

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
SUMMARY.....	5
1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ.....	6
Γενικά.....	6
1.1 Ιστορία των Αναλογικών Μηχανών Αεροφωτογράφισης.....	6
1.2 Σύγχρονες Αναλογικές Μηχανές Αεροφωτογράφισης.....	10
1.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά και Κατηγοριοποίηση Σύγχρονων Αναλογικών Μηχανών Αεροφωτογράφισης.....	10
1.2.2 Ανάλυση Τρόπου Λειτουργίας και Βασικών Οπτομηχανικών Μερών 11	
1.3 Σύγχρονα Μοντέλα Μηχανών Αεροφωτογράφισης.....	13
1.3.1 Leica Geosystems RC 30.....	13
1.3.2 Z/I Imaging RMK TOP.....	15
1.4 Προϊόντα Αναλογικών Μηχανών.....	18
2 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ.....	20
Γενικά.....	20
2.1 Κατηγοριοποίηση και Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ψηφιακών Μηχανών Αεροφωτογράφισης.....	20
2.2 Microsoft / Vexcel.....	22
2.2.1 Ultracam Χρ Τεχνική Περιγραφή.....	22
2.2.2 Ultracam Χρ Ραδιομετρία και Γεωμετρία.....	26
2.3 Z/I Integraph.....	27
2.3.1 Digital Mapping Camera Τεχνική Περιγραφή.....	27
2.3.2 DMC Γεωμετρική Ακρίβεια.....	30
2.4 Leica Geosystems.....	31
2.4.1 ADS80 Τεχνική Περιγραφή.....	31
2.4.2 ADS80 Γεωμετρική Ακρίβεια.....	34
2.5 Jena Optronik.....	36
2.5.1 Jas-150 Τεχνική Περιγραφή.....	36
2.6 Jena Optronik.....	39
2.6.1 3-DAS-1 Τεχνική Περιγραφή.....	39
2.6.2 3-DAS-1 Γεωμετρική Ακρίβεια.....	40
3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ.....	41
Γενικά.....	41
3.1 Σύγκριση ψηφιακών γραμμικών σαρωτών και μηχανών πολλαπλών επιφανειακών αισθητήρων.....	41
3.2 Ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης πολλαπλών αισθητήρων. Μεταξύ τους σύγκριση.....	44
3.3 Σύγκριση Ψηφιακών Μηχανών Αεροφωτογράφισης και Δορυφορικών Δεκτών.....	49
4 ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΙ ΕΝΑΝΤΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ.....	51
Γενικά.....	51
4.1 Ανάλυση Διαγράμματος Ροής Εργασιών Αναλογικών Δεκτών Αεροφωτογράφισης.....	51
4.2 Ανάλυση Διαγράμματος Ροής Εργασιών Ψηφιακών Δεκτών Αεροφωτογράφισης.....	55

4.3	Ροή Εργασιών Αναλογικής έναντι Ροής Εργασιών Ψηφιακών	57
4.4	Η Συμμετοχή της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού στη ροή εργασιών Αεροφωτογράφισης	59
4.5	Σύγκριση τελικών προϊόντων Αναλογικών και Ψηφιακών Δεκτών Αεροφωτογράφισης	62
5	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	63
	Γενικά.....	63
5.1	Οικονομικά Μεγέθη Αεροφωτογράφισης	64
5.2	Ανάλυση Ρίσκου και Προοπτικές Απόσβεσης	66
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
	Ευρετήριο Πινάκων –Εικόνων – Γραφημάτων- Σχημάτων.....	71
	Βιβλιογραφία	73

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πατήρ πάντων πόλεμος. Η ρήση του Ηράκλειτου απασχολεί γενιές και γενιές ανθρώπων οι οποίες καταβάλουν κάθε δυνατή προσπάθεια να την υλοποιούν κατά το δοκούν και κατά τα μέσα της κάθε εποχής κρατώντας τη πάντα επίκαιρη. Οι σύγχρονοι πόλεμοι, όπως και οι πόλεμοι άλλων εποχών, βασίζονται κατά μείζονα λόγο στο οικονομικό όφελος, την κερδοφορία και σε μελέτες ευημερίας των νικητών έναντι των ηττημένων.

