Associate Professor

Assistant Professor

ATHENS-EGALEO, OCTOMBER 2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Βασίλειος Χ. Μούσσας, Αναπληρωτής Καθηγητής	Ισαάκ Βρυζίδης, Επίκουρος Καθηγητής	Γεώργιος Βαρελίδης, Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και του ΠΟΥΡΕΣΦΑΝΤΙΑΝΙ-ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ
ΝΕΚΤΑΡΙΟΥ-ΦΩΤΙΟΥ,

Οκτώβριος, 2023

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΠΟΥΡΕΣΦΑΝΤΙΑΝΙ-ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ-ΦΩΤΙΟΣ του ΜΑΡΚΟΥ-ΤΖΑΦΑΡ, με αριθμό μητρώου 18394017 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Ο Δηλών

ΠΟΥΡΕΣΦΑΝΤΙΑΝΙ-ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ-
ΦΩΤΙΟΣ



(Υπογραφή φοιτητή/ήτριας)

Στην μητέρα μου και στη μνήμη του πατέρα μου.

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κύριο Γεώργιο Τσιπριάνη, πρόεδρο της πανελλήνιας ένωσης πιλότων για την πολύτιμη βοήθεια του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κυρίους Βασίλειο Μούσσα, Ισαάκ Βρυζίδη και Αθανάσιο Σπυριδάκο για την καθοδήγηση τους .

Περίληψη

Οι μεταφορές αυτοματοποιούνται με ραγδαίους ρυθμούς τις τελευταίες δεκαετίες με την εισαγωγή των Σ.μη.Ε.Α ταξί τα τελευταία χρόνια σαν εναλλακτικός τρόπος μετακίνησης εντός της πόλης. Βέβαια για να εφαρμοστούν αυτές οι καινοτόμες μέθοδοι μεταφορών ο Μηχανικός είναι το επάγγελμα κλειδί για την δημιουργία των «έξυπνων» πόλεων οι οποίες θα έχουν τις απαραίτητες υποδομές για την εύκολη εφαρμογή της αυτοματοποίησης των μεταφορών. Το αντικείμενο με το οποίο θα ασχοληθούμε σε αυτή την εργασία είναι τα μοντέλα των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α στην αγορά, οι επιπτώσεις της οποίες έχει η εφαρμογή των αστικών εναέριων μετακινήσεων, το νομικό πλαίσιο, σενάρια εφαρμογής και τον ρόλο του μηχανικού σε αυτό το καινοτόμο εγχείρημα. Ποιο συγκεκριμένα θα γίνει αναφορά στην περίπτωση της Αθήνας, πως μπορούμε να εισάγουμε τις απαραίτητες υποδομές και ποια θα ήταν τα βέλτιστα σημεία για την δημιουργία ενός αστικού αερολιμένα με την χρήση προηγμένων επιχειρησιακών τεχνικών.

Λέξεις – κλειδιά

Έξυπνη Πόλη, Επιβατικά Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών, Βελτιστοποίηση, Αστικές υποδομές, Αστική Μετακίνηση

Abstract

The rapid development of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) during the past decade led to the consideration of passenger UAVs as an alternate method of urban transportation. In this work, we focus on the future use of passenger UAVs from a civil engineering point of view, i.e. the corresponding infrastructure requirements for buildings or open areas, their optimal interaction with other transportation means, the possible city impact, as well as the environmental, legal, or other issues that may emerge. The city of Athens is selected as a case study, as it combines the UAV (Unmanned Aerial Vehicles) airport location availability with the high need for new transportation solutions. This study aims to design an urban airport network that optimally interacts with existing transportation means. Apart from the description of the required infrastructure for deploying UAV airports in the near future, our work also suggests several indices for the characterization/classification of each location and a method to better or optimally identify the airport locations using advanced Operational Research techniques.

Keywords

Smart City, Passenger UAV, Optimization, Civil Infrastructure, Urban Transportation

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων.....	13
Κατάλογος Εικόνων	13
Αλφαβητικό Ευρετήριο.....	14
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
2 Συστήματα μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ-UAV).....	17
2.1 Βασικές Αρχές Λειτουργίας.....	17
2.2 Κατηγορίες Ρόλων/Εφαρμογών των ΣμηΕΑ.....	17
2.2.1 Ρόλοι Εποπτείας/Καταγραφής	17
2.2.2 Ρόλοι Μεταφοράς/Παράδοσης.....	18
2.2.3 Ρόλοι Πολεοδομικού Χαρακτήρα	18
2.3 Μεταφορά Ανθρώπων με ΣμηΕΑ.....	19
2.3.1 Γενικές Βασικές Προδιαγραφές για Μεταφορά Προσωπικού	19
2.3.2 Διαθέσιμα Μοντέλα, Περιγραφή & Χαρακτηριστικά	19
3 Αεροδρόμια για ΣμηΕΑ-UAV (Dronedromes-Vertiports).....	23
3.1 Γενικές Αρχές.....	23
3.2 Κατηγορίες Αεροδρομίων.....	23
3.2.1 Drone-dromes.....	23
3.2.2 Verti-ports	24
3.3 Διαφοροποιήσεις Αεροδρομίων ΣμηΕΑ ως προς τη Θέση & Χρήση.....	27
3.3.1 Σε Ανοιχτές Εκτάσεις.....	27
3.3.2 Σε Εγκαταλελειμμένες Αεροπορικές Εγκαταστάσεις	27
3.3.3 Σε Αεροδρόμια	28
3.3.4 Σε Ψηλά Κτίρια	28
3.3.5 Σε Αεροδρόμια μειωμένης κινητικότητας.....	29
4 Προτεινόμενες Λύσεις & Υλοποιήσεις σε Αστικό Ιστό.....	30
4.1 Αποτύπωση της Τρέχουσας Κατάστασης.....	30
4.2 Προτάσεις Οργανισμών για τη Χρήση ΣμηΕΑ σε Αστικό Ιστό	30
4.2.1 NASA.....	30
4.2.2 AMAZON	32
4.2.3 FAA.....	33
4.2.4 MITRE	34
4.2.5 DLR U-SPACE	35
4.2.6 UBER ELEVATE	36
4.3 Χώρες & Πόλεις που Υλοποιούν Σχετικά Έργα.....	37
4.3.1 UK - London	37
4.3.2 US – New York.....	38
4.3.3 Belgium – Antwerp	38
4.3.4 Belgium – Ghent	39
4.3.5 China – Shanghai	39
4.3.6 Japan – Chiba	39
4.3.7 Japan – Kanagaw.....	39
4.3.8 New Zealand– Canterbury & Queenstown	40
4.3.9 France– Paris	40

4.3.10	Singapore – Singapore	40
4.3.11	United Arab Emirates – Dubai	41
5	Οφέλη, Δυσκολίες & Νομικά Θέματα	43
5.1	Οφέλη	43
5.1.1	Αποσυμφόρηση	43
5.1.2	Μείωση Ρύπανσης.....	43
5.1.3	Πρόσβαση σε δύσβατες περιοχές.....	44
5.1.4	Δημιουργία Νέων Θέσεων Εργασίας	44
5.1.5	Μείωση χρόνου ταξιδιού.....	45
5.2	Δυσκολίες	45
5.2.1	Καιρός	45
5.2.2	Ηχορύπανση	46
5.2.3	Οπτική Ρύπανση.....	46
5.2.4	Ύπαρξη Εμποδίων.....	47
5.2.5	Εύρεση Κατάλληλων Χώρων	49
5.2.6	Διαχείριση Εναέριας Κίνησης.....	49
5.3	Νομικά Θέματα.....	50
5.3.1	Προστασία της Ιδιωτικότητας.....	50
5.3.2	Άδειες Χειρισμού/Πτήσης	51
5.3.3	Μητρώο ΣμηΕΑ	52
6	Απαιτούμενες Υποδομές	53
6.1	Ο Ρόλος του Μηχανικού	53
6.2	Προτάσεις Υλοποίησης & Απαιτούμενες Υποδομές	53
6.2.1	Υλοποίηση σε Ανοιχτούς Χώρους.....	53
6.2.2	Υλοποίηση σε Ψηλά Κτίρια	54
6.3	Συμπληρωματικές Υποδομές	54
6.3.1	Reception.....	54
6.3.2	Parking	55
6.3.3	Ανταπόκριση	55
6.3.4	Εγκαταστάσεις Προσγείωσης και απογείωσης Σ.μη.Ε.Α	56
7	Μελέτη Εφαρμογής στην πόλη της Αθήνας.....	57
7.1	Το Λεκανοπέδιο της Αττικής	57
7.2	Διαδρομές Αιχμής & Πιθανά σημεία Επι/Από-βίβασης	57
7.2.1	Διαδρομές από και προς Σημεία Έντονης Οικονομικής Δραστηριότητας.....	57
7.2.2	Διαδρομές Τουριστικού Χαρακτήρα.....	58
7.2.3	Μεταφορά ταξιδιωτών από και προς το κεντρικό λιμάνι και αεροδρόμιο	58
7.3	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	58
7.4	ΣΥΝΕΠΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ.....	59
7.4.1	ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	59
7.4.2	ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	59
7.4.3	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΥΘΗΣΜΟΥ.....	60
7.4.4	ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ.....	60
7.4.5	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΔΗΜΟΥΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	60
7.5	ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΛΙΚΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ	63
7.6	ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ.....	65
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	70
9	Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	71

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Πίνακας Κριτηρίων.....	61
Πίνακας 2: Πολυκριτηριακός Πίνακας Αποφάσεων.....	62
Πίνακας 3: Κατάταξη εναλλακτικών του συνόλου αναφοράς.....	66
Πίνακας 4: Τελική Κατάταξη.....	68

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Zero G.....	22
Εικόνα 2: E-HANG.....	22
Εικόνα 3: Bell Nexus.....	22
Εικόνα 4: Lilium Jet.....	22
Εικόνα 5: Vertiport concept από την Lilium.....	27
Εικόνα 6: Verti-port concept (αστικός ανοικτός χώρος).....	29
Εικόνα 7: Verti-Port Concept (Οροφή).....	29
Εικόνα 8: Verti-Port concept.....	56
Εικόνα 9: Απεικονίσεις του συστήματος MINORA της καμπύλης και των βαρυτήτων.....	66
Εικόνα 10: απεικονίσεις του συστήματος MINORA των συναρτήσεων μερικών αξιών.....	67
Εικόνα 11: Απεικονίσεις του συστήματος MINORA της τελικής κατάταξη των εναλλακτικών.....	68
Εικόνα 12: Καμπύλη τελικής κατάταξης.....	69

Αλφαβητικό Ευρετήριο

ΚΕΠ: Κέντρο εξυπηρέτησης Πολιτών

Σ.μη.Ε.Α: Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών

ΥΠΑ: Υπηρεσία πολιτικής Αεροπορίας

BVLOS: Beyond Visual Line Of Sight

DLR: Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt

EASA: European Union Aviation Safety Agency

EUROCAE: European Organisation for Civil Aviation Equipment

FAA: Federal Aviation Association

GSM: Global System for Mobile Communications

ICAO : International Civil Aviation Organization

LIDAR: Light Radar

NASA: National Aeronautics and Space Administration

UAM: Urban Air Mobility

UAV: Unmanned Aerial Vehicle

UTM: Universal Transverse

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια προσπάθεια αυτοματοποίησης στον τομέα των μεταφορών όπως στις χερσαίες, της θαλασσιές και ποιο πρόσφατα στις εναέριας. Στις εναέριας μετακινήσεις και ποιο συγκεκριμένα στις αστικές εναέριας μετακινήσεις πολλές εταιρίες και οργανισμοί στοχεύουν στην ανάπτυξη Συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών με δυνατότητα μεταφοράς ανθρώπων. Τα Συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών είναι συστήματα εναέριας κίνησης τα οποία καθοδηγούνται από το έδαφος. Ο χειριστής των Σ.μη.Ε.Α έχει εκπαιδευτεί κατάλληλα και ανάλογα με τον τύπο των Σ.μη.Ε.Α τα οποία χειρίζεται. Επίσης ο χειριστής διαθέτει και την ανάλογη άδεια χειρισμού η οποία ορίζεται από το νομικό πλαίσιο. Τα τελευταία χρόνια η χρήση των Συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών (Σ.μη.Ε.Α.) έχει αυξηθεί με έντονη παρουσία τους σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, επιτήρηση συνόρων και περιοχών, χαρτογράφηση δύσβατων περιοχών, λήψη οπτικοακουστικού υλικού, στρατιωτικές επιχειρήσεις κ.λπ.. . Την τελευταία δεκαετία γίνεται μία σημαντική προσπάθεια για τη δημιουργία Σ.μη.Ε.Α ταξί από διάφορους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς με σκοπό να δημιουργήσουν ένα αυτόνομο και ασφαλές σύστημα αστικών εναέριας μετακινήσεων μέχρι το 2030. Μάλιστα σε κάποιες πόλεις εντός και εκτός Ευρώπης έχει αρχίσει η υλοποίηση αυτού του συστήματος αστικής εναέριας πτήσης με σκοπό την μεταφορά ανθρώπων και προϊόντων διαμορφώνοντας τα ήδη υπάρχοντα αεροδρόμια ή δημιουργώντας νέους αστικούς αερολιμένες.

Αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση των πιθανών θέσεων δημιουργίας αστικού αερολιμένα ως προς . Αυτή η εργασία πραγματεύεται το πόσο βιώσιμη είναι η εισαγωγή των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α (Συστήματα μη επανδρωμένων Αεροσκαφών) στις μεθόδους αστικής μετακίνησης στην Αττική και στη πόλη της Αθήνας. Συγκεκριμένα ασχολείται με τη δημιουργία ενός δικτύου αστικών αεροδρομίων για την εξυπηρέτηση του κοινού εντός Αττικής μέσω της αξιολόγησης της βιωσιμότητας ενός τέτοιου έργου. Ο σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση των δήμων ως προς την καταλληλότητα κατασκευής αστικού αερολιμένα για επιβατικά Σ.μη.Ε.Α.

Για τους σκοπούς της εργασίας καταλήξαμε ότι υπάρχει ανάγκη δημιουργίας ενός συστήματος αξιολόγησης των Δήμων της Αττικής με βάση την πυκνότητα του πληθυσμού ανά περιοχή, τις τεχνικές δυσκολίες, απόσταση από τα μέσα μαζικής μεταφοράς (κυρίως Μετρό) και η απόσταση από τους Δήμους κλειδιά. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών με πολλαπλά κριτήρια προτείνεται από την βιβλιογραφία [98] η επίλυση με τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος UTASTAR της οικογένειας των μεθόδων της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης (UTA).

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

Η δομή της εργασίας είναι ανά κεφάλαιο. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφορά στις βασικές αρχές λειτουργίας των Σ.μη.Ε.Α και στις κατηγορίες και τους ρόλους τους οποίους μπορούν να καλύψουν, με έμφαση στον ρόλο μεταφοράς ανθρώπων. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους τύπους των αστικών αεροδρομίων και στις διαφοροποιήσεις του ως προς την θέση και την χρήση τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι τρόποι υλοποίησης των αστικών αεροδρομίων, η οργάνωση αστικού εναέριου χώρου, καθώς και χώρες που υλοποιούν παρόμοια έργα. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται τα οφέλη, οι δυσκολίες και τα νομικά θέματα. Στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται ο ρόλος του μηχανικού, οι βοηθητικές εγκαταστάσεις και γίνονται και κάποιες προτάσεις υλοποίησης. Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία επίλυσης του προβλήματος εισαγωγής των αστικών αερολιμένων μέσω της UTASTAR και αναλύονται τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία έγινε η αξιολόγηση. Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο οδηγούμαστε στα τελικά συμπεράσματα.

2 Συστήματα μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ-UAV)

Τις τελευταίες δεκαετίες η τεχνολογία έχει σημειώσει πρωτοφανή πρόοδο στον τομέα των μεταφορών με την αιχμή του δόρατος αυτής της εξέλιξης να είναι η προσπάθεια εισαγωγής μη επανδρωμένων αεροσκαφών (Σ.μη.Ε.Α) στον τομέα των ανθρώπινων μεταφορών. Τα συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών όπως έχει αναφερθεί και στην εισαγωγή είναι αεροσκάφη των οποίων ο χειρισμός γίνεται εξ 'αποστάσεως. Η προσπάθεια εισαγωγής τους στον τομέα των μετακινήσεων πραγματοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο προκαλώντας το έντονο ενδιαφέρον και την ανησυχία των ιδιωτών και των κρατών όσο αναφορά τις αρχές λειτουργίας, το πιθανό κέρδος που μπορεί να παραχθεί, τα οφέλη και της επιπτώσεις που θα έχει η χρήση τους. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια ανάλυση των βασικών αρχών λειτουργίας, των εφαρμογών τους με έμφαση στη μεταφορά ανθρώπων και των διαθέσιμων στην αγορά μοντέλων με δυνατότητα μεταφοράς ανθρώπων.

2.1 Βασικές Αρχές Λειτουργίας

Τα Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Σ.μη.Ε.Α.) διαθέτουν κάποιες βασικές λειτουργίες οι οποίες καθορίζονται από την νομοθεσία και την αγορά. Οι αρχές αυτές είναι η ασφάλεια του επιβάτη, η τήρηση του κανονισμού σύμφωνα με τα υψομετρικά όρια πτήσης, την ταχύτητα, την άνεση του επιβάτη, την ασφάλεια, την χρήση του Σ.μη.Ε.Α. κ.λπ... Αρχικά η ασφάλεια είναι ένας πολύ βασικός παράγοντας για την λειτουργία των Σ.μη.Ε.Α., συνεπώς πολλές χώρες έχουν δοθεί οι προδιαγραφές σύμφωνα τις οποίες πρέπει να πληρούν τα μοντέλα τα οποία εισέρχονται στην αγορά ανάλογα βέβαια και με τη χρήση τους. Παράλληλα η ταχύτητα και η άνεση του επιβάτη σε συνδυασμό με την ασφάλεια είναι ο βασικοί στόχοι των εταιριών οι οποίες σχεδιάζουν τα επιβατικού τύπου Σ.μη.Ε.Α. και αποσκοπούν στην αύξηση των μελλοντικών επιβατών και του κέρδους. Όσο αναφορά την χρήση και τα υψομετρικά όρια πτήσης καθορίζονται από τον κανονισμό με σκοπό να κατηγοριοποιούνται τα Σ.μη.Ε.Α ανάλογα με την χρήση τους, ενώ παράλληλα προστατεύουν το δικαίωμα του ανθρώπου στην ανάπαυση και την ιδιωτικότητα.

2.2 Κατηγορίες Ρόλων/Εφαρμογών των ΣμηΕΑ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια επέκταση της χρήσης των Σ.μη.Ε.Α σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Κάποιοι από τους ρόλους των Σ.μη.Ε.Α αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω.

2.2.1 Ρόλοι Εποπτείας/Καταγραφής

Τα Σ.μη.Ε.Α λόγω της δυνατότητας καταγραφής εικόνων ή και βίντεο έχουν αποκτήσει πρωταγωνιστικό ρόλο στην επιτήρηση για λόγους ασφαλείας εντός και εκτός της πόλης [9]. Εντός

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού της πόλης η χρήση τους από τους φορείς της αστυνομίας και της τροχαίας έχει συμβάλει σημαντικά στην διαχείριση της κυκλοφορίας , την αποτροπή εγκλημάτων καθώς και την εξιχνίαση τους. Παράλληλα χρήση της τεχνολογίας Σ.μη.Ε.Α για στρατιωτικούς σκοπούς δεν είναι νέα τάση – οι στρατιωτικές δαπάνες έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Ο κόσμος οδεύει προς μια πολυπολική παγκόσμια τάξη πραγμάτων με πολλές περισσότερες χώρες να είναι πιθανό να εμφανιστούν στο άμεσο μέλλον, και έχει παρατηρηθεί αύξηση του αριθμού των εσωτερικών αναταραχών που παρατηρούνται σε όλο τον κόσμο. Σε ένα τέτοιο σενάριο, η κυβέρνηση εκμεταλλεύεται όλο και περισσότερο την τεχνολογία Σ.μη.Ε.Α για διάφορους σκοπούς επιτήρησης. Περίπου 100 χώρες διαθέτουν ήδη κάποια μορφή στρατιωτικής τεχνολογίας Σ.μη.Ε.Α με σκοπό την επιτήρηση των συνόρων σε δύσβατες ή και απρόσιτες περιοχές.

2.2.2 Ρόλοι Μεταφοράς/Παράδοσης

Τα Σ.μη.Ε.Α έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στον εκσυγχρονισμό των μεταφορών με αρκετές μεγάλες εταιρίες παράδοσης δεμάτων όπως η Amazon να έχουν ξεκινήσει είδη την χρήση τους για την παράδοση δεμάτων . Αυτό οφείλεται σε μια πληθώρα παραγόντων [10]. Τα Σ.μη.Ε.Α μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην μείωση του απαιτούμενου χρόνου και κόστους μεταφοράς και παράδοσης, διότι τα περισσότερα συστήματα παράδοσης Σ.μη.Ε.Α είναι ημι-αυτοματοποιημένα, επιτρέποντας στα Σ.μη.Ε.Α να αναχωρούν για την πραγματοποίηση της διαδρομής γρήγορα. Το Σ.μη.Ε.Α θα λάβει όλες τις οδηγίες που χρειάζεται από το κέντρο ελέγχου για να παραδώσει με επιτυχία το πακέτο αμέσως μόλις το δέμα επισυναφθεί. Λόγω της πλήρως αυτόνομης φύσης της πτήσης με Σ.μη.Ε.Α, μπορούμε να περιμένουμε μηδενικές καθυστερήσεις ή κυκλοφοριακή συμφόρηση. Παράλληλα τα Σ.μη.Ε.Α ,σε αντίθεση με τους ανθρώπους, δεν αρρωσταίνουν ούτε χάνονται. Επίσης δεν θα υπάρχει κόστος καυσίμου επειδή λειτουργούν με μπαταρία, δεδομένου ότι η πραγματική λειτουργία παράδοσης με Σ.μη.Ε.Α είναι πλήρως αυτόνομη, υπάρχει επίσης και μειωμένο κόστος εργασίας.

2.2.3 Ρόλοι Πολεοδομικού Χαρακτήρα

Στη σύγχρονη εποχή παρατηρείται μια έντονη αστικοποίηση με πολύ κόσμο να εγκαταλείπει την επαρχία. Οι πόλεις σε όλο τον κόσμο λόγω της μεγάλης συσσώρευσης πληθυσμού αντιμετωπίζουν προβλήματα συσσώρευσης πληθυσμού, μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου και σε ορισμένες περιπτώσεις ,όπως της Ελλάδας, της άναρχης δόμησης. Με την χρήση των Σ.μη.Ε.Α μας δίνεται η δυνατότητα να χαρτογραφήσουμε την αστικοποιημένη περιοχή ή την περιοχή που προορίζεται για αστικοποίηση και να τις χαρτογραφήσουμε με στόχο την καλή πολεοδομική οργάνωσης[9,11]. Συνεπώς η τεχνολογία Σ.μη.Ε.Α έχει αποδειχθεί πολύ βολική για τις δημοτικές εταιρείες και τους άλλους αστικούς φορείς για να ανακαλύψουν τα υπάρχοντα κενά στην αστική εξάπλωση και να

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού καταλήξουν σε ένα καλά οργανωμένο μελλοντικό σχεδιασμό τοπίου της πόλης[9]. Με τη χρήση Σ.μη.Ε.Α , οι πολεοδόμοι είναι σε θέση να κατανοήσουν καλύτερα το περιβάλλον τους και να εφαρμόσουν βελτιώσεις που βασίζονται σε δεδομένα τα οποία προέρχονται από την εναέρια επιτήρηση . Η εταιρεία συμβούλων μηχανικών Airup χρησιμοποίησε Σ.μη.Ε.Α για τη συλλογή δεδομένων σε περιοχές με πυκνότητα πληθυσμού[11]. Με πολλούς δήμους που λειτουργούν με περιορισμένους προϋπολογισμούς, τα Σ.μη.Ε.Α μπορούν να παρέχουν έναν σχετικά χαμηλού κόστους τρόπο λήψης ανεκτίμητων αστικών δεδομένων. Για παράδειγμα, τα Σ.μη.Ε.Α μπορούν να συμβάλουν στο να καθοριστεί ποιες περιοχές μπορούν να επωφεληθούν από τους χώρους πρασίνου. Σήμερα, η μηχανική μάθηση βοηθά να γίνουν πιο εξελιγμένες διαδικασίες χαρτογράφησης δυνατές με χαμηλότερο κόστος.

2.3 Μεταφορά Ανθρώπων με ΣμηΕΑ

Τα τελευταία ο χρόνια η τεχνολογία έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στο πεδίο των μη επανδρωμένων αεροσκαφών ανοίγοντας τον δρόμο για την χρήση των Σ.μη.Ε.Α ως οχήματα μεταφοράς ανθρώπων. Πολλές εταιρίες και φορείς έχουν είδη εκπονήσει προγράμματα τα οποία επιχειρούν να υλοποιήσουν με στόχο τον σχεδιασμό Σ.μη.Ε.Α τα οποία θα λειτουργήσουν ως αστικά εναέρια ταξί. Αυτός ο νέος τρόπος αστικής μεταφοράς αποσκοπεί στην μείωση του χρόνου μετακίνησης εντός του ορίου της πόλης και στην μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου. Παράλληλα η χρήση των Σ.μη.Ε.Α ως ταξί μπορεί να συμβάλει στους τομείς του τουρισμού και των μεταφορών.

2.3.1 Γενικές Βασικές Προδιαγραφές για Μεταφορά Προσωπικού

Τα επιβατικά Σ.μη.Ε.Α πρέπει να πληρούν κάποιες βασικές προδιαγραφές για να είναι δυνατή η λειτουργία τους ως μέσο αστικής μετακίνησης. Αρχικά πρέπει να εξασφαλίζεται η ασφάλεια και η άμεση εξυπηρέτηση των επιβατών, διότι όπως και στις παραδοσιακές μεθόδους μετακίνησης προτεραιότητα έχει η προστασία της ανθρώπινης ζωής σε περίπτωση ατυχήματος και η άμεση πρόσβαση στο όχημα. Εξίσου βασικές είναι και οι αρχές της ταχύτητας και του κόστους μετακίνησης, εφόσον ο στόχος των Σ.μη.Ε.Α ταξί είναι να μειώσουν σημαντικά τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας διαδρομής με σκοπό το κόστος να είναι προσβάσιμο για το ευρύ κοινό. Τέλος πρέπει να εξασφαλίζεται η άνεση και διευκόλυνση του επιβάτη με στόχο την αύξηση του κοινού που θα επιλέξει τα Σ.μη.Ε.Α ως μέσον μετακίνησης.

2.3.2 Διαθέσιμα Μοντέλα, Περιγραφή & Χαρακτηριστικά

Πολλές εταιρίες έχουν δραστηριοποιηθεί στον χώρο των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α με έναν σημαντικό αριθμό αυτών να έχουν προχωρήσει , έστω και σε αρχικό στάδιο, στην δημιουργία καινοτόμων

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού αεροσκαφών τα οποία έχουν περάσει στο στάδιο υλοποίησης και του ελέγχου. Μερικές από αυτές τις προτάσεις έχουν περάσει στο στάδιο της παραγωγής με στόχο την διάθεση τους στην αγορά. Κάποια από αυτά τα μοντέλα και οι δυνατότητες τους αναφέρονται αναλυτικά στη συνέχεια.

- City airbus Passenger drone

Η Airbus δημιούργησε ένα καινοτόμο επιβατικό μη επανδρωμένο αεροσκάφος με δυνατότητες μεταφοράς ανθρώπων [12]. Το αεροσκάφος αυτό ονομάζεται City Airbus Passenger Drone έχει διαστάσεις οκτώ μέτρα μήκος και οκτώ μέτρα πλάτος, 2.8 μέτρα διάμετρο προπέλας και 2.2 τόνους όριο βάρους απογείωσης. Το μοντέλο αυτό έχει την δυνατότητα να μεταφέρει μέχρι 4 επιβάτες με χωρητικότητα μπαταρίας στις 110 kWh και 8 προπέλες με σταθερό κινητήρα. Το City Airbus Passenger Drone κινείται με ταχύτητες της τάξεως των 120 χιλιομέτρων ανά ώρα, με αυτονομία συστήματος στα 15 λεπτά. Τέλος διαθέτει προωθητήρες υψηλής ανύψωσης και σχεδιασμό ανοχής για μια αστοχία κινητήρα.

- Volocity air taxi

Η εταιρία volocopter παρουσίασε το δικό της μοντέλο εναέριου ταξί με το όνομα Volocity air taxi [13]. Το μοντέλο αυτό έχει διαστάσεις 11.3m x 9.3m, 2.5 μέτρα ύψος, διάμετρο κινητήρων στα 2.3 μέτρα και διαθέτει 18 κινητήρες. Το αεροσκάφος είναι εξοπλισμένο με εννέα πακέτα μπαταριών με χρόνο εναλλαγής στα πέντε λεπτά. Το μέγιστο βάρος απογείωσης είναι στα 900 κιλά και το βάρος ωφέλιμου φορτίου είναι κατά μέγιστο στα 200 κιλά. Το σκάφος έχει εμβέλεια 35 χιλιόμετρα και κινείται με ταχύτητα που κυμαίνεται στα 110 χιλιόμετρα ανά ώρα.

- EHang | UAM - Passenger Autonomous Aerial Vehicle (AAV)

Η πρόταση της εταιρίας EHANG στον τομέα των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α είναι το μοντέλο EHANG AAV [14]. Το EHANG AAV είναι ένα επιβατικό αεροσκάφος το οποίο έχει διαστάσεις 5.63m x 5.63m (πλάτος & μήκος) με ύψος στα 1.85 μέτρα. Το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο είναι στα 220 κιλά και εμβέλεια επιχειρήσεων στα 30 χιλιόμετρα. Η ταχύτητα κίνησης είναι στα 130 χιλιόμετρα ανά ώρα. Αυτές οι προδιαγραφές ενδέχεται να αλλάξουν στο μέλλον σύμφωνα με την εταιρεία.

- da-vinci

Η εταιρία Da-vinci αναπτύσσει ένα νέο μοντέλο επιβατικού drone [15]. Το υπό ανάπτυξη αεροσκάφος θα έχει χαμηλή φθορά λόγω του σχεδιασμού των κινητήρων οι οποίοι δεν θα είναι υπό κλίση ή κινητήρες υψηλών στροφών. Το όνομα του αεροσκάφους θα είναι ZERO G [16] και θα διαθέτει 12 κινητήρες οι οποίοι θα τροφοδοτούν 12 έλικες και θα έχουν λιγότερες επιπλοκές λόγω του μικρότερου αριθμού εξαρτημάτων σε σχέση με τους ανταγωνιστές. Το σύστημα θα έχει τη

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

δυνατότητα να λειτουργήσει με έως και δύο αστοχίες. Επιπρόσθετα θα διαθέτει λειτουργία αυτόματης προσγείωσης σε περίπτωση βλάβης. Το ZERO G (έκδοση 3) έχει ωφέλιμο φορτίο στα 180 κιλά, ταχύτητα στα 120 χιλιόμετρα ανά ώρα , μπορεί να μεταφέρει μέχρι δύο άτομα και έχει χρόνο πτήσης 20 με 25 λεπτά.

- hoversurf

Η εταιρεία Hoversurf σχεδίασε ένα μοντέλο επιβατικού drone με όνομα Hover flying car [17]. Το Hover flying car θα ελέγχεται από ένα ψηφιακό σύστημα που αποκλείει εντελώς τον επιβάτη από τον έλεγχο του σκάφους. Το σύστημα τεχνίτης νοημοσύνης παρακολουθεί την ασφάλεια στον εναέριο χώρο. Σε περίπτωση κρίσιμης βλάβης το σκάφος διαθέτει ένα αλεξίπτωτο το οποίο θα προσεδαφίσει το σκάφος με ασφάλεια. Το Hover flying car έχει ταχύτητα 200 χιλιόμετρα ανά ώρα και εμβέλεια εκατό χιλιομέτρων. Το ύψος πτήσης του σκάφους είναι στα 150 μέτρα.

- liliium

Η Liliium σχεδίασε ένα επιβατικό drone πέντε θέσεων με το όνομα Phoenix [18]. Το αεροσκάφος ανέπτυξε ταχύτητες που ξεπερνούν τα 100 χιλιόμετρα την ώρα και άνοδο 150 μέτρα το λεπτό κατά την διάρκεια των δοκιμών εκτελώντας απαιτητικές μανούβρες. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που δίνει η εταιρεία το σκάφος μπορεί να αναπτύξει ταχύτητες της τάξεως των 300 χιλιομέτρων την ώρα με μεγαλύτερους χρόνους πτήσης σε σχέση με τους περισσότερους ανταγωνιστές του. Φυσικά οι ταχύτητες που αναφέρονται από την εταιρία είναι για ιδανικές συνθήκες. Διαθέτει 36 έλικες που λειτουργούν με ηλεκτροκινητήρες , μέγιστο χρόνο πτήσης στα 60 λεπτά και επιχειρησιακή εμβέλεια στα 300 χιλιόμετρα.

- bell

Η εταιρεία BELL η οποία ειδικεύεται στην κατασκευή ελικοπτέρων κατασκεύασε το BELL NEXUS ένα εναέριο υβριδικό ταξί με σκοπό να εισέλθει δυναμικά στην αγορά των εναέριων αστικών μετακινήσεων [19]. Το σκάφος διαθέτει έξι έλικες (τρεις σε κάθε πλευρά), δυνατότητα μεταφοράς πέντε ατόμων (τέσσερεις επιβάτες και ένας πιλότος) και μπορεί να αναπτύξει ταχύτητες 288 χιλιομέτρων την ώρα. Η εμβέλεια επιχειρήσεων που διαθέτει φτάνει τα 241 χιλιόμετρα με χωρητικότητα τεσσάρων επιβατών με τις αποσκευές. Οι διαστάσεις του BELL NEXUS είναι 12 μέτρα μήκος και 12 μέτρα πλάτος με δυνατότητα αυτόματης πλοήγησης. Το όχημα είναι υβριδικό με την προοπτική να γίνει πλήρως ηλεκτρικό μελλοντικά.

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

Εικόνα 1: Zero G



Εικόνα 2: E-HANG



Εικόνα 3: Bell Nexus



Εικόνα 4: Lilium Jet



3 Αεροδρόμια για ΣμηΕΑ-UAV (Dronedromes-Vertiports)

Τα συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών απαιτούν την ύπαρξη κατάλληλων χώρων για την πραγματοποίηση των πτήσεων, την συντήρησή τους και την εξασφάλιση της εύκολης πρόσβασης των επιβατών σε αυτά. Αυτοί οι χώροι θα χαρακτηρίζονται ως αεροδρόμια Σ.μη.Ε.Α ή αστικοί αερολιμένες (στην περίπτωση του δικτύου αστικών εναέριων μετακινήσεων), οι οποίοι θα διαθέτουν τις απαραίτητες εγκαταστάσεις (όπως πλατφόρμες-διαδρόμους προσγείωσης και απογείωσης, παροχές στους επιβάτες κ.λπ.) για την εξυπηρέτηση του κοινού. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι γενικές αρχές λειτουργίας των αεροδρομίων Σ.μη.Ε.Α, οι κατηγορίες τους και τα είδη τοποθεσίας στα οποία θα ήταν εφικτή η υλοποίησή τους.

3.1 Γενικές Αρχές

Οι χώροι απογείωσης και προσγείωσης των Σ.μη.Ε.Α πρέπει να ακολουθούν κάποιες βασικές αρχές όπως η προσβασιμότητα, η επάρκεια χώρου απογείωσης και προσγείωσης για τα Σ.μη.Ε.Α, εξασφάλιση την άνεσης του επιβάτη, σύνδεση με τα μέσα μαζικής μεταφοράς κ.α. . Πέραν όμως των βασικών αρχών υπάρχουν και οι απαραίτητες προϋποθέσεις όπως είναι η ασφάλεια των επιβατών, η ταχεία εξυπηρέτηση και η άμεση τεχνική υποστήριξη για την επιδιόρθωση των αεροσκαφών σε περίπτωση βλάβης. Τέλος τα Αεροδρόμια για Σ.μη.Ε.Α πρέπει να βρίσκονται στις κατάλληλες τοποθεσίες για να μπορούν να εξυπηρετήσουν όσο το δυνατόν περισσότερους επιβάτες σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

3.2 Κατηγορίες Αεροδρομίων

Τα Αεροδρόμια Σ.μη.Ε.Α χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο απογείωσης ή προσγείωσης των αεροσκαφών. Οι κατηγορίες αυτές περιγράφονται αναλυτικά στις επόμενες υποενότητες.

3.2.1 Drone-dromes

Τα Drone-dromes είναι ένας τύπος αερολιμένα ο οποίος έχει την δυνατότητα να υποστηρίξει Σ.μη.Ε.Α τα οποία δεν έχουν την δυνατότητα κάθετης προσγείωσης ή απογείωσης. Οι εγκαταστάσεις τους πέραν των βασικών εγκαταστάσεων ενός αερολιμένα για Σ.μη.Ε.Α (εγκαταστάσεις επισκευής και ανεφοδιασμού, κέντρο ελέγχου, θέσεις παραλαβής φορτίων ή ανθρώπων κ.ο.κ) διαθέτουν και διάδρομο προσγείωσης και απογείωσης. Η ύπαρξη του διαδρόμου τα καθιστά ακατάλληλα για αστική χρήση εφόσον απαιτούν μεγάλες εκτάσεις για την υλοποίησή τους, τα Σ.μη.Ε.Α που εξυπηρετούν δεν έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα για την αποφυγή πιθανών εμποδίων ή την μείωση του θορύβου των κινητήρων τους σε επιτρεπτά επίπεδα. Παράλληλα λόγω της έλλειψης ανοιχτών εκτάσεων είναι σχεδόν αδύνατο να τοποθετηθούν κοντά σε στάσεις μέσων

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού μαζικής μεταφοράς ή σε περιοχές με υψηλή οικονομική δραστηριότητα. Αντιθέτως είναι ιδανικά για στρατιωτικές χρήσεις ή για την στέγαση Σ.μη.Ε.Α τα οποία λειτουργούν ως ιπτάμενα πυροσβεστικά οχήματα, λόγω της διάταξης του αερολιμένα και της έκτασης του η οποία είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τους παραδοσιακούς αερολιμένες. Τέλος τα Drone-dromes θα μπορούσαν να λειτουργήσουν σαν μικρά τοπικά αεροδρόμια σε νησιά και απομακρυσμένες περιοχές για την μεταφορά ανθρώπων , προμηθειών και μικρής κλίμακας φορτίων.

3.2.2 Verti-ports

Τα Vertiports είναι σημαντικές υποδομές των συστημάτων αστικής εναέριας κυκλοφορίας και η θέση τους παίζει κρίσιμο ρόλο για την ανάπτυξη ολόκληρου του τρισδιάστατου χώρου των αστικών εναέριων μετακινήσεων σε μια δεδομένη περιοχή. Εστιάζουν κυρίως στην μετακίνηση του κοινού. Η θέση τους εξαρτάται από ένα ευρύ φάσμα παραγόντων, οι οποίοι περιλαμβάνουν: 1) υπάρχοντα/μελλοντικά εμπόδια τα οποία πρέπει να αποφεύγονται από τα Σ.μη.Ε.Α. 2)Ο διαθέσιμος χώρος, ανάλογα με τη διάταξη του Vertiport. 3) Διαδικασίες οι οποίες απαιτούνται για τον καθορισμό κατάλληλων συνδέσεων μεταξύ του εδάφους και των Σ.μη.Ε.Α. 4) Η προσβασιμότητα, δηλαδή ο απαιτούμενος χρόνος μετακίνησης από και προς ένα vertiport [20]. Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την τοποθέτηση των Vertiport έχει δημοσιευτεί από τον EASA [84]. Ωστόσο, εστιάζει κυρίως στη σχεδίαση του Vertiport και λαμβάνει υπόψη μόνο τα πιθανά εμπόδια για τις διαδικασίες πτήσης των Σ.μη.Ε.Α στον αστικό ιστό. Σύμφωνα με τη μελέτη της περίπτωσης του αεροδρομίου της Κολωνίας [85], εκτιμήσεις όπως αυτές στην έκθεση του EASA για την απομάκρυνση εμποδίων έχουν χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό πιθανών τοποθεσιών vertiport. Τα δεδομένα του συστήματος Geofence, δηλαδή οι εικονικοί όγκοι γύρω από εμπόδια (όπως κτίρια), που έχουν ρυθμιστεί για την αποφυγή συγκρούσεων, ειδικά για πόλεις με υψηλή αστικοποίηση, θεωρούνται από τα πιο σημαντικά που υποστηρίζουν την αποφυγή εμποδίων από τα Σ.μη.Ε.Α και την καταλληλόλητα σχεδίασης vertiport [86]. Παράλληλα, όπως και στις τρέχουσες διαδικασίες σχεδιασμού αεροδρομίου, οι αναλύσεις της έντασης και της κατεύθυνσης του ανέμου καθώς και οι εξωτερικές επιδράσεις που παράγονται από τις εκπομπές θορύβου θεωρούνται κύρια κριτήρια για την επιλογή της θέσης κατασκευής ενός vertiport [87]. Όσον αφορά αυτό το τελευταίο, ορισμένες μελέτες προτείνουν την τοποθέτηση vertiport δίπλα σε δρόμους, σιδηροδρόμους ή αεροδρόμια [83] ή σε κόμβους μεγάλων αυτοκινητοδρόμων [88] για τη μείωση των επιπτώσεων του θορύβου. Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, οι πολίτες φαίνεται να ανησυχούν για την ασφάλεια των Σ.μη.Ε.Α και την ηχορύπανση, η οποία μπορεί να αποτελέσει έναν σοβαρό περιορισμό για την εφαρμογή υπηρεσιών Σ.μη.Ε.Α στην Ε.Ε [82]. Η απόσταση μεταξύ των vertiports και των κύριων κόμβων μεταφοράς εδάφους θα μπορούσε να είναι ένα σημαντικό στοιχείο για την εξασφάλιση καλής σύνδεσης μεταξύ των δικτύων επίγειων και εναέριων

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού μεταφορών, κάτι που είναι ένα θετικό στοιχείο για την εισαγωγή των υπηρεσιών Σ.μη.Ε.Α [89]. Άλλες εφαρμογές που έχουν διερευνηθεί για την επιλογή τοποθεσιών είναι οι οροφές των κτηρίων και πιο συγκεκριμένα το μέγεθος, το σχήμα και το πόσο επίπεδες είναι. Για παράδειγμα, αυτές οι αναλύσεις, σε συνδυασμό με τα κοινωνικοοικονομικά δεδομένα της περιοχής μελέτης, έχουν πραγματοποιηθεί για την πόλη της Νέας Υόρκης [90], ενώ άλλες εφαρμογές όπως για το Μόναχο και το Λος Άντζελες επικεντρώνονται κυρίως μόνο στα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής [83]. Σε ορισμένες άλλες αναλύσεις, τα εμπόδια (φυσικά ή μη) δεν έχουν ληφθεί υπόψη, ενώ ο στόχος ήταν να βελτιστοποιηθούν ορισμένες μεταβλητές με συγκεκριμένα κριτήρια. Για παράδειγμα, ορισμένες μελέτες έχουν αναπτύξει αλγόριθμους βελτιστοποίησης για να τοποθετούν vertiports προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο συνολικός χρόνος ταξιδιού [91,92], να μεγιστοποιηθεί ο αριθμός των επιβατών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες Σ.μη.Ε.Α [93,94], να μεγιστοποιηθούν τα έσοδα του παρόχου υπηρεσιών [93] και η μέγιστη εξοικονόμηση χρόνου ταξιδιού [95]. Όλες οι μελέτες που αναφέρονται παραπάνω θεωρούν, με τη σειρά τους, μόνο έναν περιορισμένο αριθμό μεταβλητών χρήσιμο για τον προσδιορισμό των θέσεων των κορυφών. Ωστόσο, μια αποτελεσματική τοποθεσία vertiport που βασίζεται σε πολλές μεταβλητές απαιτεί μια ολοκληρωτική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη όλες τις διαφορετικές πτυχές, όπως το αστικό περιβάλλον, τους κανόνες και τις επιπτώσεις σε διάφορους τομείς. Από αυτή την άποψη, ένα ψηφιακό προσομοίωμα μιας πόλης θα μπορούσε να προσφέρει σημαντική υποστήριξη στο σχεδιασμό, την τοποθέτηση και τη διαχείριση των vertiports, καθώς περιέχει λεπτομερείς πληροφορίες που επιτρέπουν σε κάποιον να προσδιορίσει την πληρότητα χώρου, την απόσταση από εμπόδια, τις επιπτώσεις του ήχου που προέρχεται από αυτά και την προσβασιμότητα σε υπηρεσίες εδάφους, αλλά και τη πιθανή ζήτηση βάσει σχετικά με τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά καθώς και τους περιορισμούς για θέματα διαφύλαξης και ασφάλειας. Πιο αναλυτικά, οι πληροφορίες για τα ύψη των κτιρίων επιτρέπουν τον εντοπισμό πιθανών χώρων για την κατασκευή των vertiports ή, αντίθετα, των περιοχών που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτόν τον σκοπό. Παρομοίως, εμπόδια (π.χ. κεραιές) θα εμπόδιζαν τη χρήση τέτοιων περιοχών για τον εντοπισμό του vertiport. Ταυτόχρονα, η πυκνότητα του πληθυσμού, η θέση των κόμβων επί του εδάφους και οι κατάλληλοι κοινωνικοοικονομικοί δείκτες (π.χ. περιοχές υψηλού εισοδήματος) θα διευκόλυναν στον εντοπισμό των χώρων που θα μπορούσαν να διατεθούν σε κεντρικά σημεία κατασκευής κομβικών vertiport. Όμως οι περιοχές υψηλής πυκνότητας που σχετίζονται με το υψηλό εισόδημα, οι οποίες είναι ελκυστικές για την έναρξη υπηρεσιών Σ.μη.Ε.Α και στη συνέχεια για τον εντοπισμό σημείων πρόσβασης σε τέτοιες υπηρεσίες, αντιστοιχούν γενικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου ο χώρος είναι σπάνια διαθέσιμος. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα χώρου δεν αναφέρεται απλώς στην περιοχή που καταλαμβάνει η υποδομή του vertiport, αλλά και σε έναν κατάλληλο όγκο γύρω από αυτό για να επιτρέπει ασφαλείς ελιγμούς προσγείωσης και

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού απογείωσης. Το πλεονέκτημα της ψηφιακής προσομοίωσης της πόλης σε αυτό το πλαίσιο είναι η χρήση προσεγγίσεων πολλαπλών κριτηρίων για τον εντοπισμό της λειτουργικής θέσης του vertiport που διευκολύνεται επίσης από την οπτική αναπαράσταση. Τέλος, οι εξωτερικές επιδράσεις που δημιουργούνται από το vertiport μπορούν να αξιολογηθούν με βάση ορισμένες υποθέσεις εναέριας κυκλοφορίας. Επιπλέον, καθώς το vertiport θα είναι προσβάσιμο κυρίως από τρόπους επίγειας μεταφοράς, μπορούν να ληφθούν υπόψη και να εκτιμηθούν πρόσθετες εξωτερικές επιδράσεις λόγω της πληθώρας και της σύνδεσης των συστημάτων επίγειας μεταφοράς και μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα άλλο κριτήριο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης ενός vertiport σε σχέση με τους κατοίκους. Οι παράγοντες και οι περιορισμοί προσδιορίζονται στη δίδυμη ψηφιακή βάση δεδομένων της μελέτης ανά περίπτωση. Ειδικότερα, οι κύριοι παράγοντες είναι η πυκνότητα του πληθυσμού, το κόστος μεταφοράς, η πυκνότητα εργασίας, το μεσαίο εισόδημα, τα χαρακτηριστικά της επίγειας μεταφοράς και το κύριο σημείο ενδιαφέροντος, ενώ οι περιορισμοί είναι στοιχεία που εμποδίζουν τη θέση ενός vertiport σε μια δεδομένη περιοχή (π.χ. εμπόδια, γειτνίαση με σχολεία και λοιπά). Σύμφωνα με την μελέτη του Fadhil [83] τα επιτρεπόμενα βάρη σε αυτή την πρώτη προσπάθεια έχουν προσδιοριστεί. Συνεπώς έχει προσδιοριστεί μια διαφορετική ακτίνα για σημεία ενδιαφέροντος σε σχέση με στάσεις δημοσίων μεταφορών αντίστοιχα 1000 m και 500 m, καθώς τα σημεία ενδιαφέροντος αναμένεται να είναι λιγότερο συχνά από τις στάσεις δημοσίων συγκοινωνιών, οι οποίες γενικά απέχουν 500 μέτρα ή μία από την άλλη σε κεντρικές περιοχές της πόλης [20]. Όσον αφορά ειδικότερα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αρκετές υποθέσεις σχετικά με την αναμενόμενη κίνηση στο κορυφαίο Vertiport μιας πόλης θα μπορούσαν να δώσουν διαφορετικές λύσεις, προτείνοντας έτσι όρια χωρητικότητας για να εγγραφθούν καλά επίπεδα ποιότητας ζωής στην κοινότητα που ζει γύρω από το κορυφαίο vertiport. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα αεροδρόμια αναμένεται να φιλοξενούν vertiports εντός ή κοντά στη περιοχή τους [96], ειδικά για εναέρια υπηρεσίες μεταφοράς αεροδρομίου. Κυρίως για αεροδρόμια κοντά σε αστικές περιοχές (αεροδρόμια πόλεων) - αλλά γενικά για αεροδρόμια που εξυπηρετούν ένα δεδομένο εδαφικό σύστημα - το ψηφιακό προσομοίωμα θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει πληροφορίες για τις τροχιές απογείωσης και προσγείωσης αεροσκαφών (και τις επακόλουθες επιφάνειες περιορισμού εμποδίων) προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι πιθανοί κίνδυνοι λόγω των μετακινήσεων Σ.μη.Ε.Α στην περιοχή του αεροδρομίου και των σχετικών πιθανών παρεμβολών στην παραδοσιακή αεροπορία. Τα δεδομένα του συστήματος Geofence θα ήταν επίσης μια κατάλληλη λύση σε αυτήν την περίπτωση.

Εικόνα 5: Vertiport concept από την Lilium



3.3 Διαφοροποιήσεις Αεροδρομίων ΣμηΕΑ ως προς τη Θέση & Χρήση

Οι αερολιμένες για την εξυπηρέτηση των Σ.μη.Ε.Α μπορούν να δημιουργηθούν σε τοποθεσίες διαφόρων ειδών και για διάφορες χρήσεις. Μερικές από τις κατηγορίες αναλύονται παρακάτω.

3.3.1 Σε Ανοιχτές Εκτάσεις

Τα αεροδρόμια Σ.μη.Ε.Α σε ανοιχτές εκτάσεις είναι εύκολα ως προς την υλοποίηση, την οργάνωση των εγκαταστάσεων και την σωστή ρύθμιση της εναέριας κυκλοφορίας. Η υλοποίηση καθίσταται πιο εύκολη λόγω της άνεσης χώρου, γεγονός το οποίο συμβάλει σημαντικά στην βέλτιστη οργάνωση του εργοταξίου ενώ τα απαραίτητα οχήματα και μηχανήματα να μπορούν να τοποθετηθούν στις κατάλληλες θέσεις για την ταχεία ολοκλήρωση της κατασκευής του έργου και την εξοικονόμηση χρήματος και πόρων. Παράλληλα λόγω της άνεσης χώρου που έχουμε σε αυτή την περίπτωση είναι ευκολότερη η τοποθέτηση των εγκαταστάσεων με στόχο την μεγιστοποίηση της απόδοσης του αερολιμένα, με δυνατή τη χρήση του για την μεταφορά ανθρώπων και φορτίων. Επίσης είναι πιο προσιτός ο αερολιμένας διότι τα αεροσκάφη απογειώνονται και προσγειώνονται με ιδιαίτερη ευχέρεια λόγω της απουσίας σημαντικών εμποδίων. Τέλος ένα βασικό μειονέκτημα είναι η απουσία ανοιχτών χώρων στην περίπτωση της Αθήνας, εφόσον η πυκνή δόμηση και η κατοχή των ανοιχτών χώρων από τους Δήμους καθιστά πολύ δύσκολη την εύρεση και την αξιοποίηση τους εντός ντου αστικού ιστού.

3.3.2 Σε Εγκαταλελειμμένες Αεροπορικές Εγκαταστάσεις

Στην Αττική υπάρχουν εγκαταλελειμμένοι αερολιμένες (πολιτικής ή στρατιωτικής χρήσης) οι οποίοι διαθέτουν τις απαραίτητες εγκαταστάσεις για να χρησιμοποιηθούν με το ελάχιστο κόστος ως πεδίο προσγείωσης και απογείωσης Σ.μη.Ε.Α. Συνήθως υπάρχει αρκετός χώρος για να δημιουργηθούν χώροι αναμονής και υποδοχής των επιβατών, καθώς και αποθήκες για την φύλαξη

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού δεμάτων. Επιπρόσθετα αυτοί οι χώροι συνήθως βρίσκονται κοντά σε σημεία τα οποία εξυπηρετούνται από τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (Μ.Μ.Μ.), γεγονός που τους καθιστά ιδανικούς για την εξυπηρέτηση μεγάλου αριθμού επιβατών. Όμως στη περίπτωση αυτή θα πρέπει να εξεταστούν οι λόγοι για τους οποίους εγκαταλείφθηκαν όπως είναι η μικρή απόσταση τους από κατοικημένες περιοχές, επικίνδυνα ρεύματα αέρα ή και απαρχαιωμένες εγκαταστάσεις. Συνεπώς στην περίπτωση της αξιοποίησης τους ως χώρους εξυπηρέτησης Σ.μη.Ε.Α ταξί ή Σ.μη.Ε.Α μεταφοράς πακέτων θα πρέπει δοθεί βάση και στα πιθανά προβλήματα τα οποία μπορεί να προκύψουν.

3.3.3 Σε Αεροδρόμια

Η δημιουργία ενός χώρου εξυπηρέτησης Σ.μη.Ε.Α ταξί εντός ή σε κοντινή απόσταση από τα κύρια αεροδρόμια θα μπορούσε να θεωρηθεί επιτακτική. Αρχικά ένας αστικός αερολιμένας για Σ.μη.Ε.Α κοντά στο αεροδρόμιο θα βοηθούσε σημαντικά στην εξυπηρέτηση του κοινού το οποίο επιθυμεί να κινηθεί εντός και εκτός του αστικού ιστού με ταχύτητα και ευκολία, θα μείωνε τον κυκλοφοριακό φόρτο από και προς το αεροδρόμιο ενώ σε συνδυασμό με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς θα εξυπηρετούσε περισσότερο κοινό. Βέβαια για να είναι εφικτό αυτό πρέπει ο αερολιμένας των Σ.μη.Ε.Α να μην εμποδίζει την ομαλή λειτουργία του αερολιμένα και να βρίσκεται σε κοντινή απόσταση για να είναι εύκολα προσβάσιμος από τους ταξιδιώτες. Στη περίπτωση της Αθήνας αυτές οι προδιαγραφές πληρούνται λόγω της θέσης του Κύριου αεροδρομίου (Ελ.Βενιζέλος) το οποίο βρίσκεται σε αραιοκατοικημένη περιοχή με επάρκεια ανοιχτών χώρων κοντά στο αεροδρόμιο.