Η επιτυχής έκβαση ενός πολέμου βασίζεται στη συλλογή αξιολόγηση και διαχείριση πληροφοριών. Μιας όμως και κάθε τι που συμβαίνει παρουσιάζει μια χωρική συσχέτιση δηλαδή μια αναφορά σε συγκεκριμένη θέση, η πληροφορία αποκτά χωρικό χαρακτήρα και τοπολογικές σχέσεις με τις υπόλοιπες. Η ερμηνεία, η αξιολόγηση και το ειδικό της βάρος εξαρτώνται από τη χωρική της μελέτη με αποτέλεσμα να λαμβάνει συγκεκριμένη θέση στο σύστημα λείψεων αποφάσεων. Μιλώντας λοιπόν για πόλεμο στον κόσμο του σήμερα οδηγούμαστε στον χώρο της κατάκτησης ποιοτικής, τεκμηριωμένης και ακριβούς χωρικής πληροφορίας.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η οικονομική προέκταση μιας πτυχής του πληροφοριακού πολέμου, της εναέριας φωτογραφικής – φωτογραμμετρικής συλλογής χωρικών δεδομένων. Η ανάλυση υλοποιείται στα όρια της ελληνικής επικράτειας αλλά παράλληλα πραγματοποιείται μια έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο σε ότι αφορά την αγορά χωρικών δεδομένων και τις τάσεις και απαιτήσεις της. Σκοπός της εργασίας αποτελεί η διερεύνηση και τεκμηρίωση της μετάβασης από μια παραδοσιακή, εφαρμοσμένη και επιτυχημένη μέθοδο αναλογικής – βασισμένης σε film μεθόδου αεροφωτογράφισης σε μια νέα απλά ψηφιακή μέθοδο αεροφωτογράφισης. Αποτέλεσμα της εργασίας είναι η παράθεση προτάσεων προς κάθε φορέα ιδιωτικό ή δημόσιο με στρατηγικό στόχο την επικαιροποίηση στον τεχνολογικό τομέα και την υιοθέτηση καινοτόμων μεθόδων στον τομέα της εναέριας συλλογής χωρικών δεδομένων λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τα σύγχρονα μικροοικονομικά οικονομικά μεγέθη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η οικονομική συνιστώσα της χρήσης ψηφιακών έναντι αναλογικών μηχανών αεροφωτογράφισης αποτελείται από δύο βασικούς πυρήνες ανάλυσης. Ο πρώτος πυρήνας αναλύει τις τεχνολογικές δυνατότητες της εποχής σε ότι αφορά την αεροφωτογράφιση. Ο δεύτερος αναφέρεται στα μέσα οικονομικής απεικόνισης των δεδομένων του πρώτου πυρήνα με σκοπό την ανάλυση της επενδυτικής προοπτικής μετάβασης από μια αναλογική σε μια ψηφιακή μηχανή με βάση τα ελληνικά οικονομικά δεδομένα.

Ειδικότερα στο κεφάλαιο 1 παρατίθενται οι αναλογικές μηχανές αεροφωτογράφισης που σήμερα χρησιμοποιούνται, ενώ το κεφάλαιο 2 πραγματοποιείται μια αντίστοιχη ανάλυση για τις σύγχρονες ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης. Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στην αναλυτική σύγκριση των ανωτέρω κατηγοριών. Εν συνεχεία πραγματοποιείται ανάλυση του διαγράμματος ροής εργασιών για την παραγωγή τελικής ψηφιακής μονάδας προϊόντος με τη χρήση αναλογικών και ψηφιακών μέσων καθώς και σύγκριση των ανωτέρω ροών. Τέλος αναλύεται ο ρόλος και η συμμετοχή της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού στην όλη διαδικασία παραγωγής μέσω της παράθεσης της γραμμής παραγωγής της και του νομοθετικού πλαισίου στοχοποίησης και διαβάθμισης εικόνων ή ορθοφωτοχαρτών.

Ο δεύτερος πυρήνας της εργασίας επικεντρώνεται στα μέσα οικονομικής απεικόνισης των ανωτέρω ροών εργασιών και επιχειρεί να πραγματοποιήσει μια ανάλυση βιωσιμότητας της επένδυσης για τη μετάβαση από μια αναλογική σε μια ψηφιακή μηχανή αεροφωτογράφισης. Ειδικότερα αναλύονται τα βασικά κόστη με τη χρήση της μιας ή της άλλης μηχανής και μέσω της ανάλυσης ρίσκου γίνεται μια προσπάθεια καθορισμού της αναγκαιότητας ή μη μετάβασης από τον αναλογικό στον ψηφιακό κόσμο της αεροφωτογράφισης.

SUMMARY

During the last 6 years digital aerial sensors try to play a significant role at the global imagery market. This way the question of using digital instead of film cameras needs to be answered soon. This diploma thesis makes an effort to determine the pros and cons of both digital and film cameras. Also there has been done an effort of estimating total project costs by using digital or film camera.

The first part – chapters 1 to 4 – is a technical guidance through the numerous new large format digital sensors that have been introduced to the market the last few years. As the workflow diagrams of the film and digital cameras differ a lot, an analysis is illustrated so as the pros and cons of each and every to come up. Specific mention has been made at the Hellenic Military Geographical Service and its role at the airphoto process.

The second part – chapters 5 – is the financial part of the study. Besides from risk analysis, a projection of specific cost numbers has been made so as to determine the return of investment time of buying a new digital camera while having a film one. Finally, the conclusions of this study are illustrated at chapter 6.

1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Γενικά

Αν και ο 21^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από την επανάσταση της ψηφιακής τεχνολογίας, τα αναλογικά μέσα αποθήκευσης σημάτων εξακολουθούν να διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στη διεθνή αγορά προϊόντων σήματος. Ένας από τους βασικότερους λόγους για τους οποίους παρατηρείται το ανωτέρω φαινόμενο είναι η μαθηματική προσομοίωση των διαστάσεων κάθε σήματος. Βάση αυτής, αποδεικνύεται ότι μια συνεχής συνάρτηση θα απεικονίζει πάντοτε πιστότερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία την παράμετρο της πραγματικότητας για την οποία δημιουργήθηκε από μια παλμική. Καθώς λοιπόν η εικόνα αποτελεί και αυτή ένα σήμα μονοδιάστατο ή ν-διάστατο με $n \leq 3$ για τη σύνθεση απεικονίσεων, δεν θα μπορούσε παρά να είναι ένα σημαντικό προϊόν ανταγωνισμού μεταξύ ψηφιακής και συμβατικής – αναλογικής τεχνολογίας. Στον χώρο των απεικονίσεων και ειδικότερα των φωτογραμμετρικών απεικονίσεων επικρατεί ένας ιδιότυπος πόλεμος στον οποίο τα αναλογικά μέσα αεροφωτογράφισης κατέχουν ακόμη το πλεονέκτημα κυρίως λόγω της χρήσης τους από ένα ευρύ φάσμα της αγοράς, μιας πολύ καλά οργανωμένης και γνωστής γραμμής παραγωγής και μιας πολύ καλής γνώσης της ακρίβειας και της ποιότητας των προϊόντων που παράγονται.



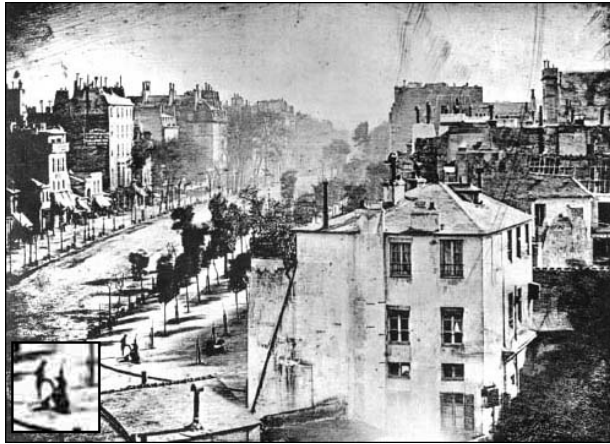
Εικόνα 1-1: Η πρώτη καταγεγραμμένη φωτογραφία 1827, Joseph Nicéph

κόσμο από ψηλά. Η πρώτη φωτογραφία που εμφανίστηκε για τον σκοπό αυτό (Εικόνα 1) δημιουργήθηκε από τον Joseph Nicéph το 1827, και απεικονίζει τη θέα από το παράθυρο του διαμερίσματος του. Για τη λήψη της φωτογραφίας απαιτήθηκε χρόνος έκθεσης οκτώ ωρών επι ενός υλικού που το ονόμασε «Heliographs».

1.1 Ιστορία των Αναλογικών Μηχανών Αεροφωτογράφισης

Μητέρα των αεροφωτογραφήσεων αποτελεί η ανάγκη του ανθρώπου να φωτοερμηνεύσει, να τηλεπισκοπήσει, να συλλέξει δηλαδή πληροφορίες και να εξάγει συμπεράσματα βλέποντας τον

Το 1839 ο Louis Jacques Mande Daguerre, συνεργάτης του Joseph Nicéph, ανακαλύπτει μια νέα μέθοδο απεικόνισης που την ονομάζει «daguerrotype». Η



Εικόνα 1-2: Φαινομενικά άδειος δρόμος του Παρισιού

απεικονίστηκε. Η φωτογραφία έχει ληφθεί από την οροφή ενός ψηλού κτιρίου και μπορεί να θεωρηθεί ως η πρώτη αεροφωτογραφία.