3.3.4 Σε Ψηλά Κτίρια

Η δημιουργία αστικών αερολιμένων εξυπηρέτησης επιβατικών Σ.μη.Ε.Α σε ψηλά κτήρια εντός του αστικού ιστού είναι μια ικανοποιητική λύση διότι όπως είναι ευρέως γνωστό οι σύγχρονες πόλεις είναι ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένες. Η δημιουργία αστικών πεδίων προσγείωσης και απογείωσης Σ.μη.Ε.Α σε κτήρια εντός του ορίου της πόλης έχουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία ενός δικτύου αστικής εναέριας κυκλοφορίας το οποίο θα διασφαλίζει τη μείωση του κόστους και του χρόνου μετακίνησης, ενώ συγχρόνως με τη σωστή επιλογή τοποθεσίας θα είναι δυνατή η επικοινωνία με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς αξιοποιώντας με αυτόν τον τρόπο το ήδη υπάρχον σύστημα αστικών μετακινήσεων. Οι αστικοί αερολιμένες σε ψηλά κτίρια μπορούν να τοποθετηθούν στις ταράτσες των κτηρίων ή εναλλακτικά σε ειδικά διαμορφωμένες πλατφόρμες (π.χ. μπαλκόνια) τα οποία θα ενισχυθούν (ή στην περίπτωση νέας κατασκευής θα σχεδιαστούν) κατάλληλα για να είναι δυνατή η υποστήριξη της λειτουργίας των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α.. Τέλος βασικοί παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπ'όψη είναι τα γειτονικά κτήρια, οι γραμμές ηλεκτροδότησης, η προστασία της

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού ιδιωτικότητας και η αποφυγή περιοχών στις οποίες απαγορεύεται η πτήση με στόχο την ομαλή διεξαγωγή της αστικής εναέριας κυκλοφορίας.

3.3.5 Σε Αεροδρόμια μειωμένης κινητικότητας

Τα αεροδρόμια μειωμένης κινητικότητας λόγω της περιορισμένης εναέριας κυκλοφορίας έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν και σαν αερολιμένες επιβατικών Σ.μη.Ε.Α. της ώρες που δεν υπάρχουν προγραμματισμένες πτήσεις. Οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις μπορούν εάν κριθεί απαραίτητο να διαμορφωθούν κατάλληλα για να υποστηρίξουν και την λειτουργία των Σ.μη.Ε.Α. σε συνδυασμό με την λειτουργία των παραδοσιακών εναέριων μέσων σε μικρό χρονικό διάστημα και με χαμηλό κόστος. Φυσικά για την επιτυχή λειτουργία αερολιμένων αυτού του τύπου πρέπει να υπάρχει καλή οργάνωση των πτήσεων για την αποφυγή ενός ατυχήματος, να δημιουργηθούν οι απαραίτητες εγκαταστάσεις για την συντήρηση και την επισκευή των παραδοσιακών αεροσκαφών και των Σ.μη.Ε.Α. ταξί και τέλος να εξασφαλίζεται η εύκολη μετακίνηση από και προς τον αερολιμένα.

Εικόνα 6: Verti-port concept (αστικός ανοικτός χώρος)



Εικόνα 7: Verti-Port Concept (Οροφή)



4 Προτεινόμενες Λύσεις & Υλοποιήσεις σε Αστικό Ιστό

Η εύρεση λύσεων στο ζήτημα της υλοποίησης των αστικών αερολιμένων εντός του αστικού ιστού είναι μείζονος σημασίας. Στις σύγχρονες πόλεις έχουμε ιδιαίτερα πυκνή δόμηση η οποία καθιστά την διαδικασία εύρεσης κατάλληλου χώρου για την κατασκευή του αστικού αερολιμένα ιδιαίτερα δύσκολη. Πέραν του ζητήματος της εύρεσης κατάλληλων χώρων ο αστικός αερολιμένας πρέπει να είναι προσβάσιμος για το κοινό μέσω των παραδοσιακών μεθόδων αστικής μετακίνησης (όπως το μετρό) και το δίκτυο στο οποίο ανήκει να βρίσκεται σε θέσεις κλειδιά με στόχο την βέλτιστη εξυπηρέτηση του κοινού. Παράλληλα πρέπει να δημιουργηθεί και ένα σύστημα διαχείρισης αστικής εναέριας κυκλοφορίας για την αποφυγή ενός δυστυχήματος. Εντός του κεφαλαίου θα αναφερθούμε στην τρέχουσα κατάσταση εντός των πόλεων, στις λύσεις διαχείρισης της αστικής εναέριας κυκλοφορίας οι οποίες έχουν προταθεί από οργανισμούς και εταιρίες καθώς και σε πόλεις και χώρες οι οποίες βρίσκονται στα στάδια της μελέτης ή και της εφαρμογής της χρήσης των Σ.μη.Ε.Α για την παροχή υπηρεσιών.

4.1 Αποτύπωση της Τρέχουσας Κατάστασης

Στις σημερινές πόλεις υπάρχουν πολλοί τρόποι μεταφοράς εντός του αστικού ιστού όπως είναι το μετρό, τα λεωφορεία, τα ιδιωτικά οχήματα και τα ταξί. Όμως το φαινόμενο του κορεσμού του κυκλοφοριακού συστήματος της πόλης καθιστά πολλούς από τους κλασικούς τρόπους αστικής μεταφοράς χρονοβόρους (ειδικά στη περίπτωση της Αθήνας). Τα Σ.μη.Ε.Α ταξί είναι η λύση στο πρόβλημα της ταχείας αστικής μεταφοράς αλλά και στο ζήτημα της αποσυμφόρησης του αστικού συστήματος μεταφορών. Παράλληλα θα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους μετακίνησης, οι οποίοι κάνουν χρήση ορυκτών καυσίμων. Τέλος η σωστή εισαγωγή τους στο σύστημα των αστικών μετακινήσεων θα επιτρέψει στον επιβάτη να μετακινηθεί σε όλη την έκταση του αστικού ιστού με μικρό σχετικά οικονομικό κόστος, εφόσον τα αστικά αεροδρόμια μπορούν να τοποθετηθούν σε τοποθεσίες-κλειδιά ή σε κομβικά σημεία.

4.2 Προτάσεις Οργανισμών για τη Χρήση ΣμηΕΑ σε Αστικό Ιστό

Αρκετοί οργανισμοί και εταιρίες έχουν προτείνει μια πληθώρα λύσεων για την οργάνωση και ομαλή λειτουργία του αστικού εναέριου χώρου. Μερικές από αυτές τις προτάσεις αναφέρονται παρακάτω.

4.2.1 NASA

Το σύστημα διαχείρισης κίνησης μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων [30, 35, 36] είναι ένα έργο προερχόμενο από την NASA το οποίο στοχεύει στο να επιτρέψει στα μικρά Σ.μη.Ε.Α να έχουν πρόσβαση σε χαμηλού υψομέτρου εναέριο χώρο πέρα από την οπτική επαφή (beyond visual

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

line of sight, BVLOS) με την ελάχιστη δυνατή επίδραση στο ήδη υπάρχον αεροπορικό σύστημα. Ο εναέριος χώρος χαμηλού υψομέτρου ορίζεται ως εναέριος χώρος κάτω από 400 πόδια, όπου οι λειτουργίες των μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων διαχωρίζονται από άλλους χρήστες του εναέριου χώρου. Η ανάπτυξη των μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων ταξινομείται σε τέσσερα επίπεδα τεχνικής δυνατότητας με τις απλές, απομακρυσμένες και αγροτικές εργασίες να βρίσκονται στο πρώτο επίπεδο και τις πυκνές αστικές λειτουργίες στο τέταρτο επίπεδο [36]. Στα αρχικά στάδια η υπάρχουσα τεχνολογία και διαδικασίες διαχωρισμού θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση των επιχειρήσεων, ενώ η βελτίωση τεχνολογιών όπως η ανίχνευση και αποφυγή, η υπηρεσία διαχωρισμού κατά την πτήση και οι διαδικασίες έκτακτης ανάγκης θα επιτρέψουν τις μελλοντικές φάσεις. Αν και η διαχείριση μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων προσδιορίζεται ως μια περιοχή χαμηλού υψομέτρου σε μη ελεγχόμενο εναέριο χώρο (κατηγορίας G), η NASA σχεδιάζει να ενσωματώσει τις επιχειρήσεις μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων σε άλλες κατηγορίες εναέριου χώρου [37]. Στον ελεγχόμενο εναέριο χώρο, τα Σ.μη.Ε.Α διαχωρίζονται από την ελεγχόμενη εναέρια κυκλοφορία δημιουργώντας μεταβατικές σήραγγες ή τμήματα εναέριου χώρου που προορίζονται για επιχειρήσεις μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων. Εναλλακτικά, οι επιχειρήσεις μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων μπορούν να ενσωματωθούν σε ελεγχόμενες εναέριες ροές κίνησης όπου θα συμπεριφερθούν με τον ίδιο τρόπο που συμπεριφέρονται τα σκάφη στην παραδοσιακή αεροπορία [37]. Οι χειριστές (πιλότοι Σ.μη.Ε.Α) είναι υπεύθυνοι να υποβάλλουν σχέδιο πτήσης και να διατηρούν τις αποστάσεις ασφαλείας από τα άλλα αεροσκάφη. Το σχέδιο περιέχει πληροφορίες σχετικά με το τμήμα του εναέριου χώρου, τους χρόνους και τις τοποθεσίες της επιχείρησης. Ενώ τα μη επανδρωμένα εναέρια συστήματα διαχείρισης παρέχουν συμβουλευτικές πληροφορίες, λεπτομέρειες για τον καιρό και άλλες παρατηρήσεις. Ο χειριστής είναι υπεύθυνος για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση της ασφαλούς πτήσης, τον εντοπισμό απροσδόκητων συνθηκών λειτουργίας ή κινδύνους που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία τους. Το σύστημα διαχείρισης εναέριων συστημάτων του τέταρτου σταδίου θα παρέχει έλεγχο ταυτότητας, γεωγραφική περιφραγή μέσω του συστήματος Geofence, διαχείριση χωρητικότητας, διαδρόμους εναέριου χώρου, ενημερώσεις για τον καιρό, διαχείριση τροχιάς, διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και δυναμικές προσαρμογές του συστήματος. Η ομοσπονδιακή αεροπορική διοίκηση των ΗΠΑ θα διατηρήσει την σύνδεση μεταξύ του εθνικού συστήματος εναέριου χώρου των ΗΠΑ και των Σ.μη.Ε.Α και θα δημιουργήσει περιορισμούς πραγματικού χρόνου για τις επιχειρήσεις στον εναέριο χώρο[37]. Αυτό το μοντέλο μπορεί να υιοθετηθεί και από τους αντίστοιχους Ελληνικούς οργανισμούς. Οι υπάρχουσες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα για το εθνικό σύστημα εναέριου χώρου των ΗΠΑ και τις αρχικές φάσεις της διαχείρισης κίνησης των εναέριων μη επανδρωμένων συστημάτων για επιτήρηση και πλοήγηση είναι το σύστημα Αυτόματης Εξαρτημένης Επιτήρησης-Μετάδοσης και το Global position system

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού (GPS). Αν και οι αρχικές δοκιμές έδειξαν ότι αυτές οι τεχνολογίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση κυκλοφορίας των εναέριων μη επανδρωμένων συστημάτων, τα πειράματα της NASA δείχνουν ότι το σύστημα Αυτόματης Εξαρτημένης Επιτήρησης-Μετάδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιτήρηση μόνο σε περιορισμένο εύρος, σε πολύ χαμηλή ισχύ, χαμηλή κυκλοφορία και μικρές αποστάσεις. Σε υψηλότερες πυκνότητες κυκλοφορίας, η χρήση του συστήματος Αυτόματης Εξαρτημένης Επιτήρησης-Μετάδοσης θα επηρεάσει αρνητικά την επανδρωμένη επιτήρηση της αεροπορίας [38]. Παρά τους περιορισμούς αυτούς, ο στόχος για την αρχική εφαρμογή της διαχείρισης κυκλοφορίας των εναέριων μη επανδρωμένων συστημάτων είναι να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος ανάπτυξης χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογίες [39]. Στις αρχικές φάσεις, το σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας των εναέριων μη επανδρωμένων συστημάτων δεν θα παρέχει μεγάλη δομή εναέριου χώρου, καθώς τα αεροσκάφη θα πετούν σε διαδρομές που έχουν επιλεγεί από τον χρήστη και έχουν εγκριθεί από τον υπεύθυνο φορέα. Ενώ το έργο της διαχείρισης κυκλοφορίας των εναέριων μη επανδρωμένων συστημάτων εγείρει ανησυχίες σχετικά με την διαχείριση διαφόρων κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, προς το παρόν δεν υπάρχουν περιορισμοί.

4.2.2 AMAZON

Η πρόταση της Amazon [1,40] αναφέρει ότι ο εναέριος χώρος κάτω από τα 500 πόδια θα χωριστεί σε ζώνες. Προτείνονται οι ακόλουθες τέσσερις ζώνες:

- Προβλέπεται **ζώνη χαμηλής ταχύτητας** για την τοπική κυκλοφορία η οποία θα είναι μικρότερη από τα 200 πόδια. Ο σκοπός της θα είναι για εφαρμογές όπως η αναψυχή, η τοπογραφία, η επιθεώρηση, η επιτήρηση και η βιντεοσκόπηση. Καθώς και η εξυπηρέτηση αεροσκαφών χαμηλής τεχνολογίας τα οποία δεν διαθέτουν τεχνολογία εντοπισμού και οπτικής αποφυγής.
- Προβλέπεται **ζώνη ταχείας διέλευσης** (η οποία θα συμπεριλαμβάνει το επίπεδο από 200 έως 400ποδών) για τα καλά εξοπλισμένα αεροσκάφη, στην οποία δεν υπάρχει οπτική επαφή. Οι τεχνικές δυνατότητες που απαιτούνται για το επίπεδο αυτό περιλαμβάνουν την παρακολούθηση. Την οπτική αποφυγή, την επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και συστήματα αποφυγής συγκρούσεων.
- Επίσης προτείνεται μια **ζώνη απαγόρευσης πτήσεων (No Fly Zone)** θα είναι η περιοχή μεταξύ 400 και 500 ποδών.

- Παράλληλα προτείνεται και η δημιουργία ζώνης **προκαθορισμένων τοποθεσιών** χαμηλού κινδύνου, συμπεριλαμβανομένων και των περιοχών που έχουν ενσωματωθεί από τις εθνικές αεροπορικές αρχές.

Τα οχήματα θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε διαφορετικά επίπεδα εναέριου χώρου με βάση τον εξοπλισμό και τις δυνατότητες που διαθέτει [1]. Ωστόσο, μόνο ένα αεροσκάφος με εξελιγμένη τεχνολογία θα μπορεί να κινείται σε πυκνό αστικό περιβάλλον. Μια κεντρική μονάδα διαχείρισης θα ελέγχει τον συντονισμό εκτός σύνδεσης (μέσω ενός συγχρόνου συστήματος) και θα εφαρμόζει τους απαραίτητους ελέγχους [1]. Ωστόσο, ένα μεγάλο μέρος της διαχείρισης της κυκλοφορίας πραγματοποιείται από κρατικούς φορείς. Αυτοί οι χειριστές θα συντονίζονται ακολουθώντας τα καθιερωμένα πρωτόκολλα, χρησιμοποιώντας την επικοινωνία όχημα με όχημα, όχημα με χειριστή και χειριστή με χειριστή. Αυτή η προσέγγιση θα συμπεριλαμβάνει ένα καταναμημένο δίκτυο που θα αποτελείται από τοπικά/περιφερειακά κέντρα αεροπορικών επιχειρήσεων και βάσεις εξ'αποστάσεως χειρισμού οχημάτων. Αυτό το νέο σύστημα είναι απαραίτητο δεδομένου του εξαιρετικά αυτοματοποιημένου χαρακτήρα των μελλοντικών αστικών εναέριων χώρων. Το υψηλά εξοπλισμένο σύστημα Σ.μη.Ε.Α θα είναι ικανό για πλοήγηση, συγχώνευση και αλληλουχία με το κεντρικό σύστημα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας, επικοινωνία με το κέντρο επιχειρήσεων καθώς και με τα γειτονικά αεροσκάφη, διατήρησης των αποστάσεων ασφαλείας, αποφυγής σύγκρουσης και εκτέλεση αποσύγκρουσης σε κορεσμένο εναέριο χώρο χωρίς τη βοήθεια χειριστή (Τα συστήματα αυτά βρίσκονται υπό δοκιμή). Η αποφυγή σύγκρουσης πρέπει να επιτυγχάνεται τόσο με συνεργατικά όσο και με μη συνεργατικά αντικείμενα. Η συλλογική αποφυγή σύγκρουσης, εντοπισμού και αποφυγής είναι ενεργοποιημένη από την επικοινωνία όχημα με όχημα. Από την άλλη πλευρά, η μη συνεργατική αποφυγή σύγκρουσης ενεργοποιείται από αισθητήρες, οι οποίοι αναγνωρίζουν μη συνεργατικές οντότητες όπως επανδρωμένα αεροσκάφη, πτηνά και άλλα φυσικά εμπόδια.

4.2.3 FAA

Για την διεξαγωγή των πτήσεων η Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση των ΗΠΑ προβλέπει αυξημένη ζήτηση για εναλλακτικούς τρόπους εναέριας μεταφοράς οι οποίοι θα μπορούν να εφαρμοστούν λόγω της τεχνολογικής προόδου των ηλεκτρικών αεροσκαφών και τις δυνατότητες κάθετης απογείωσης και προσγείωσης [1]. Νέα οχήματα μπορούν να ενταχθούν στον εναέριο χώρο δημιουργώντας νέες δομές μέσα σε αυτόν. Σύμφωνα με την πρόταση της Ομοσπονδιακής Αεροπορικής Διοίκησης των ΗΠΑ, οι επιχειρήσεις αστικής εναέριας κυκλοφορίας διεξάγονται σε διαδρόμους χωρίς υπηρεσίες διαχωρισμού ελέγχου εναέριας κίνησης. Οι διάδρομοι είναι ο μηχανισμός διαχωρισμού μεταξύ της αστικής εναέριας κυκλοφορίας και άλλων επιχειρήσεων. Εντός των διαδρόμων, ο διαχωρισμός διατηρείται από υπευθύνους για την ομαλή διεξαγωγή της

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού αστικής εναέριας κυκλοφορίας, οι οποίοι στις αρχικές φάσεις της λειτουργίας του αρχικού συστήματος ρύθμισης θα περιλαμβάνουν και τον πιλότο του σκάφους. Κάθε διάδρομος θα έχει εχέγγυα ορθής λειτουργίας (όπως ικανότητα ελιγμών ή δυνατότητες αίσθησης και οπτικής αποφυγής) για να διασφαλιστεί ότι οι πτήσεις θα διεξάγονται με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο. Διαφορετικοί διάδρομοι μπορεί να έχουν διαφορετικές προδιαγραφές. Αρχικά, οι διάδρομοι θα συνδέουν δύο αεροδρόμια μη επανδρωμένων αεροσκαφών (σε αστικό ιστό ή και σε ύπαιθρο) για την διεξαγωγή επιχειρήσεων σε διάφορες περιοχές. Στα μεταγενέστερα στάδια, η Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση των ΗΠΑ αναμένει την ανάπτυξη πιο περίπλοκων και αποτελεσματικών δικτύων που απομακρύνονται από τις λειτουργίες από σημείο σε σημείο [1]. Η Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση των ΗΠΑ υποστηρίζει ότι τα κριτήρια σχεδιασμού του διαδρόμου πρέπει να περιλαμβάνουν τις ελάχιστες επιπτώσεις στις υφιστάμενες λειτουργίες του συστήματος εναέριας κυκλοφορίας σε κάθε χώρα, ζητήματα τα οποία επηρεάζουν το δημόσιο συμφέρον, όπως ο θόρυβος, η ασφάλεια και οι πιθανές ανάγκες των εν δυνάμει πελατών. Μπορεί να υπάρχουν πρόσθετες κατασκευές εντός του διαδρόμου, οι οποίες αναφέρονται ως «αποτυπώματα». Οι διάδρομοι μέσω των «αποτυπωμάτων» θα παρέχουν μεγαλύτερο διαχωρισμό αεροσκαφών με διαφορετικές τεχνικές δυνατότητες [1]. Οι υπηρεσίες κεντρικής διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας θα παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα για την ομαλή διεξαγωγή των δρομολογίων. Οι χειριστές Σ.μη.Ε.Α είναι επίσης υπεύθυνοι για τη συνεχή παρακολούθηση του καιρού και των ανέμων πριν και καθ' όλη τη διάρκεια της πτήσης. Εάν η απόδοση του αεροσκάφους είναι ανεπαρκής για τη διατήρηση της ασφάλειας στον προβλεπόμενο καιρό, η πτήση θα πρέπει να αναβληθεί.

4.2.4 MITRE

Η MITRE έχει προτείνει την εφαρμογή μιας εκτεταμένης λειτουργίας κανόνων πτήσης εξ' όψεως [41], η οποία επιτρέπει στα αεροσκάφη να επιχειρούν στον εναέριο χώρο Κατηγορίας G σύμφωνα με τους υπάρχοντες κανόνες πτήσης εξ' όψεως χρησιμοποιώντας δυνατότητες εντοπισμού και οπτικής αποφυγής. Εάν ένα αεροσκάφος πρέπει να εισέλθει σε ελεγχόμενο εναέριο χώρο, θα δημιουργείται μια σειρά από δυναμικούς διαδρόμους οι οποίοι θα έχουν εγκριθεί από την αρμόδια συντονιστική υπηρεσία ή οργανισμό [1]. Ο Δυναμικός Διάδρομος θα δίνει την δυνατότητα στα αεροσκάφη να πετούν σε εναέριο χώρο υψηλής κινητικότητας ορίζοντας συγκεκριμένες σήραγγες στο εθνικό εναέριο σύστημα της κάθε χώρας και διαχωρίζοντας την κυκλοφορία. Μείζονος σημασίας είναι τα σκάφη να έχουν τον επαρκή εξοπλισμό για να διαθέτουν της βέλτιστες επιχειρησιακές δυνατότητες. Πρέπει τα σκάφη να υποστηρίζονται από μια μεγάλη γκάμα εργαλείων λήψης κρίσιμων και μη αποφάσεων, καθώς η ενσωματωμένη τεχνολογία θα είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση του διαχωρισμού και τη διεξαγωγή ελιγμών αποφυγής σε περιπτώσεις κινδύνου [1]. Επιπλέον, αυτά τα εργαλεία θα παρέχουν πληροφορίες όπως κυκλοφοριακές

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού συνθήκες, θέση και κατεύθυνση διαδρόμου, προειδοποιήσεις για τον καιρό και κανόνες πτήσης στον αστικό εναέριο χώρο. Τα σύστημα διαχείρισης της εναέρια κυκλοφορίας, όπως και τα συστήματα διαχείρισης του αστικού εναέριου χώρου, θα εισάγουν αυστηρότερα πρωτόκολλα ασφαλείας για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας των δρομολογίων. Για τους λόγους αυτούς θα προτιμώνται αεροσκάφη με υψηλότερες τεχνολογικές δυνατότητες. Τα αεροσκάφη αυτά θα πρέπει να διαθέτουν προηγμένες δυνατότητες εντοπισμού και οπτικής αποφυγής, δυνατότητα μείωσης της ρύπανσης η οποία προκαλείται από τον θόρυβο των κινητήρων τους, τεχνολογία ακριβείας πλοήγησης και τεχνολογία επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων [1]. Η ελπίδα είναι ότι στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης, οι φορείς εκμετάλλευσης θα έχουν κίνητρο να βελτιώσουν τις δυνατότητες των οχημάτων με σκοπό να αυξήσουν την φέρουσα ικανότητα και την ασφάλεια του εναέριου χώρου [1].

4.2.5 DLR U-SPACE

Η πρόταση του Γερμανικού Κέντρου Αεροδιαστημικής - Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (DLR) [42] ενσωματώνει νέους χρήστες εναέριου χώρου, όπως Σ.μη.Ε.Α και αεροταξί σε έναν μη ελεγχόμενο εναέριο χώρο (Κλάσης G). Ο εναέριος χώρος είναι χωρισμένος σε περιοχές («θυρίδες») για χρήστες με σκάφη παρόμοιων χαρακτηριστικών. Χαρακτηριστικά όπως το επίπεδο αυτονομίας και εξοπλισμού του αεροσκάφους, η διαθεσιμότητα του ελέγχου κυκλοφορίας στο U-space και η πραγματοποίηση η εναέρια κυκλοφορία κάνοντας χρήση οπτικών κανόνων συντελείται λαμβάνοντας υπόψη ότι ο εναέριος χώρος είναι διαχωρισμένος έτσι ώστε οχήματα παρόμοιων χαρακτηριστικών να πετούν στον ίδιο τομέα. Μέσα στον τομέα, κάθε αεροσκάφος μοντελοποιείται από ένα ελλειψοειδές με βάση τις παραμέτρους απόδοσής του, όπως η αυτοματοποίηση, η πλοήγηση, η επικοινωνία και οι δυνατότητες επιτήρησης. Όσο χαμηλότερες είναι οι δυνατότητες του αεροσκάφους, τόσο μεγαλύτερο είναι το ελλειψοειδές ασφαλείας γύρω από το αεροσκάφος. Ως αποτέλεσμα, η χωρητικότητα ενός τομέα μπορεί να είναι κορεσμένη με λίγα μόνο αεροσκάφη με μεγάλες ελλείψεις ή με περισσότερα αεροσκάφη με μικρές ελλείψεις. Οι χειριστές οχημάτων πρέπει να διατηρούν τις αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ αυτών. Το σύστημα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας δημιουργεί όρια μέσω του συστήματος γεωφράγματος, τα οποία μπορεί να είναι στατικά, όπως εμπόδια ανάγλυφου εδάφους ή μόνιμα εμπόδια που βρίσκονται επί αυτού και μόνιμες ζώνες απαγόρευσης πτήσεων, ή δυναμικά, όπως προσωρινό κλείσιμο του εναέριου χώρου λόγω καιρικών συνθηκών ή ειδικών γεγονότων. Αν και η ιδέα του U-Space δεν αναφέρει ρητά τις ριπές ανέμου, αφήνει τη δυνατότητα δημιουργίας δυναμικού γεωγραφικού ορίου γεωφράγματος σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, όπως ισχυροί άνεμοι ή βροχή. Ο ρόλος του συστήματος διαχείρισης της κυκλοφορίας είναι να οριοθετήσει τον εναέριο χώρο. Παράλληλα το σύστημα διαχείρισης του εναέριου χώρου θα μπορεί να ρυθμίσει τα όρια με την χρήση του συστήματος γεωφράκτη και να

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού επιτρέπει διαδρομές πτήσης εντός προκαθορισμένου χρόνου, δίνοντας προτεραιότητα στο αεροσκάφος που δηλώνει πρώτο την διαδρομή του [1]. Σε τακτικό επίπεδο, το σύστημα παρακολούθησης εναέριας κίνησης παρακολουθεί τη θέση, το υψόμετρο και την κατεύθυνση του αεροσκάφους και στέλνει τις απαραίτητες ενημερώσεις για τις επικρατούσες συνθήκες για την ασφάλεια των πτήσεων των αεροσκαφών [1]. Η επιτήρηση επιτυγχάνεται από το σύστημα Αυτόματης εξαρτημένης επιτήρησης-μετάδοσης και μέσω του δικτύου μακροχρόνιας εξέλιξης [1]. Η επικοινωνία με το αεροσκάφος θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέσω του δικτύου μακροχρόνιας εξέλιξης, ανοιχτό δίκτυο ανεμόπτερου ή σύνδεσης δεδομένων πολύ υψηλής συχνότητας, ανάλογα με τις δυνατότητες και τον εξοπλισμό του αεροσκάφους [1]. Ένα ειδικό τμήμα του εναέριου χώρου είναι αφιερωμένο σε πτήσεις διεξάγονται εξ'όψεως και με περιορισμένες δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ των αεροσκαφών [1]. Από την πλευρά του χρήστη, το πλεονέκτημα της προτεινόμενης ιδέας είναι ότι επιτρέπει την ομαλή κυκλοφορία στον εναέριο χώρο για αεροσκάφη με χαμηλές και υψηλές τεχνικές δυνατότητες, παρέχοντας ασφάλεια μέσω των προκαθορισμένων αποστάσεων ασφαλείας. Η προσέγγιση αυτή ελαχιστοποιεί την πολυπλοκότητα, αλλά μειώνει επίσης τη συνολική χωρητικότητα του εναέριου χώρου λόγω υποαπασχόλησης ορισμένων τομέων. Σε χαμηλή πυκνότητα κυκλοφορίας, τα εναέρια οχήματα έχουν μεγάλη ελευθερία όσον αφορά την επιλογή διαδρομής, σε αντίθεση στις υψηλές πυκνότητες κυκλοφορίας, απαιτείται να ακολουθούν προκαθορισμένες τροχιές. Το σύστημα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας παρακολουθεί τις απαιτήσεις εναέριου χώρου και τις προγραμματισμένες αποστολές αεροσκαφών και ενημερώνει ανάλογα τα τμήματα με την πάροδο του χρόνου. Η έννοια των θυρίδων δεν εξετάζει ρητά κοινωνικούς παράγοντες, όπως ο θόρυβος ή η ιδιωτικότητα, καθώς οι κοινωνικοί παράγοντες δεν περιορίζουν τη θέση ή το μέγεθος της θυρίδας. Αυτό το ζήτημα θα μπορούσε να λυθεί με τη δημιουργία ενός ορίου μέσω του συστήματος Geofence.

4.2.6 UBER ELEVATE

Η Uber υιοθέτησε μια πιο μετριοπαθή προσέγγιση ενσωμάτωσης των απαιτούμενων δραστηριοτήτων κάθετης απογείωσης και προσγείωσης στο υπάρχον πλαίσιο διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας. Δεν καθορίζει τη δομή του εναέριου χώρου, αλλά παραθέτει τις συστάσεις για τις συνήθεις λειτουργίες που απαιτούνται από ένα σύστημα κάθετης απογείωσης και προσγείωσης κατ' απαίτησή τους [44]. Αν και η πρόταση της Uber βασίζεται στην τρέχουσα τεχνολογία και στις συστάσεις της NASA για τη διαχείριση κυκλοφορίας Σ.μη.Ε.Α. Συνεπώς η Uber ανοίγει μια νέα συζήτηση σχετικά με τις αρχές του σχεδιασμού του αστικού εναέριου χώρου, ειδικά όσον αφορά την αποδοχή των κατοίκων της πόλης και τις επιπτώσεις που θα έχει στην καθημερινότητα τους [1]. Το προτεινόμενο επίπεδο ασφαλείας είναι διπλάσιο από αυτό της οδήγησης ενός αυτοκινήτου με βάση τον αριθμό των θανάτων ανά επιβάτη ανά μίλι [1]. Χρησιμοποιώντας τις λειτουργίες του

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

Μέρους 135 ως μοντέλο, η Uber υποστηρίζει ότι το τρέχον επίπεδο ασφάλειας στην κυκλοφορία των αεροταξί είναι χειρότερο από την οδήγηση. Στην αρχική φάση, οι υπάρχουσες τεχνολογίες, όπως η τεχνολογία αυτόματου εντοπισμού και μετάδοσης δεδομένων και οι ραδιοεπικοινωνίες, θα χρησιμοποιηθούν για τις λειτουργίες επί του σκάφους [1]. Η λευκή βίβλος ζητά την επέκταση της διαχείρισης κυκλοφορίας Σ.μη.Ε.Α της NASA πάνω από 500 πόδια για να εξυπηρετήσει τις προβλεπόμενες λειτουργίες κάθετης απογείωσης και προσγείωσης και να δημιουργήσει απρόσκοπτη επικοινωνία με αεροδρόμια και περιοχές τερματικών σταθμών [1]. Οι πρόσθετες τεχνολογίες που απαιτούνται είναι 1) ψηφιακή επικοινωνία ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, 2) σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας Σ.μη.Ε.Α το οποίο θα επεκτείνεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα και θα είναι ικανό να διαχειριστεί ένα μείγμα Σ.μη.Ε.Α και αεροσκαφών Γενικής Αεροπορίας και 3) σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας που μπορεί να ενσωματώσει τα Σ.μη.Ε.Α τα οποία λειτουργούν με κάθετο σύστημα απογείωσης-προσγείωσης και τις προσεγγίσεις- αναχωρήσεις συμβατικών αεροσκαφών κοντά σε αεροδρόμια . Η Uber υποστηρίζει ότι πρέπει να υιοθετηθούν αυστηρά πρότυπα για τη μείωση του θορύβου, συμπεριλαμβανομένων των στόχων θορύβου για οχήματα, μακροπρόθεσμης και βραχυπρόθεσμης ενόχλησης. Χρησιμοποιώντας αυτές τις μετρήσεις και την παρακολούθηση του θορύβου τοποθεσίας σε πραγματικό χρόνο ως στοιχεία, θα πρέπει να επιλεγεί η διαδρομή πτήσης ελάχιστου θορύβου.

4.3 Χώρες & Πόλεις που Υλοποιούν Σχετικά Έργα

Με την τεχνολογική πρόοδο στον τομέα των Σ.μη.Ε.Α πολλές χώρες άρχισαν να ερευνούν την εφαρμογή τους για μια πληθώρα χρήσεων (π.χ. μεταφορά δεμάτων, ασφάλεια συνόρων, στρατιωτικές επιχειρήσεις, μεταφορά ανθρώπων, πυρόσβεση κ.λπ.). Ορισμένα παραδείγματα παρατίθενται παρακάτω:

4.3.1 UK - London

Το Διεθνές αεροδρόμιο του Χίθρου στο Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο, σε συνεργασία με την εταιρεία Vertical Aerospace σκοπεύει να ενσωματώσει τις λειτουργίες Σ.μη.Ε.Α [1,24,25]. Μέσω ενός κοινού σχεδίου που ανακοίνωσαν οι δύο εταιρείες, εξετάζονται τα βήματα που απαιτούνται για την έναρξη λειτουργίας χώρων οι οποίοι θα εξυπηρετούν εντός του αεροδρομίου τα νέα μοντέλα τεσσάρων επιβατών Σ.μη.Ε.Α από τα μέσα της δεκαετίας του 2020. Το εύρος των απαραίτητων εργασιών καλύπτει τις αναμενόμενες αλλαγές στον κανονισμό λειτουργίας, τη δημιουργία του μέγιστου αριθμού νέων θέσεων εργασίας και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών κοινωνικών επιπτώσεων. Στόχος της συνεργασίας είναι η καθιέρωση ενός δικτύου δρονοδρομίων που θα συνδέει το αεροδρόμιο με τις οικονομικές ζώνες της πόλης με χρόνο διαδρομής 12 λεπτών.

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

Η κοινοπραξία Uk Air Mobility Consortium με επικεφαλής εταιρία Ene, σχεδιάζει να συνδέσει το αεροδρόμιο Χίθροου με το αεροδρόμιο Λόντον Σίτι,

4.3.2 US – New York

Η LIFT Aircraft, εταιρεία που ασχολείται με την χρήση των Σ.μη.Ε.Α για τη μεταφορά κοινού υπέγραψε μια Επιστολή Πρόθεσης με το τουριστικό πρακτορείο ελικοπτερόν Charm Aviation για την προσφορά μιας νέας υπηρεσίας προσωπικών πτήσεων με τη χρήση επιβατικών μη επανδρωμένων αεροσκαφών στη Νέα Υόρκη ήδη από το 2023 [28]. Υπάρχουν σχέδια για την ανάπτυξη κορυφαίων δρονοδρομίων LIFT κατά μήκος των παραθαλάσσιων περιοχών της Νέας Υόρκης, παρέχοντας πρόσβαση στον διάδρομο "κλάσης G", κανόνων πτήσεων εξ' όψεως που εκτείνεται έως και 1.300 πόδια γύρω από το Μανχάταν. Η εταιρία LIFT σε κοινοπραξία με την HEXA θα εργαστούν μαζί με αξιωματούχους της πόλης και την Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση των ΗΠΑ για να επιλέξουν την πρώτη τοποθεσία vertiport της Νέας Υόρκης τους επόμενους μήνες, με στόχο την έναρξη των αρχικών δοκιμαστικών πτήσεων στην πόλη από τα τέλη του 2023. Η LIFT έχει λάβει προηγουμένως έγκριση από την Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση των ΗΠΑ για μια προγραμματισμένη τοποθεσία στην περιοχή Όστιν του Τέξας.

4.3.3 Belgium – Antwerp

Η Αμβέρσα προσχώρησε στην Πρωτοβουλία UAM (EIP-SCC) τον Σεπτέμβριο [2]. Σύμφωνα με ένα δελτίο τύπου: «Η Αμβέρσα έχει δηλώσει τη φιλοδοξία της να εξερευνήσει τις δυνατότητες των Σ.μη.Ε.Α σε ένα αστικό πλαίσιο. Ως σημείο εκκίνησης θα μελετηθεί η σκοπιμότητα χρήσης Σ.μη.Ε.Α για εργασίες παρατήρησης από την τοπική αστυνομία. Συγκεκριμένα, η πόλη της Αμβέρσας και η τοπική της αστυνομία θα ξεκινήσουν έναν ορισμό έργου με στόχο την ανάπτυξη ενός αυτόνομου συστήματος εναέριας απεικόνισης με δυνατότητα κάλυψης της επικράτειας της πόλης. Στην ανάπτυξη του έργου, η πόλη θα εμπλέξει επίσης στενά τους τετραπλούς εταίρους της (πανεπιστήμια-επιχειρήσεις-πολίτες) και θα ενσωματώσει την πρωτοβουλία στην ευρύτερη στρατηγική της για την Έξυπνη Πόλη». «Η σκοπιμότητα εφαρμογής αυτής της λύσης θα μελετηθεί σε στενή συνεργασία με θεσμικούς εταίρους όπως το Belgocontrol, το Eurocontrol και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Ασφάλειας της Αεροπορίας (EASA). Μεταξύ άλλων εταίρων που έχουν υπογράψει και υποστηρίζουν το Μανιφέστο της Πρόθεσης είναι η Πυροσβεστική Υπηρεσία της Αμβέρσας, το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Μεταφορών, η Αρχή Πολιτικής Αεροπορίας του Βελγίου, η Ομοσπονδιακή Αστυνομία (Αεροπορική Υποστήριξη), το Λιμάνι της Αμβέρσας, το iMec, το Πανεπιστήμιο της Αμβέρσας, το Drone Think Do, Dronoport, EUKA, Helicus και Unifly.

4.3.4 **Belgium – Ghent**

Η Γάνδη αποτελεί μέρος της πρωτοβουλίας Urban Air Mobility (UAM) της Ευρωπαϊκής Ένωσης [2]. Η πόλη εξετάζει τη δημιουργία μιας πρωτότυπης εφαρμογής drone ασθενοφόρου και αποτελεί μέρος της πολυμερούς ομάδας. Οι συνεργάτες περιλαμβάνουν: το Department of Emergency Medicine Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο της Γάνδης, Emergency Medical Services Dispatch Center 112 East Flanders, Ghent University i-Know, Belgocontrol, Unifly, Euka, TomorrowLab, Drone Think Do, European Aviation Safety Agency, BRC Belgian Resuscitation Κεντρικό Αρχηγείο Πυροσβεστικής Ζώνης.

4.3.5 **China – Shanghai**

Στη Σαγκάη, η εταιρεία παράδοσης τροφίμων Ele.me που ανήκει στην Alibaba έλαβε άδεια να παραδίδει τρόφιμα στους κατοίκους του βιομηχανικού πάρκου Jinshan της Σαγκάης [2]. Σύμφωνα με την κυβερνητική υπηρεσία ειδήσεων «Έγκριση για παράδοση τροφίμων με drones σε 17 διαφορετικές διαδρομές από περισσότερα από 100 τοπικά εστιατόρια έλαβε το Ele.me, επιτρέποντάς τους να καλύψουν μια περιοχή 58 τετραγωνικών χιλιομέτρων». Η κίνηση σηματοδοτεί την πρώτη γνωστή εμπορική χρήση drones στην Κίνα για την παράδοση τροφίμων. Τα drones χρησιμοποιούνται για περίπου το 70% της συνολικής απόστασης παράδοσης, με έναν υπάλληλο να συσκευάζει το φαγητό στο ένα άκρο της διαδρομής και μετά ένας άλλος υπάλληλος να παραλαμβάνει το φαγητό για να ολοκληρώσει την παράδοση χειροκίνητα οδηγώντας στον τελικό προορισμό, σύμφωνα με την υπηρεσία ειδήσεων. Αν και η μέγιστη χωρητικότητα ωφέλιμου φορτίου του drone είναι 6 κιλά, το κουτί τροφίμων στο οποίο είναι τοποθετημένο το φαγητό ζυγίζει 485 γραμμάρια.

4.3.6 **Japan – Chiba**

Η Chiba είναι η πρώτη πόλη στην Ιαπωνία που ανέπτυξε τον πίνακα ελέγχου εναέριου χώρου[2]. Καθορισμένη ως Εθνική Στρατηγική Ειδική Ζώνη για την ανάπτυξη drones παράδοσης, η Chiba έχει δημιουργήσει τρεις τοποθεσίες δοκιμών drone για να υποστηρίξει την ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων για παράδοση drone και άλλες σύνθετες περιπτώσεις χρήσης. Οι καινοτόμοι drone που επιθυμούν να πετάξουν σε αυτές τις τοποθεσίες δοκιμών μπορούν να εγγραφούν και να λάβουν εξουσιοδότηση από την Chiba City με τις εφαρμογές για κινητά.

4.3.7 **Japan – Kanagaw**

Στην επαρχία Kanagawa [2], η NEDO (Ο Οργανισμός Ανάπτυξης Νέας Ενέργειας και Βιομηχανικής Τεχνολογίας), η KDDI (διαχειριστής τηλεπικοινωνιών), η Terra Drone (ιαπωνική βιομηχανική εταιρεία παροχής υπηρεσιών drone) και η SECOM (ιαπωνική εταιρεία ασφαλείας)

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού
έχουν αναπτύξει ένα δίκτυο για τον έλεγχο πολλαπλών αυτόνομων drones που μεταφέρουν να πραγματοποιήσει λειτουργίες επιτήρησης ασφαλείας σε εγκαταστάσεις ευρείας περιοχής χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο κινητής επικοινωνίας 4G LTE.

4.3.8 New Zealand– Canterbury & Queenstown

Η Airways New Zealand συνεργάζεται με την Zephyr Airworks για την ενσωμάτωση των αεροταξί στο αναπτυσσόμενο δίκτυο UTM του παρόχου υπηρεσιών αεροναυτιλίας [2]. Η Zephyr Airworks αναπτύσσει το αεροταξί Cora στη Νέα Ζηλανδία. Η δοκιμή της πλατφόρμας διαχείρισης κυκλοφορίας drones AirMap που βρίσκεται σε εξέλιξη στο Canterbury και το Queenstown είναι το πρώτο βήμα σε αυτήν την εξέλιξη. Το AirMap επιτρέπει στους πιλότους drone να σχεδιάζουν τις πτήσεις τους, να αναζητούν εξουσιοδοτήσεις και να λαμβάνουν πληροφορίες για τις περιοχές στις οποίες επιχειρούν. Ως επόμενο βήμα, η Airways New Zealand σχεδιάζει να αναπτύξει εργαλεία εντοπισμού που θα μπορούν να εντοπίζουν με ακρίβεια τα επιβατικά μη επανδρωμένα αεροσκάφη τη διέλευση της γραμμής του πιλότου, καθώς και δυνατότητες εντοπισμού και αποφυγής για τον ασφαλή διαχωρισμό από άλλα αεροσκάφη [2]. Η εταιρία σχεδιάζει επίσης να δοκιμάσει την ικανότητα του υπάρχοντος δικτύου επικοινωνιών της Νέας Ζηλανδίας να παρακολουθεί τα αυτόνομα αεροσκάφη Cora της Zephyr Airworks και τα Σ.μη.Ε.Α σε μη ελεγχόμενο εναέριο χώρο, παρέχοντας καλύτερη τηλεμετρία για τους πιλότους.

4.3.9 France– Paris

Η γαλλική κυβέρνηση ετοιμάζεται να προσφέρει μια υπηρεσία ιπτάμενου ταξί στους θεατές των Θερινών Ολυμπιακών Αγώνων στο Παρίσι το 2024 [7]. Εάν πράγματι τα Σ.μηΕ.Α ταξί αναπτυχθούν στη γαλλική πρωτεύουσα, θα είναι η πρώτη μεγάλη επίδειξη της τεχνολογίας πτήσης εντός αστικού ιστού. Ορισμένες εταιρίες οι οποίες αναπτύσσουν ή κατασκευάζουν εναέρια ταξί συμμετείχαν στην πρόσφατη Αεροπορική Έκθεση του Παρισιού για να παρουσιάσουν τα προϊόντα τους και να κερδίσουν την υποστήριξη της βιομηχανίας. Μία τέτοια εταιρεία είναι η γερμανική Volocopter, η οποία σχεδιάζει να προσφέρει υπηρεσία ιπτάμενου ταξί κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων. Ωστόσο, μέχρι στιγμής, κανένας κατασκευαστής αεροταξί δεν έχει λάβει την κυβερνητική έγκριση για να προσφέρει υπηρεσίες στη Γαλλία. Παράλληλα, η εταιρεία πρέπει ακόμη να πραγματοποιήσει εντατικές εναέρια δοκιμές στα αεροσκάφη της και να υποβάλει χιλιάδες σελίδες εγγράφων στην Αρχή Ασφάλειας της Αεροπορίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

4.3.10 Singapore – Singapore

Η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας της Σιγκαπούρης (CAAS) και το Υπουργείο Μεταφορών ανακοίνωσαν έως και 6 εκατομμύρια δολάρια Σιγκαπούρης σε τέσσερις κοινοπραξίες που

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

υπέβαλαν προτάσεις στο UAS Call-For Proposal (CFP) της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας της Σιγκαπούρης τον Νοέμβριο του 2017 για την ανάπτυξη και τη δοκιμή πρωτοτύπων εργασίας αστικού εναέριου χώρου [2]. Οι επιλεγμένες προτάσεις διερευνούν λύσεις σε τομείς όπως η επιτήρηση, η επιθεώρηση, η παράδοση δεμάτων και η θαλάσσια παράδοση και η αποτελεσματική και ασφαλής χρήση του εναέριου χώρου για την αστική εναέρια κυκλοφορία. Η CFP θα επιτρέψει τη συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους φορείς του κλάδου για τη δοκιμή καινοτόμων λειτουργιών με μη επανδρωμένα αεροσκάφη, διασφαλίζοντας παράλληλα την τήρηση των πρωτοκόλλων ασφάλειας. Η CFP θα παρέχει έως και χρηματοδότηση έως και 50% για επιτυχείς προτάσεις, με ανώτατο όριο χρηματοδότησης στα 1,5 εκατομμύρια δολάρια Σιγκαπούρης. Στις επιτυχείς προτάσεις θα δοθεί διετής περίοδος για την τελειοποίηση της προτεινόμενης λύσης τους. Τον Φεβρουάριο του 2018, το μη επανδρωμένο αεροσκάφος Skyways της Airbus Helicopters ολοκλήρωσε με επιτυχία την πρώτη του επίδειξη πτήσης στο Εθνικό Πανεπιστήμιο της Σιγκαπούρης (NUS). Το μη επανδρωμένο αεροσκάφος απογειώθηκε από ένα ειδικό κέντρο συντήρησής και προσγειώθηκε στην οροφή ενός ειδικά σχεδιασμένου σταθμού δεμάτων, όπου τα δέματα φορτώθηκαν αυτόματα μέσω ενός ρομποτικού βραχίονα. Αφού φορτώθηκαν επιτυχώς τα δέματα, το μη επανδρωμένο αεροσκάφος της Skyways απογειώθηκε ξανά και επέστρεψε για να προσγειωθεί. Κατά τη διάρκεια της Αεροπορικής Έκθεσης της Σιγκαπούρης 2018 τον Φεβρουάριο [2], η Airbus πραγματοποίησε την πρώτη επίδειξη της νέας της υπηρεσίας drone παράδοσης δεμάτων, η οποία βασίζεται το οκτακόπτερο της Airbus Skyways που έχει σχεδιαστεί για τη μεταφορά δεμάτων σε περίβλημα. Η εκδήλωση πραγματοποιήθηκε στην πανεπιστημιούπολη του Εθνικού Πανεπιστημίου της Σιγκαπούρης (NUS), όπου έξι μη επανδρωμένα αεροσκάφη Skyways θα χρησιμοποιηθούν στο πιλοτικό πρόγραμμα.

4.3.11 United Arab Emirates – Dubai

Η Γενική Αρχή Πολιτικής Αεροπορίας, οι Υπηρεσίες Αεροναυτιλίας του Ντουμπάι, η Αστυνομία, η Exponent Technology Services και η Αρχή Πολιτικής Αεροπορίας του Ντουμπάι (DCAA) συνεργάζονται για την παροχή UTM και ρυθμιστικού υποβάθρου υπόβαθρο για την έναρξη των υπηρεσιών μεταφορικών μη επανδρωμένων αεροσκαφών και πτήσεων παράδοσης με μη επανδρωμένα αεροσκάφη. Τα οποία θα διαθέτουν δυνατότητες πέρα της οπτικής επαφής και θα εισάγονταν στο δίκτυο αστικών μετακινήσεων και μεταφορών έως το 2020 το Ντουμπάι [2]. Έχει ήδη αναπτυχθεί ένα μητρώο, μια βάση δεδομένων πιλότων και drones και μια ενότητα για τη διαχείριση εφαρμογών πτήσης. Τα ιπτάμενα οχήματα φέρουν κιβώτιο παρακολούθησης 58 γραμμαρίων για όλες τις εμπορικές λειτουργίες UAS και την επικύρωση πτήσης. Το κιβώτιο μπορεί να μεταδίδει τη θέση, το ύψος, την ταχύτητα, την κατεύθυνση, το βήμα, την κλίση, την περιστροφή

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού
καθώς και την απόσταση που έχει διανύσει το μη επανδρωμένο αεροσκάφος κατά τη διάρκεια της
πτήσης.

5 Οφέλη, Δυσκολίες & Νομικά Θέματα

Όπως και οι συμβατικοί τρόποι αστικών μεταφορών, το επιβατικό Σ.μη.Ε.Α έχει οφέλη, επιπτώσεις και νομικές απαιτήσεις που πρέπει να εξεταστούν πριν από την εφαρμογή του ως μέσο αστικών μεταφορών. Οι πιθανές θετικές και αρνητικές επιπτώσεις είναι ποικίλες (π.χ. μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, δημιουργία θέσεων εργασίας, διαχείριση εναέριας της κυκλοφορίας κ.λπ.). Το παρόν κεφάλαιο εξετάζει επίσης τις νομικές απαιτήσεις που υπάρχουν για την χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών σε αστικές δομές.

5.1 Οφέλη

Τα Σ.μη.Ε.Α διαθέτουν κάποια πιθανά οφέλη όσον αφορά την μελλοντική εφαρμογή τους στον τομέα των αστικών μετακινήσεων και μεταφορών. Αυτά τα πιθανά οφέλη αναφέρονται λεπτομερώς στη συνέχεια.

5.1.1 Αποσυμφόρηση

Το πρόβλημα της κυκλοφοριακής συμφόρησης είναι ιδιαίτερα έντονο στα μεγάλα αστικά κέντρα όπως η Αθήνα. Από τεχνικής άποψης, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη επιβατών και παράδοσης, αφού μεταφερθούν στον αέρα, είτε θα παρακάμπτουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση στο έδαφος είτε θα αποτρέπουν τη συμφόρηση μεταφέροντας μέρος της επίγειας κυκλοφορίας στον εναέριο χώρο[3]. Με μέσο ωφέλιμο φορτίο έως 3 κιλά, τα Σ.μη.Ε.Α παράδοσης δεμάτων μπορούν θεωρητικά να κάνουν περίπου το 80% όλων των εγχώριων παραδόσεων δεμάτων και την κάλυψη ίσως και στο 100% μελλοντικά με την τεχνολογική εξέλιξη που θα υπάρξει στον τομέα των Σ.μη.Ε.Α . Επιπλέον οι παραδόσεις με Σ.μη.Ε.Α μπορεί να προσφέρουν το μεγαλύτερο σχετικό πλεονέκτημα σε περιπτώσεις μεμονωμένων παραδόσεων εξ αποστάσεως ή ανθρωπιστικών σεναρίων. Παράλληλα τα επιβατικού τύπου Σ.μη.Ε.Α θα μειώσουν την ανάγκη χρήσης επίγειων οχημάτων για τις καθημερινές μετακινήσεις μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τον αριθμό των επιβατικών οχημάτων που θα βρίσκονται στο οδικό το οποίο ως συνέπεια θα έχει την κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση.

5.1.2 Μείωση Ρύπανσης

Τα εμπορικά μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (Σ.μη.Ε.Α) έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν σχεδόν στο μισό τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) των αστικών εμπορευματικών μεταφορών σε σύγκριση με τα μικρά ελαφρά εμπορικά οχήματα, παρέχοντας μια άνευ προηγουμένου ευκαιρία στη βιομηχανία να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της [26,27]. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη κάνουν χρήση κυρίως ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι σε περίπτωση υιοθέτησης της χρήσης τους σε αστικό περιβάλλον προβλέπεται σημαντική μείωση του νέφους που

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

δημιουργείται από τους ρύπους των συμβατικών οχημάτων σε μεγάλες πόλεις όπως η Αθήνα. Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από τα Σ.μη.Ε.Α θα συμβάλει επίσης στη μείωση εξόρυξης ορυκτών καυσίμων (π.χ. πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας κ.λπ.), διότι έχουμε την δυνατότητα να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια μέσω ανανεώσιμων πηγών (ηλιακή, αιολική, θερμοδυναμική κ.λπ.).

5.1.3 Πρόσβαση σε δύσβατες περιοχές

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη έχουν την ευχέρεια να προσεγγίσουν δύσβατα εδάφη για να βοηθήσουν σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και να παράγουν χάρτες των συγκεκριμένων περιοχών (γεγονός που τα καθιστά πολύτιμα εργαλεία στα χέρια ενός πολιτικού μηχανικού) [26,27]. Τα Σ.μη.Ε.Α επιτρέπουν την αποτελεσματική απόκτηση δεδομένων από δυσπρόσιτες τοποθεσίες. Είναι η καλύτερη επιλογή για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί των παραδοσιακών μεθόδων όσον αφορά την ασφάλεια των εργαζομένων, ιδίως σε επικίνδυνες καταστάσεις όπως η παρακολούθηση της ακτινοβολίας, οι επιθεωρήσεις γραμμών υψηλής τάσης και η παρακολούθηση της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Μπορούν επίσης να παρέχουν ανθρωπιστική βοήθεια σε περιοχές που είναι απρόσιτες λόγω φυσικών καταστροφών.

5.1.4 Δημιουργία Νέων Θέσεων Εργασίας

Με την εισαγωγή των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α. σαν μέσο αστικής μετακίνησης θα οδηγήσει στην ανάγκη για πρόσληψη του απαραίτητου προσωπικού και κατά συνέπεια στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Αρχικά στα verti-ports τα οποία θα δημιουργηθούν θα είναι απαραίτητη η στελέχωση τους με άτομα τα οποία θα διαχειρίζονται την επιβίβαση και την αποβίβαση των επιβατών, με το απαραίτητο προσωπικό το οποίο θα είναι υπεύθυνο για την καθαριότητα και την υγιεινή του χώρου, τεχνικούς οι οποίοι θα είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο του σκάφους και για τυχόν άμεσες επιδιορθώσεις όπως και ειδικευμένο προσωπικό το οποίο θα είναι υπεύθυνο για την ανάθεση των δρομολογίων και την ομαλή διεξαγωγή την εναέριας κυκλοφορίας. Επιπρόσθετα στον τομέα της παραγωγής αεροσκαφών και ανταλλακτικών κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη προσωπικού το οποίο θα λειτουργεί την γραμμή παραγωγής, μηχανικού οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για τον σχεδιασμό και την διεξαγωγή των απαραίτητων ελέγχων των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α, μεταφορέων για την μεταφορά των πρώτων υλών και των ανταλλακτικών κ.ο.κ . Πέρα από τους τομείς τους οποίους αναφέραμε παραπάνω, θα έχουμε ανάγκη για ειδικευμένο και ανειδίκευτο και στο τομέα των κατασκευών εφόσον είναι απαραίτητο για την δημιουργία των απαραίτητων εγκαταστάσεων να γίνουν οι απαραίτητες στατικές και κυκλοφοριακές μελέτες από πολιτικούς μηχανικούς με στόχο την σωστή τοποθέτηση και την ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, συνεργεία τα οποία θα αναλάβουν την πραγματοποίηση του έργου, τους χειριστές των κατασκευαστικών μηχανών κ.λπ.. .

5.1.5 Μείωση χρόνου ταξιδιού

Τα Σ.μη.Ε.Α θα κινούνται στον αστικό εναέριο χώρο ο οποίος δεν χρειάζεται δομές όπως δρόμοι για να πραγματοποιηθεί η κυκλοφορία και δεν υπάρχουν φυσικά εμπόδια τα οποίες επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό, συνεπώς έχουμε μείωση της απόστασης ταξιδιού [3]. Μόλις μεταφερθούν στον αέρα, τα αεροταξί θα είναι αναμφίβολα ένας γρήγορος τρόπος μεταφοράς, δεδομένου ότι το αεροσκάφος παρακάμπτει το (συμφορημένο) οδικό σύστημα και πετά από τη συντομότερη δυνατή διαδρομή προς τον προορισμό του. Ωστόσο, σε ένα αστικό πλαίσιο με ένα καλά ανεπτυγμένο σύστημα μεταφορών (όπως συμβαίνει στις περισσότερες ευρωπαϊκές μητροπόλεις), ο χρόνος ταξιδιού θα μειωνόταν μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η πυκνότητα κατανομής των κάθετων κόμβων απογείωσης και προσγείωσης (vertiports) πρέπει να είναι ίση με αυτή των υπάρχοντων αστικών σιδηροδρομικών σταθμών.

5.2 Δυσκολίες

Όπως κάθε καινοτόμος τεχνολογία όπως είναι αυτή των Σ.μη.Ε.Α είναι φυσικό να δημιουργεί προβληματισμούς σχετικά με την χρήση τους, την ευκολία εφαρμογής τους και τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις τις οποίες θα έχουν. Οι ανησυχίες αυτές αναλύονται παρακάτω.

5.2.1 Καιρός

Στην αεροπορία, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες προκαλούν συχνά καθυστερήσεις στις πτήσεις. Ένα σημαντικό ποσοστό των αεροπορικών ατυχημάτων ανά έτος προκαλείται από δύσκολες καιρικές συνθήκες (μεταξύ 25% και 50 %) [45]. Βέβαια αυτά έχουν περιοριστεί λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης των μετεωρολογικών συστημάτων έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στις καιρικές προβλέψεις και στην πρόληψη για την αποφυγή ατυχημάτων [46]. Βέβαια η ακρίβεια στις καιρικές προβλέψεις δεν επαρκεί για την αστική αεροπορία (urban aviation), εφόσον απαιτείται άμεση υποστήριξη για να εξασφαλιστεί η ασφαλής πτήση των Σ.μη.Ε.Α. . Αυτή η αδυναμία των σύγχρονων συστημάτων πρόβλεψης καιρού είναι ένας σημαντικός περιορισμός για την ενσωμάτωση των Σ.μη.Ε.Α εντός του αστικού ιστού, κυρίως γιατί ο καιρός μπορεί να διαταράξει της αστικές πτήσεις μέσω:

- Της μείωσης του χρόνου λειτουργίας τους, διότι οι ισχυροί άνεμοι μειώνουν την αντοχή της μπαταρίας με αποτέλεσμα να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ασφάλεια της διαδρομής. Εξίσου σημαντικός παράγοντας, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, είναι αυτός της υγρασίας η οποία σε υψηλά ποσοστά μπορεί να οδηγήσει στην βλάβη των ηλεκτρονικών συστημάτων του σκάφους. Παράλληλα οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν την διάρκεια ζωής της μπαταρίας

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

ενώ σε περίπτωση παγετού ο πάγος συσσωρεύεται στις έλικες και τον σκελετό του οχήματος αυξάνοντας το βάρος του.

- Της μείωσης της ασφάλειας λόγω των ανέμων και των καταιγίδων οι οποίες μπορεί να αποβούν πολύ επικίνδυνες για τα Σ.μη.Ε.Α λόγω του χαμηλού ορίου πτήσης (κάτω από τα 150 μ.) και της έλλειψης χώρου για την εκτέλεση των απαραίτητων ελιγμών, της κατεύθυνσης του σκάφους ή του υψόμετρου πτήσης. Η αλλαγές στη βαρομετρική πίεση μπορούν να οδηγήσουν σε αποσυντονισμό του αλτίμετρου και να οδηγήσει σε λάθη υπολογισμού ύψους πτήσης. Αυτό μπορούμε να το περιορίσουμε μέσω της αξιοποίησης δορυφορικών συστημάτων σε συνδυασμό με ακριβείς προβλέψεις για την άμεση αποτύπωση των καιρικών συνθηκών στην περιοχή.

Οι ακριβείς προβλέψεις είναι κρίσιμης σημασίας για την ομαλή λειτουργία, την ασφάλεια, τον καθορισμό της διαδρομής και την αποφυγή της μείωσης του χρόνου πτήσης των Σ.μη.Ε.Α[47-49].

5.2.2 Ηχορύπανση

Πολλές μελέτες έχουν αναδείξει ότι ο θόρυβος που παράγουν τα Σ.μη.Ε.Α. είναι ένας καθοριστικός παράγοντας ο οποίος αποτρέπει την άμεση ενσωμάτωσή τους στον αστικό ιστό[44, 74,75,1]. Στην περίπτωση της Αθήνας έχουμε πολύ πυκνή δόμηση συνεπώς ο θόρυβος που παράγουν οι έλικες θα προκαλέσει έντονη δυσφορία, αυτό προκύπτει και από το συμπέρασμα του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) σύμφωνα με το οποίο ο παραγόμενος θόρυβος θα προκαλέσει σημαντικά επίπεδα δυσφορίας στους κατοίκους. Η παραγόμενη ηχορύπανση μπορεί να οδηγήσει σε πρόκληση στρες [52], διαταραχές στον ύπνο, μείωση της ποιότητας ζωής και δημιουργία προβλημάτων υγείας [53,54,1]. Οι αντιδράσεις των κατοίκων είναι είδη έντονες σχετικά με τα συμβατικά αεροδρόμια και αεροπορικές εταιρίες [56,57]. Η ομοσπονδιακή αεροπορική διοίκηση των Η.Π.Α. (Federal Aviation Administration) επιβάλλει όρια παραγόμενου ήχου για διαφόρους τύπους αεροσκαφών , όμως είναι αναμενόμενο να χρειαστούν αυστηρότερα όρια για την εφαρμογή της αστικής αεροπορίας [58,1].Βέβαια οι αρνητικές επιπτώσεις που έχουν αναφερθεί μπορούν να αποφευχθούν με τη δημιουργία αθόρυβων εναέριων οχημάτων ή μέσω της δημιουργίας εναέριων οδών μέσω των οποίων μειώνεται η έκθεση στον θόρυβο.

5.2.3 Οπτική Ρύπανση

Η οπτική ρύπανση η οποία δημιουργείται από τα Σ.μη.Ε.Α. σε κατοικημένες περιοχές είναι πιθανό να προκαλέσει αντιδράσεις από τους κατοίκους εφόσον οι πτήσεις σε χαμηλό υψόμετρο μπορεί να είναι οπτικά ανεπιθύμητες [1]. Σε μια έρευνα της Airbus διαπιστώθηκε ότι το 45% των ερωτηθέντων είναι ανήσυχοι για την οπτική ρύπανση που θα προκληθεί [1].Ένα επίσημο έγγραφο

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού της Uber [44] επισημάνει πως οι ανησυχίες για την οπτική ρύπανση μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω της τροποποίησης των διαδρομών με σκοπό να αποφεύγονται ζωτικές περιοχές ή μέσω της παγίωσης της κίνησης σε είδη υπάρχουσες λωρίδες κίνησης όπως είναι οι αυτοκινητόδρομοι ταχείας κυκλοφορίας. Επίσης μια ακόμα λύση είναι η δημιουργία διαδρομών πτήσης των Σ.μη.Ε.Α. σε μη κατοικημένες ή αραιοκατοικημένες περιοχές. Σε πολλές ταινίες και βιβλία επιστημονικής φαντασίας προβάλλεται ένας δυστοπικός κόσμος όπου ο ουρανός στις πόλεις είναι κορεσμένος από ιπτάμενα οχήματα.

5.2.4 Ύπαρξη Εμποδίων

Η ιδέα ορισμού του αστικού εναέριου χώρου ως έναν χώρο στον οποίο απουσιάζουν τα κτήρια μπορεί να βρεθεί στις πηγές [31, 32-34]. Οι αλγόριθμοι ελέγχου αναγνωρίζουν τα εμπόδια εντός του χώρου, ενώ ο υπόλοιπος χώρος δεν έχει εμπόδια συνεπώς είναι ιδανικός για τις πτήσεις των Σ.μη.Ε.Α. Πέρα της αποφυγής κτηρίων τα αεροσκάφη πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να διατηρούν τις απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα να έχουμε εναέριες συγκρούσεις με άλλα σκάφη [60]. Η διατήρηση των αποστάσεων ασφαλείας είναι ο ακρογωνιαίος λίθος του παραδοσιακού συστήματος διαχείρισης της εναέρια κυκλοφορίας. Τα σύγχρονα πρότυπα αποστάσεων ασφαλείας είναι ξεκάθαρα όσο αναφορά τις αστικές εναέριες μετακινήσεις. Μερικά από αυτά τα πρότυπα αναφέρουν ότι δύο αεροσκάφη δεν μπορούν να έχουν μεταξύ τους απόσταση μικρότερη των 5 ναυτικών μιλίων (NM) εν ώρα πτήσης και 3 ναυτικά μίλια εντός του αερολιμένα αξιοποιώντας τα ραντάρ ανίχνευσης κυκλώνα ή αναμονή 1,5 λεπτού κάνοντας διαχωρισμό διατάξεων βάση χρόνου για την διασφάλιση του σωστού μεταξύ τους διαχωρισμού [1]. Παρόλα αυτά αυτές οι αποστάσεις είναι απαγορευτικές και θεωρούνται ακατάλληλες για την αστική εναέρια κίνηση. Η έννοια του διαχωρισμού στην αστική εναέρια κίνηση έχει αναπροσδιοριστεί διότι οι προκαθορισμένες σταθερές αποστάσεις διαχωρισμού τείνουν να είναι πολύ αυστηρές για την λειτουργία την εναέριας κυκλοφορίας. Η βιβλιογραφία παραθέτει τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις με σκοπό τον ορισμό την ελάχιστης απόστασης μεταξύ των σκαφών για την ομαλή ροή της αστικής εναέριας κυκλοφορίας:

Οι προκαθορισμένες αποστάσεις είναι η παραδοσιακή μέθοδος σύμφωνα με την οποία προσδιορίζεται η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να διατηρηθεί από όλους τους χρήστες. Εφόσον τα 3 N.M. είναι πολύ μεγάλη απόσταση για ένα αστικό περιβάλλον, μερικοί ειδικοί προτείνουν μικρότερες αποστάσεις, όπως τα 0,3 ναυτικά μίλια, 0,1N.M. οριζόντια και 100 πόδια κάθετο διαχωρισμό [61] ή ακόμα και 0,36N.M. οριζόντια με 450 πόδια κάθετα [1]. Το βασικό επιχείρημα αυτών των ειδικών είναι ότι τα Σ.μη.Ε.Α. έχουν αρκετά μικρότερο μέγεθος και είναι πιο ευέλικτα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά αεροσκάφη, έχοντας την δυνατότητα να καθοριστούν μικρότερες

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού αποστάσεις ασφαλείας. Όσο τα συστήματα των Σ.μη.Ε.Α εξελίσσονται τα πρότυπα μπορεί να αλλάξουν [62].

Ο δυναμικός διαχωρισμός είναι η δεύτερη προσέγγιση. Μια προκαθορισμένη απόσταση μοναδική για κάθε αεροσκάφος βασισμένη στη κλάση του [63,64]. Κάθε αεροσκάφος έχει διαφορετικές τεχνολογικές δυνατότητες και χαρακτηριστικά. Τα τελευταίας τεχνολογίας αεροσκάφη απαιτούν μικρότερες αποστάσεις ασφαλείας εφόσον μπορούν να αναγνωρίσουν και να αποφύγουν κοντινά αεροσκάφη προβλέποντας την κατάλληλη πορεία έτσι ώστε να αποτραπεί η εναέρια σύγκρουση. Σε αντίθεση ένα μη επαρκώς εξοπλισμένο αεροσκάφος θα χρειαστεί μεγαλύτερες αποστάσεις ασφαλείας λόγω μειωμένης δυνατότητας άμεσων ελιγμών [1,65]. Επομένως η χωρητική ικανότητα του εναέριου χώρου εξαρτάται από τις τεχνολογικές δυνατότητες των σκαφών εντός αυτού και μεταβάλλεται όσο νέοι χρήστες εισέρχονται στον εναέριο χώρο [32]. Μερικοί ειδικοί υποστηρίζουν πως η ο διαχωρισμός μέσω απόστασης πρέπει να αντικατασταθεί με διαχωρισμό βάση χρόνου.

Οι μη τυποποιημένες αποστάσεις ασφαλείας είναι μια εύκολη στην εφαρμογή λύση διότι σε εναέριο χώρο κατηγορίας G δεν έχουμε κανονισμούς ελαχίστων αποστάσεων ασφαλείας από τους οργανισμούς ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας [59]. Η ασφάλεια διασφαλίζεται μέσω της προσέγγισης «οπτικής αποφυγής» όπου ο πιλότος διατηρεί μέσω οπτικής αναγνώρισης ασφαλείς αποστάσεις από τα άλλα αεροσκάφη. Μια εναλλακτική λύση μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών είναι η χρήση αισθητήρων[67-69] για την αποφυγή των υπόλοιπων αεροσκαφών. Τα μικρότερα Σ.μη.Ε.Α δεν διαθέτουν το απαιτούμενο ωφέλιμο ή την απαιτούμενη ισχύ μπαταρίας για να χρησιμοποιήσουν ραντάρ ή ραντάρ με λέιζερ (LIDAR) και τα περισσότερα συστήματα «οπτικής αποφυγής» βασίζονται σε κάμερες για να σαρώσουν το περιβάλλον τους [65]. Αν και απλή, αυτή η προσέγγιση αποφυγής συγκρούσεων είναι ουσιαστικά ένας «άπληστος» αλγόριθμος όπου κάθε Σ.μη.Ε.Α αποτρέπει μόνο την επικείμενη σύγκρουση. Από την άλλη τα συστήματα οπτικής αποφυγής δεν μπορούν να λύσουν προβλήματα πλοήγησης και ασφάλειας από μόνα τους, είναι καθοριστικά για την ασφαλή πλοήγηση εντός του αστικού χώρου [68,69,1]. Η αίσθηση και αποφυγή δεν είναι η μοναδική μέθοδος πλοήγησης σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Η στρατηγική αποφυγή συγκρούσεων μέσω τροχιάς είναι απαραίτητη για την επιτυχία της μεθόδου της οπτικής αποφυγής, καθώς μειώνει περαιτέρω την πιθανότητα πρόκλησης ατυχήματος [32-34]. Πέρα από τη μέθοδο της οπτικής αποφυγής υπάρχει και αυτή της χρήσης αλγορίθμων αποφυγής [70] και σχεδιασμού διαδρομής [64,66,71]. Εκτός από της μεθόδους διαχωρισμού, οπτικής αποφυγής και αποφυγής σύγκρουσης, ο κίνδυνος μπορεί να μειωθεί με τη χρήση του Geofence. Το Geofence είναι ένα σύστημα το οποίο οριοθετεί εικονικά τον εναέριο χώρο ή περιορίζει σε ορισμένα ή όλα τα αεροσκάφη την πρόσβαση σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του [72]. Κάποιες θέσεις στις οποίες υπάρχει απαγόρευση εναέρια κυκλοφορίας είναι πάνω από κρίσιμες υποδομές

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού (αεροδρόμια, πυλώνες υψηλής τάσης, νοσοκομεία) ή προστατευόμενες περιοχές (στρατιωτικές εγκαταστάσεις, περιοχές αναψυχής, φυσικά καταφύγια). Οι έννοια του συστήματος Geofence προτάθηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Εξοπλισμού Πολιτικής Αεροπορίας (EUROCAE) [1] και NASA [72]. Σε γενικότερους όρους, τα συστήματα Geofence μπορεί να είναι στατικά και δυναμικά. Τα στατικά συστήματα Geofence μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό ιπτάμενων διαδρόμων [68] και την υποστήριξη αποφυγής εμποδίων [73]. Τα δυναμικά συστήματα Geofence μπορούν να εισαχθούν στον εναέριο χώρο σε οποιοδήποτε χρονική στιγμή ως αποτέλεσμα έκτακτων γεγονότων, αποστολών έκτακτης ανάγκης ή έντονων καιρικών φαινομένων. Μόλις ρυθμιστούν τα συστήματα Geofence, ο χώρος που απομένει είναι ανοιχτός για πτήσεις και η προκύπτουσα διαδρομή πτήσης μπορεί ή δεν μπορεί να λάβει υπόψη πρόσθετους παράγοντες όπως ο κίνδυνος τρίτων [74].

5.2.5 Εύρεση Κατάλληλων Χώρων

Η άναρχη δόμηση και η έλλειψη πολεοδομικής οργάνωσης στην πόλη της Αθήνας οδήγησε στη κατασκευή πολυώροφων κτηρίων με αρκετά από αυτά να βρίσκονται σε μεσοτοιχίες. Αυτό δημιουργεί μια σοβαρή έλλειψη ανοιχτών χώρων οι οποίοι θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τη δημιουργία αεροδρομίων μη επανδρωμένων αεροσκαφών εντός του αστικού ιστού. Πέρα από το ζήτημα της δημιουργίας των αεροδρομίων μη επανδρωμένων αεροσκαφών προκύπτει και η δυσκολία στη πλοήγηση των Σ.ΜΗ.Ε.Α. , εφόσον δεν είναι εύκολη η εύρεση διαδρομών χωρίς εμπόδια λόγω των διακυμάνσεων στα ύψη και στην πυκνότητα των κτηρίων. Μια πρόταση για την επίλυση του ζητήματος εύρεσης κατάλληλων χώρων είναι η εκμετάλλευση κενών οικοπέδων ή δέσμευση ενός μικρού χώρου σε ανοιχτούς δημόσιους χώρους (πάρκα, πλατείες κ.λπ.). Παράλληλα σε περιοχές στις οποίες είναι ιδιαίτερα πυκνή η δόμηση, μια εναλλακτική είναι η χρήση των ταρατσών δημόσιων κτηρίων ή μεγάλων γραφείων, αφού πρώτα γίνουν οι απαραίτητες εργασίες (ενίσχυση της κατασκευής, δημιουργία εγκαταστάσεων, εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού κ.λπ.). Τα αστικά αεροδρόμια τα οποία θα δημιουργηθούν για την εξυπηρέτηση των Σ.μη.Ε.Α και θα εγκατασταθούν σε είδη υπάρχοντα κτήρια δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις χώρου γεγονός που τα καθιστά εύκολα στην υλοποίηση τους.

5.2.6 Διαχείριση Εναέριας Κίνησης

Στη διαχείριση της εναέριας κίνησης οι βασικές προκλήσεις είναι η διαχείριση του εναέριου χώρου, ο διαχωρισμός των αεροσκαφών, η διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, χωρητικότητα, η ροή της εναέριας κυκλοφορίας και ο προγραμματισμός των πτήσεων [76]. Αν τα αεροσκάφη στον αστικό εναέριο χώρο μπορούν ελεύθερα να διαλέξουν την πορεία τους, την ταχύτητα και το υψόμετρο πτήσης τότε το σύστημα διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας πρέπει να είναι

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού
τεχνολογικά ανεπτυγμένο σε βαθμό που να επιτρέπει αυτή την επιλογή από μέρους του χρήστη. Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για την διαχείριση της αστικής εναέριας κίνησης. Η πρώτη προέρχεται από την NASA και την ομοσπονδιακή διοίκηση αεροπορίας των ΗΠΑ [30,75], και υποστηρίζει πως είναι απαραίτητη συγκεντρωτικό και τεχνολογικά ικανό να υποστηρίξει αεροσκάφη όλων των επιπέδων απόδοσης. Η δεύτερη πρόταση, η οποία υποστηρίζεται από τις ιδιωτικές εταιρίες , υποστηρίζει ότι τα αεροσκάφη πρέπει να επιλέγουν τις προτιμώμενες διαδρομές τους διατηρώντας παράλληλα την ασφάλεια με την τεχνολογία που διαθέτει το σκάφος, όπως η αίσθηση και η αποφυγή. Η δεύτερη πρόταση δεν λαμβάνει υπόψη τα αεροσκάφη μειωμένων τεχνολογικών δυνατοτήτων καθιστώντας αδύνατη την χρήση τους. Τα πλεονεκτήματα μιας προσέγγισης έναντι της άλλης εξαρτώνται, μεταξύ άλλων, από την ωριμότητα του συστήματος. Η NASA πρότεινε στάδια ανάπτυξης του αστικού εναέριου χώρου, που ονομάζονται «NASA's UAM Maturity Levels» [1]. Στα αρχικά στάδια, όταν οι τεχνολογικές δυνατότητες τόσο των αεροσκαφών όσο και των συστημάτων διαχείρισης είναι σε χαμηλό επίπεδο, είναι λογικό να περιμένουμε περιορισμένες λειτουργίες που πραγματοποιούνται σε επιλεγμένες γεωγραφικές περιοχές [77]. Μια κυβερνητική υπηρεσία αερομεταφορών (όπως η ομοσπονδιακή διοίκηση αεροπορίας στις ΗΠΑ) θα διατηρήσει τη ρυθμιστική της αρχή, αλλά η διαχείριση των επιχειρήσεων δεν θα γίνεται από τον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας. Καθώς η τεχνολογία προχωρά, θα μπορούσε να επιτευχθεί υψηλότερη ενοποίηση μεταξύ του χειριστή και του συστήματος διαχείρισης.

5.3 Νομικά Θέματα

Το νομικό πλαίσιο μέσα στο οποίο καθορίζονται οι προϋποθέσεις για την χρήση των Σ.μη.Ε.Α έχει οριστεί στην νομοθεσία της χώρας μας. Ταυτόχρονα καθορίζονται οι ζώνες και τα υψόμετρα στα οποία επιτρέπεται η πτήση τους, λαμβάνοντας υπ'όψη την ανάγκη των ανθρώπων για ιδιωτικότητα και χαμηλά επίπεδα ρύπανσης με στόχο την προστασία της ποιότητας ζωής τους. Φυσικά απαιτείται σύμφωνα με τον νόμο και η καταχώρηση τους στα μητρώα της πολιτικής αεροπορίας για τον διαχωρισμό τους σύμφωνα με τις δυνατότητες και το μέγεθος τους.

5.3.1 Προστασία της Ιδιωτικότητας

Τα ζητήματα ιδιωτικότητας επιδεινώνονται σε οικιστικούς και επαγγελματικούς χώρους. Μια επιτυχημένη ιδέα εναέριου χώρου θα πρέπει να διασφαλίζει ότι τα εναέρια οχήματα δεν δημιουργούν αίσθηση εισβολής στο ανθρώπινο περιβάλλον [78,79]. Σε μια δημοκρατία, ένα άτομο δεν χρειάζεται να δικαιολογήσει την επιθυμία για ιδιωτικότητα, το κράτος πρέπει να δικαιολογήσει την παραβίασή του. Οι ειδικοί συμφωνούν ότι το επιχείρημα ότι «δεν υπάρχει πρόβλημα απορρήτου εάν ένα άτομο δεν έχει τίποτα να κρύψει» δεν είναι έγκυρο [80]. Το να λέτε ότι δεν σας

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

ενδιαφέρει η ιδιωτική ζωή επειδή δεν έχετε τίποτα να κρύψετε σημαίνει ότι δεν σας ενδιαφέρει η ελευθερία του λόγου επειδή δεν έχετε τίποτα να πείτε [1]. Είναι να υποθέσουμε ότι κανείς δεν έχει τίποτα να κρύψει, συμπεριλαμβανομένων πολιτικών και θρησκευτικών πεποιθήσεων, κατάστασης μετανάστευσης ή αρχείων υγείας. Εκτός από την αναγνώριση της σημασίας του απορρήτου, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι υπάρχουν πολλοί τύποι απορρήτου που πρέπει να διαφυλαχθούν: ιδιωτικότητα του ατόμου, συμπεριφορά και δράση, επικοινωνία, δεδομένα και εικόνα, σκέψεις και συναισθήματα, τοποθεσία. και χώρος, της συσχέτισης [81]. Ο συγκεκριμένος τύπος απορρήτου που σχετίζεται με τον αστικό εναέριο χώρο είναι δύσκολο να καθοριστεί, δεδομένων των διαφορετικών δυνατοτήτων και εφαρμογών των Σ.μη.Ε.Α. Τα επιχειρήματα για τη διαφύλαξη του απορρήτου μπορεί να ακούγονται ξεπερασμένα. Ωστόσο, το ζήτημα της αποδοχής του αστικού εναέριου χώρου αφορά λιγότερο την ιδιοκτησία των προσωπικών δεδομένων και περισσότερο την αντίληψη της ιδιωτικής ζωής [1]. Οι επιχειρήσεις αστικού εναέριου χώρου, που πραγματοποιούνται σε εναέριο χώρο χαμηλού υψομέτρου, μπορεί να τονίσουν την ενόχληση για την εγγύτητα των πτήσεων και την αντιληπτή απώλεια της ιδιωτικής ζωής [1]. Και η εμπειρία από την ανάπτυξη των αεροδρομίων δείχνει πόσο ισχυροί μπορεί να είναι οι ενοχλημένοι πολίτες. Οι δύο κύριοι παράγοντες που αναμένεται να επηρεάσουν την αντίληψη της ιδιωτικής ζωής είναι ο αριθμός των πτήσεων και το υψόμετρο τους. Αυτοί οι παράγοντες εξαρτώνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τις αποφάσεις σχετικά με το σχεδιασμό του εναέριου χώρου. Παράλληλα, ειδική μέριμνα υπάρχει στον Κανονισμό αναφορικά με ζητήματα προστασίας προσωπικών δεδομένων. Συγκεκριμένα, ο Κανονισμός προβλέπει ότι στην περίπτωση που κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων (αεροπορικών εργασιών ή άλλων χρήσεων) του Σ.μη.Ε.Α. πραγματοποιείται επεξεργασία δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, πρέπει αυτή να είναι σύμφωνη με την ισχύουσα σχετική νομοθεσία. Η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, εφόσον ενημερωθεί σχετικά, γνωστοποιεί στην Αρχή Προστασίας Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα ζητήματα που ανακύπτουν σχετικά με την προστασία δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα από την χρήση των Σ.μη.Ε.Α.. Κυρώσεις επιβάλλονται στους παραβάτες σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 2472/1997 περί προστασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα [22].

5.3.2 Άδειες Χειρισμού/Πτήσης

Σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο για την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με την εκμετάλλευση των Σ.μη.Ε.Α οποιασδήποτε κατηγορίας για επαγγελματικούς σκοπούς απαιτείται ειδική άδεια η οποία χορηγείται από την Ελληνική Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας τμήμα Δ1 [21,22]. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία δικαίωμα υποβολής της παραπάνω αίτησης έχουν μόνο τα άτομα τα οποία είναι νομικά ενήλικες και έχουν λευκό ποινικό μητρώο. Επίσης στις προϋποθέσεις για την χορήγηση άδειας χρήσης Σ.μη.Ε.Α. εντάσσονται η βεβαίωση εγγραφής του

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού σκάφους στο νηολόγιο των Σ.μη.Ε.Α., η βεβαίωση εγγραφής του χειριστή και του εκμεταλλευόμενου στο ειδικό μητρώο της υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας, το ασφαλιστήριο συμβόλαιο και βεβαίωση ότι ο χειριστής διαθέτει την απαιτούμενη εκπαίδευση για τον ορθό χειρισμό του σκάφους. Η άδεια έχει διάρκεια 12 μήνες και αφού παρέλθει το χρονικό διάστημα στο οποίο ισχύει ο εκμεταλλευόμενος, στου οποίου το όνομα έχει εκδοθεί η άδεια, καλείται να την ανανεώσει. Σε περίπτωση που θα παύσει η ισχύ κάποιας εκ των προϋποθέσεων θα επέρχεται ανάκληση της άδειας. Όσο αναφορά το νομικό πλαίσιο σχετικά με τις άδειες χρήσης των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α. δεν έχει διαμορφωθεί ακόμα εφόσον βρίσκονται σε πολύ πρώιμο στάδιο, με την εφαρμογή τους να έχει ξεκινήσει σε συγκεκριμένες περιοχές για πειραματικούς σκοπούς.

5.3.3 Μητρώο ΣμηΕΑ

Σύμφωνα με τη νομοθεσία ισχύει για τα μητρώα Σ.μη.Ε.Α. όπως αναφέρεται στο άρθρο 10 του Κανονισμού, «ο Ιδιοκτήτης/εκμεταλλευόμενος Σ.μη.Ε.Α. τα οποία πραγματοποιούν πτήσεις σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 μ. από τον χειριστή, έχει την υποχρέωση να δηλώσει εγγράφως τα στοιχεία του Σ.μη.Ε.Α. και τα στοιχεία ταυτότητας Ιδιοκτήτη, του Χειριστή και του Εκμεταλλευομένου, με έλεγχο ταυτοπροσωπίας σε ΚΕΠ ή άλλο αρμόδιο φορέα συμπληρώνοντας την ειδική ηλεκτρονική φόρμα που υπάρχει στον ιστότοπο της υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας (ΥΠΑ) και να τα αποστέλλει ηλεκτρονικά (email/FAX) στην ΥΠΑ [22]. *«Με απόφαση της ΥΠΑ/Δ2 και σε σχέση με την χρήση και το επιχειρησιακό περιβάλλον τους, μετά από αίτηση των ενδιαφερομένων, τα Σ.μη.Ε.Α. κατηγοριοποιούνται στην «Ανοικτή» ή την «Ειδική» Κατηγορία και εντάσσονται στο Ειδικό Μητρώο Σ.μη.Ε.Α. της υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας, ενώ τα Σ.μη.Ε.Α. τα οποία κατηγοριοποιούνται από την υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας στην «Πιστοποιημένη» Κατηγορία, εγγράφονται στο Τμήμα Σ.μη.Ε.Α. του Μητρώου Ελληνικών πολιτικών αεροσκαφών, που τηρείται στην ΥΠΑ και λαμβάνουν στοιχεία εθνικότητας και νηολόγησης (Nationality and Registration Marks). Βασικό εργαλείο για την εφαρμογή του κανονισμού και μοναδικό αρχικό σημείο επικοινωνίας, θα είναι το ειδικό τμήμα για Σ.μη.Ε.Α. στην ιστοσελίδα της ΥΠΑ τόσο για την πληροφόρηση των ενδιαφερομένων, όσο και για την κατάθεση αιτήσεων και σχεδίων πτήσης με ηλεκτρονικό και αυτοματοποιημένο τρόπο σε σύνδεση σε πραγματικό χρόνο στην πλήρη ανάπτυξη του συστήματος»[22].*

6 Απαιτούμενες Υποδομές

Όπως και στην παραδοσιακή αεροναυτιλία έτσι και για την αστική εναέρια μετακίνηση είναι επιτακτική η ανάγκη για την δημιουργία των απαραίτητων υποδομών με στόχο εξυπηρέτηση των επιβατών και των Σ.μη.Ε.Α ταξί. Αυτές οι υποδομές θα παρέχουν τις απαραίτητες υπηρεσίες για την άνεση, την κάλυψη των αναγκών και την άμεση εξυπηρέτηση των επιβατών. Παράλληλα μέσω αυτών θα πραγματοποιείται η συντήρηση, η επισκευή και ο ανεφοδιασμός των αεροσκαφών καθώς και η προστασία τους από ακραία καιρικά φαινόμενα. Επιπρόσθετα μέσω αυτών των εγκαταστάσεων θα πραγματοποιούνται η διαδικασίες προσγείωσης, απογείωσης καθώς και μετεπιβίβασης από άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς ή άλλα Σ.μη.Ε.Α ταξί.

6.1 Ο Ρόλος του Μηχανικού

Ο Μηχανικός καλείται να σχεδιάσει τα αστικά αεροδρόμια για την εξυπηρέτηση των Σ.μη.Ε.Α με σκοπό να μειώσει τον απαιτούμενο χρόνο μετακινήσεων και να εξασφαλίσει την ασφάλεια και την άνεση των χρηστών και του προσωπικού. Αρχικά ο μηχανικός είναι αυτός που θα καθορίσει την τοποθεσία, την διάταξη και την ποιότητα του έργου, με σκοπό την βέλτιστη λειτουργία του αστικού αερολιμένα με γνώμονα το νομικό πλαίσιο και την ποιότητα ζωής εντός του αστικού ιστού. Παράλληλα είναι αυτός που θα κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς κυκλοφοριακής και στατικής φύσεως (υπολογισμός φορτίων, εξυπηρέτηση κοινού, αποστάσεις από σημεία ενδιαφέροντος) για την υλοποίηση του έργου. Τέλος στη περίπτωση δημιουργίας αστικού αερολιμένα σε υπάρχουσα κατασκευή ο μηχανικός θα έχει ζωτικής σημασίας ρόλο, εφόσον θα είναι σε θέση να αναγνωρίσει ένα είναι απαραίτητη η ενίσχυση της κατασκευής και αν ναι ποιες είναι οι απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για την επιτυχή υλοποίηση.

6.2 Προτάσεις Υλοποίησης & Απαιτούμενες Υποδομές

Τα αστικά αεροδρόμια θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με εγκαταστάσεις αναχώρησης και άφιξης, καταφύγια για την προστασία των αεροσκαφών και κέντρα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας όπως τα συμβατικά αεροδρόμια. Στο αεροδρόμιο θα πρέπει να υπάρχουν σημεία ανεφοδιασμού και χώροι επισκευής και συντήρησης των οχημάτων. Οι απαραίτητες εγκαταστάσεις που αναφέραμε καθιστούν την υλοποίηση των αστικών αερολιμένων μια διαδικασία για την οποία απαιτείται η σωστή χωροταξική οργάνωση, σωστή επιλογή τοποθεσίας και καλή οργάνωση εργοταξίου εκ μέρους του μηχανικού. Μερικές προτάσεις αναφέρονται με λεπτομέρεια παρακάτω:

6.2.1 Υλοποίηση σε Ανοιχτούς Χώρους

Για την υλοποίηση ενός αστικού αερολιμένα σε ανοιχτό χώρο είναι απαραίτητη η σωστή χωροταξική οργάνωση του στο στάδιο του σχεδιασμού με τις εγκαταστάσεις να βρίσκονται σε

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

κοντινή απόσταση η μια από την άλλη και με της πλατφόρμες προσγείωσης και απογείωσης να βρίσκονται σε μικρή απόσταση η μια από την άλλη για την άμεση μετεπιβίβαση εάν αυτή κριθεί απαραίτητη. Λόγω της ύπαρξης επαρκούς χώρου δεν υπάρχει ανάγκη για ειδικά μηχανήματα κατασκευής ή για περιορισμό του όγκου και της έκτασης των εγκαταστάσεων. Στο πρώτο στάδιο πρέπει να γίνει η προετοιμασία του χώρου για την έναρξη της κατασκευής του έργου. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η υλοποίηση των θεμελίων των απαραίτητων εγκαταστάσεων και η βάση στην οποία θα δημιουργηθούν οι πλατφόρμες για το αεροσκάφος. Στη συνέχεια θα ξεκινήσει η κατασκευή των εγκαταστάσεων και των σημείων προσγείωσης. Τέλος στο στάδιο ολοκλήρωσης θα τελειώσει η ηλεκτρολογική εγκατάσταση και η τοποθέτηση του απαραίτητου εξοπλισμού.

6.2.2 Υλοποίηση σε Ψηλά Κτίρια

Η υλοποίηση ενός αστικού αερολιμένα σε ψηλά κτήρια είναι η λύση για την δημιουργία ενός δικτύου αερολιμένων εντός του αστικού ιστού. Οι εγκαταστάσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία του πρέπει να είναι μικρότερες σε μέγεθος, με απαραίτητη προϋπόθεση την ορθή τοποθέτηση τους. Για την υλοποίησή τους είναι απαραίτητη η χρήση ειδικών μηχανημάτων και ο περιορισμός του όγκου των εγκαταστάσεων και της μεταξύ τους απόστασης. Στο στάδιο της μελέτης γίνονται οι απαραίτητοι υπολογισμοί για το εάν είναι αναγκαίο να ενισχυθεί η κατασκευή με στόχο να φέρει τα απαραίτητα φορτία για την αποφυγή αστοχίας του φέροντος οργανισμού του κτηρίου εξαιτίας του αερολιμένα. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η απαραίτητη ενίσχυση της κατασκευής (εάν αυτό κριθεί αναγκαίο) και η προετοιμασία του χώρου για την κατασκευή των εγκαταστάσεων. Στη συνέχεια γίνεται η υλοποίησή τους και τέλος η ολοκλήρωσή τους με τη τοποθέτηση του εξοπλισμού. Παράλληλα πρέπει να διασφαλίζεται η ασφάλεια των εργατών με την εφαρμογή των απαραίτητων μέτρων ασφαλείας.

6.3 Συμπληρωματικές Υποδομές

Πέρα από τις βασικές υποδομές είναι απαραίτητη η δημιουργία και συμπληρωματικών υποδομών για την εξυπηρέτηση του κοινού και των αεροσκαφών. Μερικές από αυτές αναφέρονται παρακάτω:

6.3.1 Reception

Η υποδοχή είναι ένα καίριο κομμάτι ενός αστικού αερολιμένα, διότι εξυπηρετεί το κοινό και διαμηνύει τα προβλήματα τα οποία μπορεί να προκύψουν. Παράλληλα ενημερώνει τους επιβάτες για τις ώρες επιβίβασης, αποβίβασης, για τους χρόνους αναμονής και για τις διαθέσιμες θέσεις. Η λειτουργία της υποδοχής θα είναι η εξυπηρέτηση του κοινού το οποίο δεν έχει την δυνατότητα να εξυπηρετηθεί μέσω διαδικτύου, η ενημέρωση των χειριστών για τις ώρες έναρξης των δρομολογίων καθώς και η διανομή των επιβατών με τις αποσκευές τους στις πλατφόρμες στις οποίες θα

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού εξυπηρετηθούν. Επίσης η υποδοχή θα λειτουργεί και σαν χώρος αναμονής για το κοινό το οποίο περιμένει για να επιβιβαστεί στο Σ.μη.Ε.Α ταξί, διαθέτοντας βασικές υποδομές όπως τουαλέτες, κατάστημα ή αυτόματος πωλητή για την παροχή φαγητού ή καφέ, καθιστικό κ.λπ. Τέλος η υποδοχή θα λαμβάνει τα σχόλια του κοινού και θα τα μεταφέρει στην εταιρεία με σκοπό την επίλυση θεμάτων τα οποία μπορεί να προκύψουν και την βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών.

6.3.2 **Parking**

Η χρήση των ιδιωτικών οχημάτων (Ι.Χ.) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ελλάδα με τον κύριο όγκο τους να βρίσκεται στην Αθήνα λόγω της υψηλής πυκνότητας του πληθυσμού καθιστώντας απαραίτητη την δημιουργία χώρου στάθμευσης για την εξυπηρέτηση των επιβατών του αστικού αερολιμένα. Οι χώροι στάθμευσης μπορούν να είναι ανοιχτοί χώροι σε κοντινή απόσταση από το σημείο επιβίβασης ή στη περίπτωση της ύπαρξης αερολιμένα στην οροφή να είναι εντός του κτηρίου (παρκινγκ με ορόφους ή υπόγειο). Παράλληλα είναι καίριο η θέση του χώρου στάθμευσης να μην επηρεάζει την κανονική λειτουργία του αερολιμένα, δηλαδή να μην παρεμποδίζει την εύκολη μετακίνηση του κοινού από και προς τις αποβάθρες καθώς και την ομαλή προσγείωση και απογείωση των Σ.μη.Ε.Α. Τέλος θα πρέπει να έχει ικανό αριθμό θέσεων και φύλαξη έτσι ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει όσο το δυνατό περισσότερους επιβάτες γίνεται.

6.3.3 **Ανταπόκριση**

Στα παραδοσιακά αεροδρόμια είναι σύνηθες να υπάρχει χώρος ο οποίος χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την εξυπηρέτηση πτήσεων με ανταπόκριση, δηλαδή ο επιβάτης αποβιβάζεται από την πρώτη πτήση σε ένα αεροδρόμιο (σταθμό) και στη συνέχεια επιβιβάζεται σε μια πτήση η οποία τον μεταφέρει στον τελικό του προορισμό. Στους αστικούς αερολιμένες για Σ.μη.Ε.Α οι επιβάτες θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα να μετακινηθούν προς όλες τις κατευθύνσεις του αστικού ιστού από τα σημεία αποβίβασης και επιβίβασης, γιατί θα πρέπει να είναι δυνατή η μετακίνησή τους από και προς όλους τους αστικούς αερολιμένες και τις στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς. Αυτές οι εγκαταστάσεις θα αποτελούνται από μια αίθουσα αναμονής και θα τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι εύκολη η μετακίνηση του επιβάτη από την πλατφόρμα που αποβιβάστηκε στην πλατφόρμα από την οποία θα πραγματοποιηθεί η επιβίβαση του στο Σ.μη.Ε.Α ταξί το οποίο θα τον μεταφέρει στον τελικό του προορισμό. Τέλος αυτοί οι χώροι θα χρησιμοποιούνται στην περίπτωση δύσκολων καιρικών συνθηκών και πρόσκαιρης αδυναμίας των Σ.μη.Ε.Α να εκτελέσουν δρομολόγια.

6.3.4 Εγκαταστάσεις Προσγείωσης και απογείωσης Σ.μη.Ε.Α

Στα αστικά αεροδρόμια είναι μείζονος σημασίας η δυνατότητα ασφαλούς προσγείωσης και απογείωσης των Σ.μη.Ε.Α. Οι δυνατές λύσεις είναι η δημιουργία σταθερής πλατφόρμας προσγείωσης και απογείωσης ή η εγκατάσταση αναδιπλούμενης πλατφόρμας κοντέινερ. Οι σταθερές πλατφόρμες προσγείωσης και απογείωσης πρέπει να διαθέτουν εξοπλισμό για τον ανεφοδιασμό του Σ.μη.Ε.Α και υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας αναδιπλούμενου στεγάστρου προκειμένου να προστατευθεί το όχημα από τυχόν ακραία καιρικά φαινόμενα. Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης είναι η δυνατότητα εξυπηρέτησης σκαφών μεσαίου και μεγάλου μεγέθους και ενδείκνυται για την δημιουργία αστικού αερολιμένα σε υφιστάμενη κατασκευή. Όσον αφορά το κόστος η λύση της πλατφόρμας κοντέινερ είναι πιο οικονομική αλλά και πιο γρήγορη στη διαδικασία τοποθέτησης της. Η πλατφόρμα τύπου κοντέινερ είναι απαραίτητο να φέρει εξοπλισμό ανεφοδιασμού όπως και η σταθερή, με τη διαφορά ότι η τοποθέτηση αναδιπλούμενου στεγάστρου δεν είναι επιβεβλημένη γιατί έχει τη δυνατότητα να «κλείσει» για να προφυλάξει το αεροσκάφος.

Εικόνα 8: Verti-Port concept



7 Μελέτη Εφαρμογής στην πόλη της Αθήνας

Η εφαρμογή των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α ως μέσον αστικής μεταφοράς στην πόλη της Αθήνας και γενικότερα στο λεκανοπέδιο της Αττικής είναι ένα αρκετά πολύπλοκο ζήτημα. Η πολεοδομική οργάνωση, η παλαιότητα των κτηρίων και έλλειψη ανοικτών χώρων σε ορισμένες περιοχές του λεκανοπεδίου καθιστά την εγκατάσταση αστικών αερολιμένων σε αυτές να έχει υψηλές τεχνικές απαιτήσεις. Παράλληλα πρέπει να λάβουμε υπόψιν την πυκνότητα πληθυσμού ανά περιοχή και την πρόσβαση μέσω των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (ΜΜΜ), κυρίως μετρό, με στόχο την υλοποίηση ενός αποδοτικού συστήματος αστικών αερολιμένων.

7.1 Το Λεκανοπέδιο της Αττικής

Το λεκανοπέδιο της Αττικής είναι ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένο με ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού της Ελλάδος να κατοικεί σε αυτό. Η μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού είχε ως αποτέλεσμα την πυκνή δόμηση και την κακή πολεοδομική οργάνωση εντός του λεκανοπεδίου. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει στην έλλειψη ανοικτών χώρων οι οποίοι θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως πεδία προσγείωσης. Βέβαια μια από τις λύσεις σε αυτό το ζήτημα είναι η υλοποίηση στην οροφή μεγάλων κτηρίων σε κεντρικά σημεία εντός του λεκανοπεδίου. Παράλληλα σε ορισμένες περιοχές εκτός κεντρικού τομέα (όπως ο Μαραθώνας, η Νέα Μάκρη, η Ανάβυσσος κ.λπ.) υπάρχουν χώροι οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξυπηρέτηση των Σ.μη.Ε.Α.

7.2 Διαδρομές Αιχμής & Πιθανά σημεία Επι/Από-βίβασης

Διαδρομές αιχμής για τα επιβατικά Σ.μη.Ε.Α θα είναι οι διαδρομές στις οποίες εξυπηρετούνται οι περισσότεροι επιβάτες. Τέτοιου τύπου διαδρομές είναι οι τουριστικές, οι διαδρομές από και προς περιοχές με υψηλή οικονομική δραστηριότητα για την μεταφορά εργαζομένων στον χώρο εργασίας ή καταναλωτών για την αγορά προϊόντων και η μετακίνηση σε κεντρικά σημεία όπως το κεντρικό λιμάνι και το κεντρικό αεροδρόμιο για την μεταφορά των ταξιδιωτών.

7.2.1 Διαδρομές από και προς Σημεία Έντονης Οικονομικής Δραστηριότητας

Οι διαδρομές από και προς τις ζώνες έντονου οικονομικού ενδιαφέροντος είναι από τις πιο σημαντικές, εφόσον στις ζώνες αυτές πραγματοποιείται το μεγαλύτερο ποσοστό των συναλλαγών και της παραγωγής προϊόντων . Έτσι ως αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού έχουμε την ανάγκη για την μεταφορά εργαζομένων, φορτίων αλλά και καταναλωτών. Μερικά από τα βασικά σημεία επιβίβασης και αποβίβασης είναι ο Ασπρόπυργος λόγω των βιομηχανιών και των εργοστασίων που υπάρχουν στην περιοχή, ο Πειραιάς λόγω του εμπορικού λιμανιού, από το οποίο μεταφέρονται τόνοι αγαθών τα οποία προορίζονται για την Ελλάδα και την Ευρώπη, το κέντρο της Αθήνας, στο οποίο βρίσκεται η πλειοψηφία των γραφείων, των καταστημάτων και των κεντρικών κτηρίων στα

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού
οποία στεγάζονται μεγάλες εταιρείες, τράπεζες και οργανισμοί , και το αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος για την μεταφορά αγαθών μέσω αεροπλάνων μεταφοράς φορτίων. Όπως λοιπόν συμπεραίνουμε από τα παραπάνω η δημιουργία εγκαταστάσεων για την εξυπηρέτηση των Σ.μη.Ε.Α επιβατικού τύπου και τύπου μεταφοράς φορτίων είναι απαραίτητη, εφόσον δίνεται οι δυνατότητα μετακίνησης από και προς αυτά σε σημαντικό μικρότερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους μετακίνησης.

7.2.2 Διαδρομές Τουριστικού Χαρακτήρα

Επειδή ο τουρισμός αποτελεί κύρια πηγή εσόδων και επιδιώκεται ο ποιοτικός τουρισμός, η χρήση των επιβατικών Σ.μη.Ε.Α θα συμβάλει ιδιαίτερα στη διευκόλυνση των τουριστών να επισκεφτούν αρχαιολογικούς χώρους, μουσεία και μνημεία εντός και εκτός της πόλης της Αθήνας. Παράλληλα θα δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς των επισκεπτών σε χώρους ψυχαγωγίας και διασκέδασης. Μερικά από τα σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος στα οποία θα μπορούσε να τοποθετηθούν αστικοί αερολιμένες είναι το κέντρο της Αθήνας , διότι σε αυτό βρίσκονται Μουσεία, αρχαιολογικοί χώροι (όπως η Ακρόπολη, το Θησείο, η πύλη του Αδριανού κ.λπ..) αλλά και χώροι εστίασης και ψυχαγωγίας), ο Πειραιάς στον οποίο υπάρχει πληθώρα Μουσείων και χώρων αναψυχής ,το Σούνιο στο οποίο έχουμε αρχαιολογικούς χώρους όπως είναι ο ναός του Ποσειδώνα και οι Δήμοι της παραλιακής στους οποίους βρίσκονται πολλά νυχτερινά κέντρα και χώροι εστίασης.

7.2.3 Μεταφορά ταξιδιωτών από και προς το κεντρικό λιμάνι και αεροδρόμιο

Ο κεντρικός αερολιμένας στην Αττική είναι το αεροδρόμιο Ελ.Βενιζέλος και το κεντρικό λιμάνι είναι ο Πειραιάς. Από το αεροδρόμιο Ελ.Βενιζέλος καταφτάνουν και αναχωρούν χιλιάδες επιβάτες καθημερινά όπως και από το λιμάνι του Πειραιά. Το γεγονός αυτό καθιστά πρωταρχική ανάγκη την δημιουργία αστικών αερολιμένων με στόχο την εξυπηρέτηση των ταξιδιωτών, έχοντας ως αποτέλεσμα την πιο άνετη και γρήγορη μετακίνηση τους από και προς αυτά. Παράλληλα θα δίνεται η δυνατότητα μετακίνησης περισσότερων επιβατών εφόσον θα λειτουργούν σε συνεργασία με τις παραδοσιακές μεθόδους αστικής μετακίνησης, με αυτόν τον τρόπο ο επιβάτης θα έχει περισσότερες εναλλακτικές για την μετακίνηση του. Τέλος η πρόσβαση σε αυτά θα είναι ευκολότερη, διότι ο επιβάτης θα έχει την επιλογή να μετακινηθεί άμεσα σε αυτά χωρίς να είναι απαραίτητη η μετεπιβίβαση σε άλλα μέσα.

7.3 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Το ζήτημα της εφαρμογής των Σ.μη.Ε.Α εντός του αστικού ιστού είναι πολύπλοκο και αρκετά δυσεπίλυτο, λόγω μιας πληθώρας παραγόντων όπως η εύρεση βέλτιστων θέσεων τοποθέτησης

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού αστικών αεροδρομίων, οι τεχνικές απαιτήσεις υλοποίησης, η πυκνότητα του πληθυσμού ανά περιοχή κ.α.. Για παράδειγμα σε μια περιοχή μπορεί να υπάρχει επαρκής χώρος για την υλοποίηση, δηλαδή να μην έχει ιδιαίτερες τεχνικές απαιτήσεις για την υλοποίηση του αστικού αερολιμένα. Αυτή η ανάλυση αντιπροσωπεύει μια αρχική αξιολόγηση των δήμων της αττικής ως προς την καταλληλότητα τους για την υλοποίηση ενός αστικού αερολιμένα με στόχο την εξυπηρέτηση επιβατικών και μεταφορικών Σ.μη.Ε.Α . Για την επίλυση επιλέγουμε προβληματική τύπου Β με σκοπό να κατατάξουμε τις διαθέσιμες επιλογές από βέλτιστη σε χειρίστη.

7.4 ΣΥΝΕΠΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ

Η συνεπής οικογένεια κριτηρίων είναι κριτήρια τα οποία πρέπει να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις. Αρχικά πρέπει να διαθέτουν συνέπεια ή μονοτονία, δηλαδή εάν για ένα κριτήριο ισχύει $g_i(a) > g_i(b)$, για κάθε $i \neq j$ $(a) > g_j(b)$. Στη συνέχεια έχουμε την επάρκεια και τον μη πλεονασμό, σύμφωνα με τον οποίο διαγράφονται τα κριτήρια τα οποία δεν μετατρέπουν την δομή των προτιμήσεων του αποφασίζοντος για διάφορα ζεύγη δράσεων [98].

7.4.1 ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Στις σύγχρονες πόλεις η μετακίνηση εντός του αστικού ιστού πραγματοποιείται μέσω των μέσων μαζικής μεταφοράς(MMM). Ένα αρκετά μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού τα χρησιμοποιεί για να μετακινηθεί προς την εργασία του, τις εμπορικές ζώνες, τις τουριστικές ζώνες και τον τόπο διαμονής του. Συνεπώς η εύκολη πρόσβαση στα μέσα μαζικής μεταφοράς από και προς τον αστικό αερολιμένα είναι παράγοντας ζωτικής σημασίας διότι εξασφαλίζει την σύνδεση του δικτύου των αερολιμένων με τις είδη υπάρχουσες μεθόδους αστικών μεταφορών, δίνοντας στον επιβάτη την δυνατότητα να μετεπιβιβαστεί από το ένα μέσο στο άλλο χωρίς ιδιαίτερες καθυστερήσεις. Παράλληλα μας εξασφαλίζει την προσέλευση επιβατών στους αστικούς αερολιμένες , εφόσον ο επιβάτης θα μπορέσει να φτάσει σε αυτούς με μεγαλύτερη ευχέρεια. Το κριτήριο αξιολογείται με μια αριθμητική κλίμακα η οποία κυμαίνεται από το 1 μέχρι το 5, με το 1 να αντιστοιχεί σε πολύ δύσκολη πρόσβαση και το 5 σε πολύ εύκολη πρόσβαση, λαμβάνοντας υπόψη κυρίως την πρόσβαση στις γραμμές του μετρό.

7.4.2 ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Στις σύγχρονες πόλεις η μετακίνηση εντός του αστικού ιστού πραγματοποιείται μέσω των μέσων μαζικής μεταφοράς(MMM). Ένα αρκετά μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού τα χρησιμοποιεί για να μετακινηθεί προς την εργασία του, τις εμπορικές ζώνες, τις τουριστικές ζώνες και τον τόπο διαμονής του. Συνεπώς η εύκολη πρόσβαση στα μέσα μαζικής μεταφοράς από και προς τον αστικό

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

αερολιμένα είναι παράγοντας ζωτικής σημασίας διότι εξασφαλίζει την σύνδεση του δικτύου των αερολιμένων με τις είδη υπάρχουσες μεθόδους αστικών μεταφορών, δίνοντας στον επιβάτη την δυνατότητα να μετεπιβιβαστεί από το ένα μέσο στο άλλο χωρίς ιδιαίτερες καθυστερήσεις. Παράλληλα μας εξασφαλίζει την προσέλευση επιβατών στους αστικούς αερολιμένες , εφόσον ο επιβάτης θα μπορέσει να φτάσει σε αυτούς με μεγαλύτερη ευχέρεια. Το κριτήριο αξιολογείται με μια αριθμητική κλίμακα η οποία κυμαίνεται από το 1 μέχρι το 5, με το 1 να αντιστοιχεί σε πολύ δύσκολη πρόσβαση και το 5 σε πολύ εύκολη πρόσβαση, λαμβάνοντας υπόψη κυρίως την πρόσβαση στις γραμμές του μετρό.

7.4.3 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΥΘΗΣΜΟΥ

Η πυκνότητα του πληθυσμού μιας περιοχής αντιπροσωπεύει τον αριθμό των κατοίκων και μπορεί να συνδεθεί και με την οικονομική δραστηριότητα (κυρίως εμπορικού χαρακτήρα) της εκάστοτε περιοχής. Συνεπώς για την δημιουργία ενός αεροδρομίου Σ.μη.Ε.Α. σε μια περιοχή είναι βασικό κριτήριο η πυκνότητα πληθυσμού, διότι θέλουμε να εξασφαλίσουμε μεγάλη εισροή επιβατών στον αερολιμένα με στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους. Το κριτήριο αποτυπώνεται αριθμητικά με τον πραγματικό αριθμό των κατοίκων ανά περιοχή έρευνας σύμφωνα με τα στοιχεία από την απογραφή πληθυσμού του 2021 [97].

7.4.4 ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Το επίπεδο τεχνικών απαιτήσεων αντιπροσωπεύει την ευχέρεια με την οποία θα μπορούσε να υλοποιηθεί ένας αστικός αερολιμένας στην εκάστοτε περιοχή. Για την εκτίμηση του επιπέδου των τεχνικών απαιτήσεων λαμβάνονται υπόψη το εκτιμώμενο κόστος κατασκευής, η ανάγκη ενίσχυσης της κατασκευής στην οποία θα λειτουργήσει ο αστικός αερολιμένας (στη περίπτωση έλλειψης ανοιχτών χώρων), η ανάγκη χρήσης ειδικών μηχανημάτων , η δυσκολία δημιουργίας εργοταξίου και ο εκτιμώμενος χρόνος υλοποίησης. Το κριτήριο αξιολογείται με μια αριθμητική κλίμακα η οποία κυμαίνεται από το 1 μέχρι το 5, με το 1 να αντιστοιχεί σε πολύ χαμηλό επίπεδο τεχνικών απαιτήσεων και το 5 σε πολύ υψηλό επίπεδο τεχνικών απαιτήσεων.

7.4.5 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΔΗΜΟΥΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Οι δήμοι κλειδιά είναι οι εξής : Ο δήμος Πειραιά εφόσον διαθέτει το μεγαλύτερο λιμάνι στο λεκανοπέδιο το οποίο εξυπηρετεί την μεταφορά των επιβατών και την μεταφορά φορτίων, ο δήμος Σπάτων-Αρτέμιδος στον οποίο βρίσκεται το κεντρικό αεροδρόμιο της Αττικής (Ελ.Βενιζέλος) το

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού
 οποίο δέχεται χιλιάδες επιβάτες καθημερινά και αρκετούς τόνους εμπορικών αγαθών, και τέλος ο δήμος Αργυρούπολη-Ελληνικό στον οποίο βρίσκεται το κέντρο ανάπλασης, το κέντρο ανάπλασης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα έργα ανάπτυξης στο οποίο θα συμπεριλαμβάνονται πάρκα, διαμερίσματα, καζίνο, χώρους εστίασης και εμπορικά καταστήματα). Οι δήμοι αξιολογούνται αριθμητικά με βάση την χιλιομετρική απόσταση από αυτούς με διαφορετική κλίμακα για κάθε δήμο κλειδί. Η απόσταση κάθε δήμου από τα Σπάτα-Αρτέμιδα βαθμολογείται σε μια κλίμακα από το 1 έως το 4, με το 4 να καλύπτει αποστάσεις από 0 έως 10 χιλιόμετρα, το 3 να καλύπτει αποστάσεις από 10 έως 20 χιλιόμετρα, το 2 να καλύπτει αποστάσεις από 20 έως 30 χιλιόμετρα και το 1 να καλύπτει αποστάσεις 30 χιλιομέτρων και άνω. Η γειτνίαση κάθε δήμου από τον Πειραιά βαθμολογείται σε μια κλίμακα από το 1 έως το 3, με το 3 να καλύπτει αποστάσεις από 0 έως 7 χιλιόμετρα, το 2 να καλύπτει αποστάσεις από 7 έως 15 χιλιόμετρα και το 1 να καλύπτει αποστάσεις από 15 έως 27 χιλιόμετρα. Τέλος, η εγγύτητα κάθε δήμου από την Αργυρούπολη-Ελληνικό βαθμολογείται από 1 έως 3, με το 3 να καλύπτει αποστάσεις από 0 έως 15 χιλιόμετρα ,το 2 να καλύπτει αποστάσεις από 15 έως 25 χιλιόμετρα και το 1 να καλύπτει αποστάσεις 25 χιλιομέτρων και άνω.

Πίνακας 1:Πίνακας Κριτηρίων

A/A	Περιγραφή
CR1	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ
CR2	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΜΜΜ (ΚΥΡΙΩΣ ΜΕΤΡΟ)
CR3	ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΔΥΣΚΟΛΙΑΣ
CR4	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΕΙΡΑΙΑ
CR5	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΣΠΑΤΑ
CR6	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ

Πίνακας 2: Πολυκριτηριακός Πίνακας Αποφάσεων

A/A	ΔΗΜΟΙ	CR1	CR2	CR3	CR4 (km)	CR5 (km)	CR6 (km)	CR4	CR5	CR6
1	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	637798	5	5	8,67	9,59	18,9	2	4	2
2	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	132123	3	5	8,86	22,97	13,1	2	3	3
3	ΠΑΠΑΓΟΥ-ΧΟΛΑΡΓΟΥ	45164	3	2	14,38	12,79	14,44	2	3	3
4	ΖΩΓΡΑΦΟΥ	69857	1	4	11,76	10,29	15,66	2	3	2
5	ΒΡΙΛΗΣΣΙΩΝ	32422	2	2	19,73	18,85	14,73	1	3	3
6	ΑΙΓΑΛΕΩ	64828	4	4	6,25	12,21	23,74	3	3	2
7	ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	72546	1	1	6,17	20,15	6,74	3	2	3
8	ΙΛΙΟΥ	83523	1	3	11,28	16	23,15	2	3	2
9	ΚΗΦΙΣΙΑΣ	72860	3	1	20,5	21,56	19,3	1	2	2
10	ΓΛΥΦΑΔΑΣ	89605	1	2	13,31	3,68	18,58	2	4	2
11	ΝΕΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	50495	4	2	15,64	17,74	19,78	1	3	2
12	ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	77118	2	2	15,97	15,81	15,95	1	3	2
13	ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ	21284	1	1	26,18	17,67	6,01	1	3	3
14	ΜΕΓΑΡΕΩΝ	38046	1	2	27,02	36,08	53	1	1	1
15	ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	31420	1	3	13,63	22,87	34,04	2	2	1
16	ΒΥΡΩΝΟΣ	59134	2	4	9,7	7,65	16,67	2	4	2
17	ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ-ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	61427	1	4	11,3	15,4	22,22	2	3	2
18	ΜΟΣΧΑΤΟΥ-ΤΑΥΡΟΥ	39507	4	3	3,48	8,4	23,04	3	4	2
19	ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	25608	1	1	44,46	33,71	26,02	1	1	1
20	ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	29703	1	1	26,84	16,85	16,05	1	3	2

7.5 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΛΙΚΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Ένα μοντέλο ολικής προτίμησης αποτελεί τον κανόνα σύνθεσης κριτηρίων, δηλαδή των μοντέλων μερικής προτίμησης. Οι μέθοδοι πολυκριτήριας σύνθεσης που θα επιδεχθούν είναι από την οικογένεια των μεθόδων UTA οι UTA II & UTASTAR, οι οποίες είναι αναλυτικά μοντέλα αποφάσεων. Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας επιλέχτηκε η μέθοδος UTASTAR. Ο στόχος του μοντέλου ολικής προτίμησης είναι να βρεθούν οι καταλληλότερες τοποθεσίες υλοποίησης ενός αστικού αερολιμένα. Οι τύποι οι οποίοι χρησιμοποιούνται είναι οι εξής [98]:

$$U(g) = \sum_{i=1}^n p_i u_i(g_i)$$

$$u(g_{i*}) = 0, u(g_i^*) = 1 \text{ για } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

$$p_i \geq 0 \text{ όπου } i = 1, 2, \dots, n$$

Όπου $g=(g_1, g_2, \dots, g_n)$ είναι η βαθμολόγηση των εναλλακτικών αποφάσεων στα n κριτήρια, g_{i*} και g_i^* είναι η λιγότερο και περισσότερο προτιμητέα τιμή του κριτηρίου g_i αντίστοιχα και $U_i(g_i)$, p_i είναι αντίστοιχα η συνάρτηση αξιών και η βαρύτητα του κριτηρίου i .

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F, F = \sum_{i=1}^k (\sigma^+(a_i) + \sigma^-(a_i)) \\ \text{Subject to:} \\ \sum_{i=1}^n p_i u_i[g_i(a_m)] - \sigma^+(a_m) + \sigma^-(a_m) - \sum_{i=1}^n p_i u_i[g_i(a_{m+1})] + \sigma^+(a_{m+1}) - \sigma^-(a_{m+1}) \geq \delta \text{ if } a_m P_{a_{m+1}} \\ \text{or} \\ \sum_{i=1}^n p_i u_i[g_i(a_m)] - \sigma^+(a_m) + \sigma^-(a_m) - \sum_{i=1}^n p_i u_i[g_i(a_{m+1})] + \sigma^+(a_{m+1}) - \sigma^-(a_{m+1}) = 0 \text{ if } a_m I_{a_{m+1}} \\ \text{for } m = 1, 2, \dots, k-1 \\ \sum_{i=1}^n p_i = 1, p_i \geq 0, \text{ for } i = 1, 2, \dots, n \\ \sigma^+(a_j) \geq 0, \sigma^-(a_j) \geq 0, \text{ για } j = 1, 2, \dots, k \end{array} \right.$$

όπου δ είναι ένας μικρός θετικός αριθμός. $g_i(a_m)$ η αξιολόγηση του αντικειμένου a_m το i -ο κριτήριο και το $u^i [g^i (a^m)]$ την αντίστοιχη οριακή τιμή· και $\sigma^+(a_j)$, $\sigma^-(a_j)$ τα σφάλματα υπό (υπερ)εκτίμησης που αφορούν το j -ο αντικείμενο. Το μοντέλο προσθετικής αξίας εφαρμόζεται στο σύνολο αναφοράς για την εκτίμηση των οριακών αξιών, των συνολικών αξιών των εναλλακτικών

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού έργων και της κατάταξης με βάση τις συνολικές αξίες. Εάν υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα για τουλάχιστον ένα από τα κριτήρια, η αξιολόγηση των εναλλακτικών έργων θα μπορεί να επιτευχθεί με τη μετατροπή αυτών των κριτηρίων σε στοχαστικά στην παρέκταση βήμα. Σε αυτή την περίπτωση η οριακή χρησιμότητα του κριτηρίου g_i για το έργο a θα υπολογίζεται από τους ακόλουθους τύπους:

$$u_i(g_i(a)) = \sum_{T=1}^{q_i} d_i^a(g_i^T) u_i(g_i^T)$$

$$d_i^a(g_i^T) \leq 1, d_i^a(g_i^T) \geq 0, \text{ για } T = 1, 2, \dots, q_i$$

$$\sum_{T=1}^{q_i} d_i^a(g_i^T) = 1$$

όπου q_i και d_i^a είναι αντίστοιχα ο αριθμός των πιθανών τιμών και το διανεμητική αξιολόγηση του εναλλακτικού έργου a στο i -το κριτήριο, $d_i^a(g_i^T)$ είναι η πιθανότητα η απόδοση του έργου a στο i -το κριτήριο είναι g_i^T και το $u_i(g_i^T)$ είναι η συνάρτηση οριακής χρησιμότητας που εκτιμάται με το UTASTAR προηγουμένως.

Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας χρησιμοποιήθηκε η UTASTAR. Όμως υπάρχει η δυνατότητα στο μέλλον να χρησιμοποιηθεί η UTA II στη οποία οι συναρτήσεις αξιών καθορίζονται από τον ίδιο τον αποφασίζοντα. Παρακάτω φαίνονται οι συναρτήσεις αξιών τις οποίες χρησιμοποιεί η UTA II:

Οικογένειες αξιών για τα κριτήρια

$$1) y = u(g) = a - be^{cg}, g \in [g_{i*}, g_i^*] = [m, M], c < 0, c \in [-0.00001, -1.5]$$

$$2) y = u(g) = a - be^{cg^2}, g \in [g_{i*}, g_i^*] = [m, M], c < 0, c \in [-0.00001, -0.25], g > 0$$

$$3) y = u(g) = a + be^{cg}, g \in [g_{i*}, g_i^*] = [m, M], c > 0, c \in [0.00001, 1.5]$$

$$4) y = u(g) = a - be^{cg^2}, g \in [g_{i*}, g_i^*] = [m, M], c > 0, c \in [0.00001, 0.5], g > 0$$

$$5) y = u(g) = ag^c + b, g \in [g_{i*}, g_i^*] = [m, M], c > 1, c \in [1, 15]$$

$$6) y = u(g) = ag^{-c} + b, g \in [g_{i*}, g_i^*] = [m, M], c > 1, c \in [1, 15], g > 0$$

$$7) \text{If } g \text{ incr.}, u(g) = \begin{cases} a_1 - b_1 e^{cg}, & m \leq g < R \\ a_2 + b_2 e^{dg}, & R \leq g \leq M \end{cases}, g \text{ decr.}, u(g) = \begin{cases} a_1 + b_1 e^{cg}, & M \leq g < R \\ a_2 - b_2 e^{dg}, & R \leq g \leq m \end{cases}$$

Όπου

$$g \in [g_{i^*}, g_i^*] = [m, M], (g \text{ incr. } c \in [-0.0001, -3], d \in [0.0001, 3]) (g \text{ decr. } c \in [0.0001, 3], d \in [-0.0001, -3]), h \in (0, 1)$$

$$8) \text{ If } g \text{ incr.}, u(g) = \begin{cases} a_1 + b_1 e^{cg}, m \leq g < R \\ a_2 - b_2 e^{dg}, R \leq g \leq M \end{cases}, g \text{ decr.}, u(g) = \begin{cases} a_1 - b_1 e^{cg}, M \leq g < R \\ a_2 + b_2 e^{dg}, R \leq g \leq m \end{cases}$$

Όπου

$$g \in [g_{i^*}, g_i^*] = [m, M], (g \text{ incr. } c \in [0.0001, 3], d \in [-0.0001, -3]) (g \text{ decr. } c \in [-0.0001, -3], d \in [0.0001, 3]), h \in (0, 1)$$

Οικογένειες συναρτήσεων αξιών

$$9) y = u(g) = \begin{cases} a_1 + b_1 e^{cg}, m \leq g < R \\ a_2 - b_2 e^{dg}, R \leq g \leq M \end{cases}$$

Όπου

$$g \in [g_{i^*}, g_i^*] = [m, M], c < 0, d > 0, c \in [0.0001, \dots]$$

$$10) y = u(g) = \begin{cases} a_1 + b_1 e^{cg}, m \leq g < R \\ a_2 - b_2 e^{dg}, R \leq g \leq M \end{cases}$$

Όπου

$$g \in [g_{i^*}, g_i^*] = [m, M], c > 0, d < 0, c \in [0.0001, \dots]$$

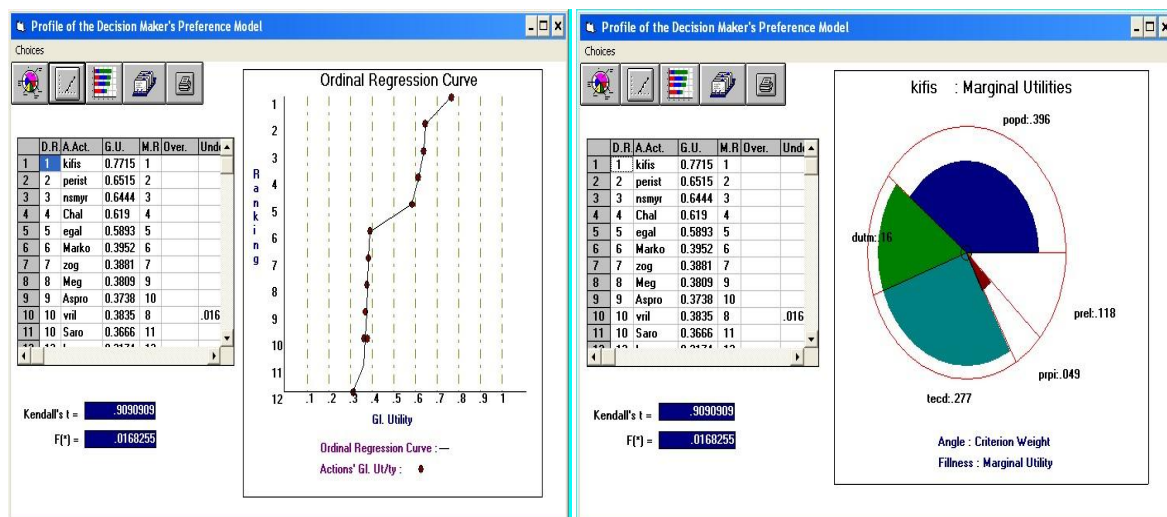
7.6 ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Χρησιμοποιώντας το σύστημα πολυκριτηριακής ανάλυσης MINORA (Siskos et al., 1993) για την εκτέλεση της πολυκριτηριακής μεθόδου UTASTAR, ένα βοηθητικό μοντέλο έχει εκτιμηθεί σύμφωνα με τις προτιμήσεις του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων που εκφράζονται με την προκατάταξη ενός συνόλου αναφοράς. Παρουσιάζεται η κατάταξη του συνόλου αναφοράς (Πίνακας 3), η καμπύλη τακτικής παλινδρόμησης και οι βαρύτητες του εκτιμώμενου πρόσθετου μοντέλου χρησιμότητας που παρουσιάζονται στην εικόνα 9. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο αρχικό σύνολο αναφοράς δεν λήφθηκε υπόψη και ο δήμος Αθηναίων. Επειδή η συγκεκριμένη εναλλακτική υπερτερούσε σημαντικά σχεδόν σε όλα τα κριτήρια θεωρήθηκε ως μια εναλλακτική που προτιμάει ο αποφασίζοντας και αφαιρέθηκε από το σύνολο αναφοράς. Ο στόχος μας είναι να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο αστικών αεροδρομίων τα οποία θα έχουν την δυνατότητα να εξυπηρετήσουν το μέγιστο δυνατό αριθμό επιβατών εντός του λεκανοπεδίου τις Αττικής.

Πίνακας 3: Κατάταξη εναλλακτικών του συνόλου αναφοράς

A/A	ΔΗΜΟΙ	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΙΔΙΚΩΝ
1	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	2
2	ΖΩΓΡΑΦΟΥ	7
3	ΒΡΙΛΗΣΣΙΩΝ	10
4	ΑΙΓΑΛΕΩ	5
5	ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	3
6	ΚΗΦΙΣΙΑΣ	1
7	ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	4
8	ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ	6
9	ΜΕΓΑΡΕΩΝ	8
10	ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	9
10	ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	11
11	ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	10

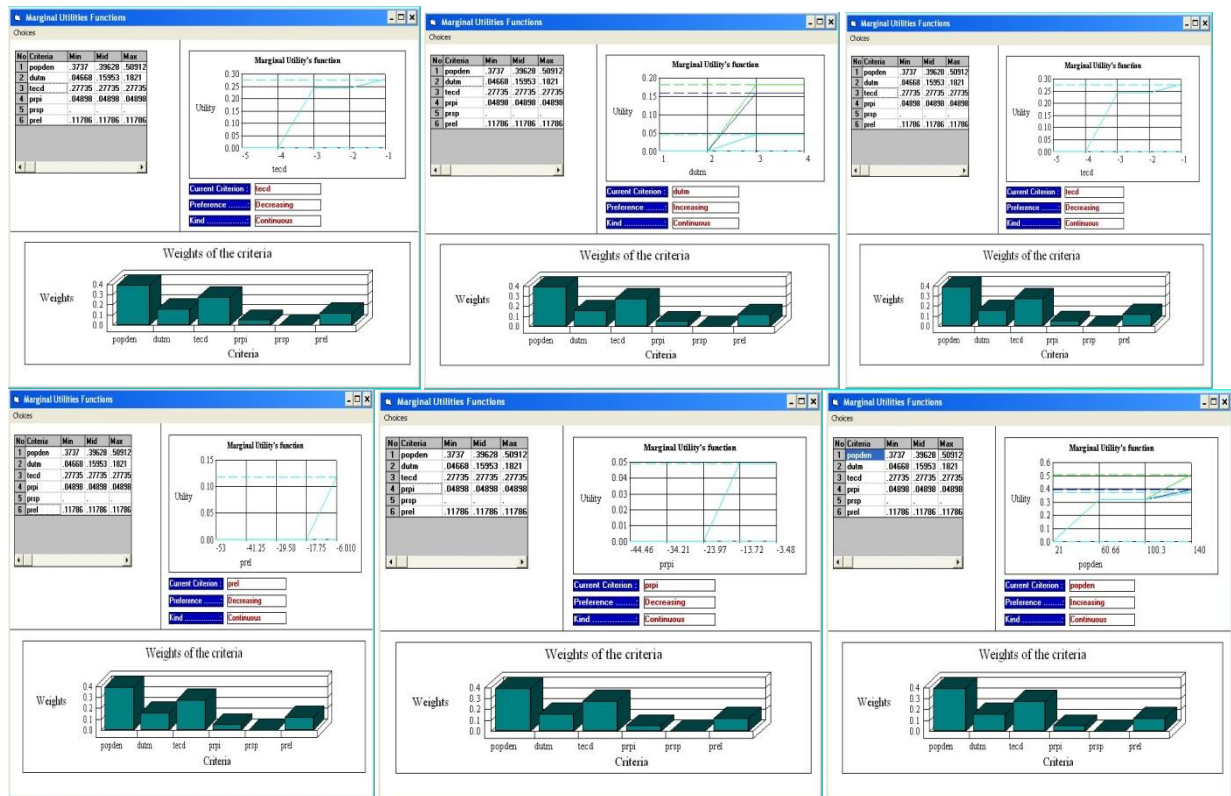
Εικόνα 9: Απεικονίσεις του συστήματος MINORA της καμπύλης και των βαρυτήτων



Στην συνέχεια ο αποφασίζων αποδέχτηκε το μοντέλο προσθετικής χρησιμότητας. Στην εικόνα 10 παρουσιάζονται οι συναρτήσεις μερικών αξιών του μοντέλου αυτού. Μετά από την ανάλυση των κριτηρίων όπως φαίνεται στην εικόνα 9 παρατηρούμε ότι αποφασίζων δίνει μεγάλη βαρύτητα στο κριτήριο «πυκνότητα πληθυσμού», εφόσον η πυκνότητα του πληθυσμού είναι ένας δείκτης ο οποίος θα μπορούσε να υποδείξει το μελλοντικό κέρδος που θα αποφέρει ο αστικός αερολιμένας. Συνεπώς θα καθορίσει σε σημαντικό βαθμό την τελική κατάταξη των εναλλακτικών. Εξίσου σημαντικά κριτήρια είναι και οι τεχνικές δυσκολίες οι οποίες έχουν την δεύτερη μεγαλύτερη βαρύτητα σε σχέση με τα υπόλοιπα κριτήρια, διότι μας δείχνουν το κόστος το οποίο θα έχει η δημιουργία ενός αστικού αεροδρομίου. Παράλληλα για να έχουμε μια σχετικά ξεκάθαρη εικόνα με στόχο την σύγκριση του κόστους και του κέρδους θα μπορούσε να συμπεριληφθεί το εισόδημα ανά

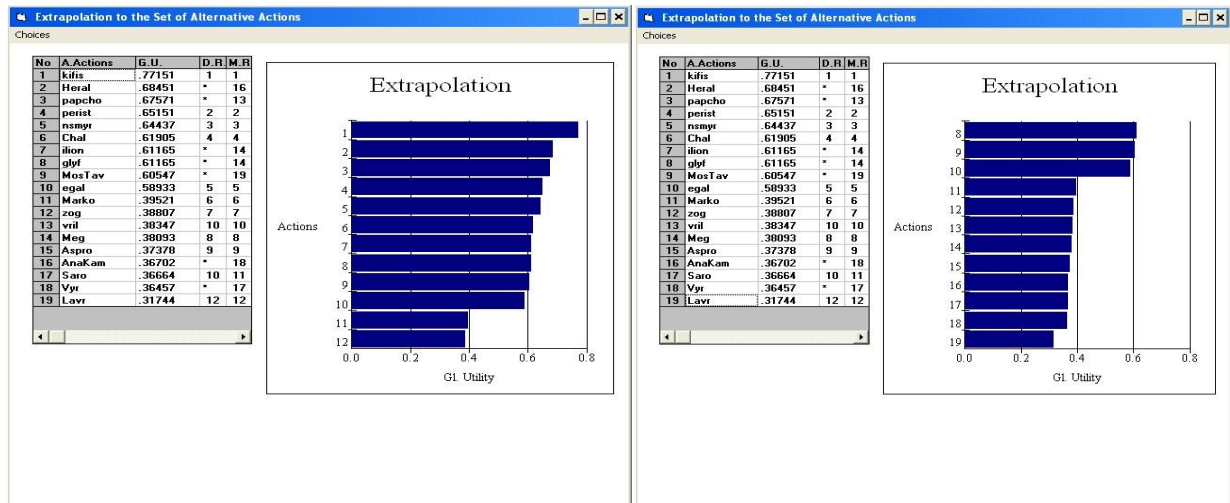
Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού νοικοκυριό ανά δήμο, όμως αυτά τα στοιχεία δεν είναι προσβάσιμα στο κοινό στη κλίμακα που χρειαζόμαστε. Τέλος μέσω του προγράμματος MINORA καθορίστηκαν οι μερικές αξίες όλων των εναλλακτικών στα κριτήρια και στη συνέχεια η εκτίμηση των ολικών αξιών. Η τελική κατάταξη των εναλλακτικών παρουσιάζεται στην εικόνα 11 και στον πίνακα 4.

Εικόνα 10: απεικονίσεις του συστήματος MINORA των συναρτήσεων μερικών αξιών



Με βάση την ανάλυση η οποία πραγματοποιήθηκε οι επικρατέστεροι δήμοι στους οποίους είναι εφικτό να υλοποιηθούν αστικά αεροδρόμια σύμφωνα με τα αποτελέσματα είναι: ο Δήμος Αθηναίων, ο δήμος Κηφισίας, ο δήμος Ηρακλείου, ο δήμος Παπάγου-Χολαργού, ο δήμος Περιστερίου, ο δήμος Νέας Σμύρνης, ο δήμος Χαλανδρίου, ο δήμος Ιλίου, ο δήμος Γλυφάδας, ο δήμος Μοσχάτου-Ταύρου και ο δήμος Αιγάλοι. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε ότι επειδή δεν υπάρχει λεπτομερής ανάλυση για το κόστος κατασκευής σε κάθε δήμο, προτείνεται σε αυτούς τους δήμους να καθοριστούν οι ακριβείς τοποθεσίες υλοποίησης των θέσεων του δικτύου αστικών αεροδρομίων.

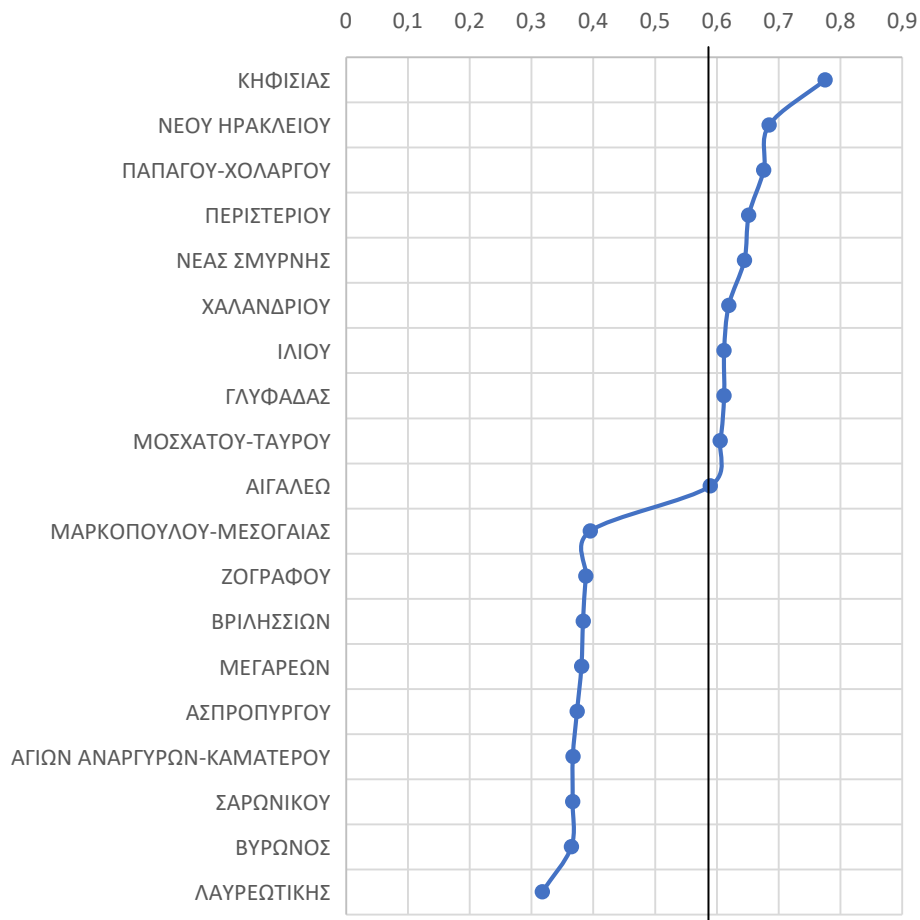
Εικόνα 11: Απεικονίσεις του συστήματος MINORA της τελικής κατάταξη των εναλλακτικών.



Πίνακας 4: Τελική Κατάταξη

Α/Α	ΔΗΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ
1	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	4
2	ΠΑΠΑΓΟΥ-ΧΟΛΑΡΓΟΥ	3
3	ΖΟΓΡΑΦΟΥ	12
4	ΒΡΙΑΛΗΣΣΙΩΝ	13
5	ΑΙΓΑΛΕΩ	10
6	ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	5
7	ΙΛΙΟΥ	7
8	ΚΗΦΙΣΙΑΣ	1
9	ΓΛΥΦΑΔΑΣ	8
10	ΝΕΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	2
11	ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	6
12	ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ	11
13	ΜΕΓΑΡΕΩΝ	14
14	ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	15
15	ΒΥΡΩΝΟΣ	18
16	ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ-ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	16
17	ΜΟΣΧΑΤΟΥ-ΤΑΥΡΟΥ	9
18	ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	19
19	ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	17

Εικόνα 12: Καμπύλη τελικής κατάταξης



Όπως φαίνεται στη εικόνα 12 οι δέκα δήμοι η οποίοι παρουσίασαν την καλύτερη απόδοση ,σε σχέση με τα κριτήρια τα οποία ορίστηκαν, από το σύνολο των εναλλακτικών παρατηρείται πως έχουν αρκετά σημαντική διαφορά με τα υπόλοιπα. Συνεπώς παρατηρούμε ότι δημιουργούνται δύο ομάδες μεταξύ των εναλλακτικών (μια υψηλής και μια χαμηλής απόδοσης).

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως προέκυψε από την έρευνα μας τα επιβατικά Σ.μη.Ε.Α αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της μελλοντικής ανάπτυξης των μεταφορών, με πολλές χώρες να έχουν ξεκινήσει την ανάπτυξη προγραμμάτων εισαγωγής των Σ.μη.Ε.Α για την κάλυψη διάφορων κοινωνικών αναγκών (μεταφορά τραυματιών, μεταφορά αγαθών, μεταφορά ανθρώπων, επιτήρηση κ.λπ.). Συνεπώς πολλές εταιρίες προχώρησαν στην δημιουργία και την ανάπτυξη αεροσκαφών με στόχο να παράγουν σκάφη ικανά να συμβάλουν στον τομέα των αστικών μεταφορών. Παράλληλα αναλύθηκε τους τύπους αεροδρομίων τα οποία θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν τα Σ.μη.Ε.Α και τις πιθανές τοποθεσίες στις οποίες θα μπορούσαν να υλοποιηθούν. Φυσικά διαπιστώθηκαν μια σειρά από πιθανά οφέλη (μείωση χρόνου μετακίνησης, μείωση ρίπων, δημιουργία θέσεων εργασίας κ.λπ.) και προκλήσεις (κακές καιρικές συνθήκες, ύπαρξη εμποδίων, εξασφάλιση της δημοτικότητας των κατοίκων εντός αστικού ιστού κ.λπ.).

Στη συνέχεια έγινε αναφορά στις βοηθητικές εγκαταστάσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την λειτουργία ενός αστικού αερολιμένα (χώρος στάθμευσης, υποδοχή μετεπιβίβαση κ.α.) και στον ρόλο του μηχανικού, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την κατασκευή, την συντήρηση και την επιλογή τοποθεσίας κατασκευής του αστικού αερολιμένα. Παράλληλα λαμβάνοντας υπ'όψιν μια σειρά κριτηρίων, έγινε η επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος επιλογής των καταλληλότερων δήμων εντός Αττικής στους οποίους θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα δίκτυο αστικών αερολιμένων. Μέσω των πολυκριτηριακών μεθόδων της οικογένειας UTA και του συστήματος πολυκριτηριακής ανάλυσης MINORA (Siskos et al., 1993) από μια σειρά εναλλακτικών επιλέχθηκαν οι δέκα καταλληλότεροι δήμοι στους οποίους θα μπορούσε να δημιουργηθεί το δίκτυο αστικών αερολιμένων.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία αποδεικνύεται η χρησιμότητα των εργαλείων πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων στην επιλογή των δήμων για την κατασκευή άστικτων αερολιμένων. Στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δεν λήφθηκαν υπόψη οι ακριβείς τοποθεσίες ανά δήμο . Αυτό το γεγονός μπορεί να οδηγήσει στην αλλαγή της τελικής κατάταξης των εναλλακτικών, λόγω των νέων παραμέτρων οι οποίες παρουσιάζονται (κενά πεδία προσγείωσης, κτήρια εργοστασίων, κτήρια εταιριών, κ.α.). Η παρούσα έρευνα περιορίστηκε σε μια αρχική κατηγοριοποίηση των εναλλακτικών από την βέλτιστη στην χειρίστη. Σε μελλοντική έρευνα, στην οποία θα μπορούσαμε να εισάγουμε περαιτέρω κριτήρια ή να προτείνουμε συγκεκριμένους χώρους, στους δήμους οι οποίοι επικράτησαν σε αυτή την αρχική ανάλυση με στόχο να βρεθούν οι καταλληλότερες τοποθεσίες για την υλοποίηση των αστικών αερολιμένων.

9 Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

1. Bauranov, A., & Rakas, J. (2021). Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches. *Progress in Aerospace Sciences*, 125,100726.[crossreff](#)
2. UNMANNED AIRSPACE. (2018, Οκτώβριος 11). There are now 50 cities around the world pioneering urban air mobility programmes. *UNMANNED AIRSPACE*. [crossreff](#)
3. Kellermann R. (2022, Φεβρουάριος 24). Flying high? Unmanned aircraft and the future of transportation, *HEINRICK BOLL STIFTUNG TELAVIV Israel*, [crossreff](#)
4. Liliium,02 Ιουλίου 2020,designing a scalable vertiport, lilium.com. [crossreff](#).
5. Kariuki, J. World’s First EVTOL Vertiport Opens in United Kingdom. April 25, 2022. [crossreff](#).
6. VFS 6th Infrastructure Workshop to Tackle Critical Question of Vertiport Site Selection. *Vertical Magazine*. [crossreff](#)
7. Lynn, B. (2023, Ιούνιος 27). Paris Prepares to Launch Flying Taxis during 2024 Olympics. *learningenglish.voanews.com/*. [crossreff](#)
- 8.Transport up. Bell Nexus 6HX. *TRANSPORTUP.COM* . [crossreff](#)
9. Sarma, R. S. (2021, Ιανουάριος 8). The ways Drone Technology is having a positive impact on Society, *SiliconIndia*, [crossreff](#)
10. Mitchell L. (2022, Νοέμβριος 20). The Rise of Using Drones for Delivery: What Are The Benefits and Drawbacks? *PIRS Capital*. [crossref](#)
11. Unknown. (2020, Ιανουάριος 9). *38 Ways Drones Will Impact Society: From Fighting War To Forecasting Weather, UAVs Change Everything*. [crossref](#)
12. AirBus. CityAirbus Demonstrator Our Four-Seat EVTOL Demonstrator.[crossreff](#).
13. Volocity. VOLOCITY The Air Taxi That’s a Cut above. [crossref](#)
14. EHANG Passenger Transportation. ehang.com. [crossref](#) .
15. DAVINCI COMPANY. (χ.χ.). *DAVINCI ZERO G UAV*. [crossref](#)
16. TRANSPORT UP. (χ.χ.). DaVinci ZeroG. *TRANSPORTUP.COM*. [crossref](#)

17. HOVERSURF COMPANY. (χ.χ.). *HOVERSURF UAV*. [crossref](#)
18. TRANSPORT UP. (χ.χ.). *LILIUM JET. TRANSPORTUP.COM*. [crossref](#)
19. TRANSPORT UP. (χ.χ.). Bell Nexus. *TRANSPORTUP.COM*. [crossref](#)
20. Brunelli, M., Ditta, C. C., & Postorino, M. N. (2022). A Framework to Develop Urban Aerial Networks by Using a Digital Twin Approach. *Drones*, 6(12), 387. MDPI AG. [crossref](#)
21. HELILAND DRONE ACADEMY, Θεωρία Συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών (ΣμηΕΑ), Α΄ έκδοση 2017 HELILAND DRONE ACADEMY
- 22 Lawspot.gr. (2018, Ιούλιος 29). Το νομικό πλαίσιο για τις πτήσεις drones στην Ελλάδα. *Lawspot.gr*. [crossref](#)
23. Miguens, A. (2022, Απρίλιος 27). United Kingdom: Urban-Air Port opens first airport for eVTOL aircraft. *aviaciononline.com*. [crossref](#)
24. Butterworth-Hayes, P. (2021, Ιανουάριος 20). *UK UAM consortium to explore eVTOL services between London airports*. [crossref](#)
25. ALCOCK, C. (2021, Οκτώβριος 25). LONDON HEATHROW AIRPORT MAKES PLANS FOR EVTOL AIRCRAFT OPERATIONS. *Futureflight.com*. [crossref](#)
26. Inmarsat & Cranfield University. (2021). Commercial UAVs have potential to halve CO2 emissions for freight deliveries, finds new report by Inmarsat and Cranfield University. [crossref](#)
27. DHL Express, Matthias Heutger, & Dr. Markus Kückelhaus. (2014, Οκτώβριος 10). Unmanned Aerial Vehicles in Logistics: A DHL Perspective on Implications and Use Cases for the Logistics Industry—Discover.dhl.com—DHL Express. [crossref](#)
28. McNabb Miriam. (2022, Οκτώβριος 26). Passenger eVTOL in NYC: LIFT Partners with Charm Aviation for Personal Flight Services. *dronelife.com*. [crossref](#)
29. Hilburg Jonathan. (2020, Νοέμβριος 12). This flying car startup will bring a “vertiport” to Orlando. *The Architect’s Newspaper*. [crossref](#)
30. FAA, Urban Air Mobility (UAM), Concept of operations, V2.0, US Department of Transportation. Office of NextGen, 2023, [crossref](#)

31. Cho, J., & Yoon, Y. (2018a). How to assess the capacity of urban airspace: A topological approach using keep-in and keep-out geofence. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 92, 137–149. [crossref](#)
32. R. Beard, T. McLain, Multiple UAV cooperative search under collision avoidance and limited range communication constraints, *IEEE Conf. Decis. Control* (2003), [crossref](#)
33. X. Wang, V. Yadav and S. N. Balakrishnan, "Cooperative UAV Formation Flying With Obstacle/Collision Avoidance," in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 15, no. 4, pp. 672-679, July 2007, doi:10.1109/TCST.2007.899191. [crossref](#)
34. Goerzen, C., Kong, Z. & Mettler, B. A Survey of Motion Planning Algorithms from the Perspective of Autonomous UAV Guidance. *J Intell Robot Syst* **57**, 65–100 (2010). [crossref](#)
35. FAA, FAA UTM Concept of operations- v1.0, 2018, [crossref](#)
36. NASA, UTM: Air Traffic Management for Low-Altitude Drones, 2018. [crossref](#)
37. Prevot, Thomas & Rios, Joseph & Kopardekar, Parimal & Robinson III, John & Johnson, Marcus & Jung, Jaewoo. (2016). UAS Traffic Management (UTM) Concept of Operations to Safely Enable Low Altitude Flight Operations. 10.2514/6.2016-3292. [crossref](#)
38. S. Nag, J. Jung, K. Inamdar, Communicating with unmanned aerial swarm automatic dependent surveillance transponders, *Proc. IEEE Sensors* (2017), [crossref](#) .
39. FAA, Unmanned Aircraft System (UAS) Traffic Management (UTM) Concepts of Operations V2, vol. 0, 2020. [crossref](#)
40. Amazon, Revising the Airspace Model for the Safe Integration of Small Unmanned Aircraft Systems, 2015. [crossref](#)
41. B. Lascara, A. Lacher, M. DeGarmo, D. Maroney, R. Niles, L. Vempati, Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts, 2019. [crossref](#)
42. Dagi Geister, Concept for Urban Airspace Integration DLR, U-Space Blueprint, 2017. [crossref](#)
43. Reed, J. (2022, Ιούνιος 23). *Skyports and SITA Partner to Explore Biometric and Vertiport Technology*. Avionics International. [crossref](#)
44. J. Holden, N. Goel, Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation, *Medium*, 2016, [crossref](#) .

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

45. N. Gavrilovic, E. Benard, P. Pastor, J.-M. Moschetta, Performance improvement of small unmanned aerial vehicles through gust energy harvesting, *J. Aircraft* 55 (2017) 1–14, [crossref](#) .
46. NOAA, Aviation Weather Forecasting: A History of Enhancing Air Flight Safety, 2019. [crossref](#) .
47. Z. Bottyan, Z. Tuba, A.Z. Gyongyosi, Weather forecasting system for the unmanned aircraft systems (UAS) missions with the special regard to visibility prediction, Hungary (2016), [crossref](#) .
48. Z. Bottyan, A.Z. Gyongyosi, F. Wantuch, Z. Tuba, R. Kurunczi, P. Kardos, Z. Istenes, T. Weidinger, K. Hadobacs, Z. Szabo, M. Balczó, A. Varga, A.B. Kircsi, G. Horvath, Measuring and Modeling of Hazardous Weather Phenomena to Aviation Using the Hungarian Unmanned Meteorological Aircraft System (HUMAS), *Idojaras.*, 2015, [crossref](#) .
49. J.H. Kim, W.N. Chan, B. Sridhar, R.D. Sharman, Combined winds and turbulence prediction system for automated air-traffic management applications, *J. Appl. Meteorol. Climatol.* (2015), [crossref](#) .
50. P.D. Vascik, R.J. Hansman, Scaling constraints for urban air mobility operations: air traffic control, ground infrastructure, and noise, in: 2018 Aviation Technology Integration, and Operations Conference, 2018, [crossref](#) .
51. K.R. Antcliff, M.D. Moore, K.H. Goodrich, Silicon valley as an early adopter for on-demand civil VTOL operations, in: 16th AIAA Aviation Technology Integration, and Operations Conference, 2016, [crossref](#) .
52. E. Ohrstrom, A. Skånberg, H. Svensson, A. Gidlof-Gunnarsson, " Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness, *J. Sound Vib.* (2006) [crossref](#) .
53. A. Newman, P. Enright, T. Manolio, E. Haponik, P. Wahl, Sleep disturbance, psychosocial correlates, and cardiovascular disease in older Adults : the cardiovascular health study, *J. Am. Geriatr. Soc.* (1997), [crossref](#) .
54. Stansfeld, S. A., & Matheson, M. P. (2003). Noise pollution: Non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68(1), 243–257. [crossref](#) .
55. Muzet, A. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*, 11(2), 135–142. [crossref](#) .

56. European Aviation Environmental Report 2022: Sustainability crucial for long-term viability of the sector — European Environment Agency. (χ.χ.). [News]. Ανακτήθηκε 10 Οκτώβριος 2023, από [crossref](#)
57. Zaporozhets, O., Tokarev, V., & Attenborough, K. (2011). Aircraft Noise: Assessment, Prediction and Control (1st ed.). CRC Press. [crossref](#)
58. A. Brown, W. Harris, A vehicle design and optimization model for on-demand aviation, in: AIAA/ASCE/AHS/ASC Struct. Struct. Dyn. Mater. Conf., 2018, [crossref](#) .
59. P.D. Vascik, H. Balakrishnan, R.J. Hansman, Assessment of air traffic control for urban air mobility and unmanned systems, in: 8th International Conference for Research in Air Transportation, 2018, [crossref](#) .
60. Bauranov, Aleksandar & Rakas, Jasenka. (2019). Urban air mobility and manned eVTOLs: safety implications. 1-8. 10.1109/DASC43569.2019.9081685, [crossref](#) .
61. C. Bosson, T. Lauderdale, Simulation evaluations of an autonomous urban air mobility network management and separation service, in: 2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 2018, [crossref](#).
62. J. Tadema, E. Theunissen, K.M. Kirk, Self separation support for UAS, in: AIAA Infotech Aerosp. 2010, 2010, [crossref](#) .
63. D. Geister and B. Korn, "Density based Management Concept for Urban Air Traffic," 2018 IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC), London, UK, 2018, pp. 1-9, doi: 10.1109/DASC.2018.8569491, [crossref](#).
64. Y. Lin and S. Saripalli, "Sampling-Based Path Planning for UAV Collision Avoidance," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 18, no. 11, pp. 3179-3192, Nov. 2017, [crossref](#) .
65. S. Hrabar, "3D path planning and stereo-based obstacle avoidance for rotorcraft UAVs," 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Nice, France, 2008, pp. 807-814 , [crossref](#).
66. S. Hrabar, "3D path planning and stereo-based obstacle avoidance for rotorcraft UAVs," 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Nice, France, 2008, pp. 807-814, [crossref](#) .

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

67. D. Bratanov, L. Mejias and J. J. Ford, "A vision-based sense-and-avoid system tested on a ScanEagle UAV," 2017 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Miami, FL, USA, 2017, pp. 1134-1142, [crossref](#).

68. S. Ramasamy, R. Sabatini and A. Gardi, "Avionics sensor fusion for small size unmanned aircraft Sense-and-Avoid," 2014 IEEE Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace), Benevento, Italy, 2014, pp. 271-276, [crossref](#) .

69. X. Yu, Y. Zhang, Sense and avoid technologies with applications to unmanned aircraft systems: review and prospects, *Prog. Aero. Sci.* (2015), [crossref](#).

70. L.A. Tony, D. Ghose, A. Chakravarthy, Avoidance maps: a new concept in UAV collision avoidance, in: 2017 Int. Conf. Unmanned Aircr. Syst. ICUAS 2017, 2017, [crossref](#) .

71. Zhu, L., Cheng, X., & Yuan, F.-G. (2016). A 3D collision avoidance strategy for UAV with physical constraints. *Measurement*, 77, 40–49. [crossref](#)

72. E. T. Dill, S. D. Young and K. J. Hayhurst, "SAFEGUARD: An assured safety net technology for UAS," 2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference (DASC), Sacramento, CA, USA, 2016, pp. 1-10, doi: 10.1109/DASC.2016.7778009. [crossref](#) .

73. F. De Crescenzo, G. Miranda, F. Persiani, T. Bombardi, 3D obstacle avoidance strategies for uas (uninhabited aerial systems) mission planning and re-planning, in: 8th AIAA Aviat. Technol. Integr. Oper. Conf., 2008, <https://doi.org/10.2514/6.2008-8962> [crossref](#).

74. N. Peinecke, A. Volkert and B. R. Korn, "Minimum risk Low Altitude Airspace integration for larger cargo UAS," 2017 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), Herndon, VA, USA, 2017, pp. 6E2-1-6E2-11, doi: 10.1109/ICNSURV.2017.8011946 [crossref](#).

75. T. Prevot, J. Rios, P. Kopardekar, J.E. Robinson III, M. Johnson, J. Jung, UAS traffic management (UTM) concept of operations to safely enable low altitude flight operations, in: 16th AIAA Aviat. Technol. Integr. Oper. Conf, 2016, pp. 1–16, [crossref](#) .

76. E. Mueller, P. Kopardekar, K. Goodrich, Enabling airspace integration for highdensity on-demand mobility operations, in: 17th AIAA Aviat. Technol. Integr. Oper. Conf. 2017, 2017, [crossref](#)

77. E. C. Pinto Neto, D. M. Baum, J. R. de Almeida, J. B. Camargo and P. S. Cugasca, "A Trajectory Evaluation Platform for Urban Air Mobility (UAM)," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, no. 7, pp. 9136-9145, July 2022, [crossref](#).

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

78. R.A. Martin, A. Hall, C. Brinton, K. Franke, J.D. Hedengren, Privacy aware mission planning and video masking for UAV systems. AIAA Infotech @ Aerosp, 2016, [crossref](#) .
79. K. Hartmann, K. Giles, UAV exploitation: a new domain for cyber power, in: Int. Conf. Cyber Conflict, CYCON, 2016, [crossref](#) .
80. Solove, Daniel. (2007). 'I've Got Nothing to Hide' and Other Misunderstandings of Privacy. 44. [crossref](#) .
81. R.L. Finn, D. Wright, M. Friedewald, Seven types of privacy, in: Eur. Data Prot. Coming Age, 2013, [crossref](#) .
82. EASA. Study on the Societal Acceptance of Urban Air Mobility in Europe. 2021. [crossref](#) .
83. Fadhil, Dimas Numan & Rothfeld, Raoul & Luftfahrt, Bauhaus & Moeckel, Rolf. (2018). A GIS-based Analysis for Selecting Ground Infrastructure Locations for Urban Air Mobility, [crossref](#).
- 84.EASA. Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category. 2022. [crossref](#) .
85. Feldhoff, E.; Soares Roque, G. Determining infrastructure requirements for an air taxi service at Cologne Bonn Airport. CEAS Aeronaut. J. 2021, 12, [crossref](#)
86. Kim, N.; Yoon, Y. Regionalization for urban air mobility application with analyses of 3D urban space and geodemography in San Francisco and New York. Procedia Comput. Sci. 2021, 184, 388–395 [crossref](#)
87. Otte, T.; Metzner, N.; Lipp, J.; Schwienhorst, M.S.; Solvay, A.F.; Meisen, T. User-centered Integration of Automated Air Mobility into Urban Transportation Networks. In Proceedings of the 2018 IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC), London, UK, 23–27 September 2018,[crossref](#)
- 88.Antcliff, Kevin & Moore, Mark & Goodrich, Kenneth. (2016). Silicon Valley as an Early Adopter for On-Demand Civil VTOL Operations. 10.2514/6.2016-3466. [crossref](#) .
- 89.Preis, Lukas. (2021). Quick Sizing, Throughput Estimating and Layout Planning for VTOL Aerodromes – A Methodology for Vertiport Design. 10.2514/6.2021-2372B. [crossref](#)
- 90.Delgado Gonzalez, C.J. Rooftop-Place Suitability Analysis for Urban Air Mobility Hubs: A GIS and Neural Network Approach. Master's Thesis, Universida de Nova de Lisboa, Lisbon, Portugal, 2020. [crossref](#) .

Τίτλος: Σχεδιασμός Αεροδρομίων Μη-Επανδρωμένων Αεροσκαφών εντός Αστικού Ιστού

91. Rothfeld, R., Fu, M., Balać, M., & Antoniou, C. (2021). Potential Urban Air Mobility Travel Time Savings: An Exploratory Analysis of Munich, Paris, and San Francisco. *Sustainability*, 13(4), 2217. MDPI AG. Retrieved from [crossref](#)
92. Shin, H.; Lee, T.; Lee, H. Computers and Operations Research Skyport location problem for urban air mobility system. *Comput. Oper. Res.* 2022, 138, 105611
93. Shin, H., Lee, T., & Lee, H.-R. (2022). Skyport location problem for urban air mobility system. *Computers & Operations Research*, 138, 105611. [crossref](#)
94. Rimjha, M.; Hotle, S.; Trani, A.; Hinze, N. Commuter demand estimation and feasibility assessment for Urban Air Mobility in Northern California. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 2021, 148, 506–524. [crossref](#).
95. Daskilewicz, M.; German, B.; Warren, M.; Garrow, L.A.; Boddupalli, S.-S.; Douthat, T.H. Progress in vertiport placement and estimating aircraft range requirements for eVTOL daily commuting. In *Proceedings of the 2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, Atlanta, GA, USA, 25–29 June 2018. [crossref](#).
96. Desai, K.; Al Haddad, C.; Antoniou, C. Roadmap to early implementation of passenger air mobility: Findings from a delphi study. *Sustainability* 2021, 13, 612. [crossref](#).
97. Αποτελέσματα Απογραφής Πληθυσμού—Κατοικιών 2021. (2023). [dataset]. [crossref](#)
98. ΣΙΣΚΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ. (2008). *ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ, ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ* (1η έκδοση). ΕΚΔΩΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ. [crossref](#)

{Οι αναφορές θα πρέπει να ακολουθούν ένα από τα παρακάτω 4 πρότυπα :

APA Sixth Edition

Chicago 16th Edition

IEEE 2006

Harvard Anglia 2008 }