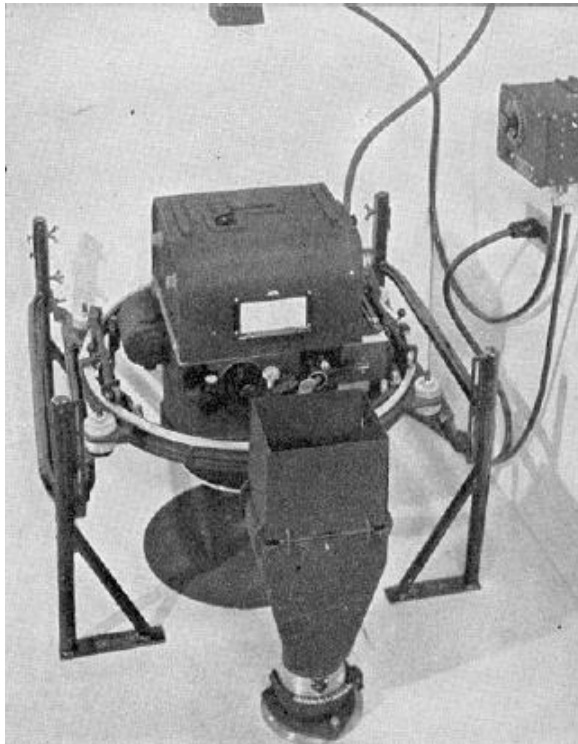
μέθοδος αυτή εξακολουθούσε να έχει το μειονέκτημα του εκτεταμένου χρόνου έκθεσης όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 2. Εξαιτίας του εκτεταμένου χρόνου έκθεσης κανένα κινούμενο αντικείμενο δεν κατέστη δυνατό να απεικονιστεί. Εξαιρέση αποτελεί ο άνθρωπος της μεγέθυνσης ο οποίος σταμάτησε για να καθαρίσει τα παπούτσια του και κατά συνέπεια

Το 1851 ο Άγγλος Scott Archer δημιουργεί τις πρώτες φωτοευαίσθητες επιφάνειες. Πρόκειται για γυάλινες επιφάνειες οι οποίες περιέχουν στοιχεία από ασήμι, υλικό που μείωσε το χρόνο έκθεσης κατά δέκα φορές σε σχέση με προηγούμενες μεθόδους γνωστές και ως ξηρές επιφάνειες.

Επόμενη πρόκληση για τον χώρο των αεροφωτογραφιών αποτελούσε η κατασκευή μιας πλατφόρμας λήψης. Τα πτητικά μέσα της εποχής ήταν κυρίως τα αερόστατα και οι χαρταετοί. Τόσο τα μεν όσο και τα δε εμφάνιζαν μειονεκτήματα ως μέσα αεροφωτογράφισης κυρίως λόγω της μη σταθερότητάς τους η οποία σε συνδυασμό με τον μεγάλο χρόνο έκθεσης δεν οδήγησαν σε καθαρές λήψεις.

Η επανάσταση έρχεται το 1879 όταν ο Easman κατασκευάζει την πρώτη υγρή φωτοευαίσθητη επιφάνεια για λογαριασμό της εταιρείας του KODAK καθώς και μια μηχανή για την εμφάνιση των φωτογραφιών. Από μηχανικής απόψεως όμως όλες οι αερομηχανές φωτογράφισης της εποχής υστερούσαν λόγω της χαμηλής ταχύτητας του κλείστρου τους.

Μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο και την ανάπτυξη της αεροναυπηγικής τα αεροπλάνα αποτελούσαν τα βασικά μέσα μεταφοράς μηχανών αεροφωτογράφισης. Η υψηλή τους όμως ταχύτητα σε συνδυασμό με τη χαμηλή ταχύτητα του κλείστρου των φωτογραφικών μηχανών οδηγούσε σε εκτεταμένες διαστροφές. Έτσι το 1920 ο Sherman M. Fairchild, μετέπειτα συνιδρυτής της IBM, κατασκευάζει την πρώτη



Εικόνα 1-3: Η πρώτη αυτόματη αεροφωτομηχανή

αεροφωτογράφισης κυρίως για στρατηγικούς αναγνωριστικούς σκοπούς. Μερικά από τα μοντέλα αεροφωτομηχανών που χρησιμοποιούνταν τότε και καθ' όλη τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα ήταν τα K-17, K-18, K-19B, και K-22.

Η K-17 χρησιμοποιούνταν για αναγνωριστικούς και χαρτογραφικούς σκοπούς. Ήταν μια μηχανή 9" x 9" (23x23 cm) αρνητικού format η οποία αποτελούνταν από τρία βασικά μέρη: το κυρίως σώμα της μηχανής το οποίο έφερε το σύνολο των χειριστηρίων και των μηχανικών μερών, μια αποσπώμενη κάψουλα τοποθέτησης film 9 1/2" και τον κώνο των οπτικών μερών στο οποίο εφάρμοζαν φακοί σε εστιακές αποστάσεις των 6", 12" ή 24".

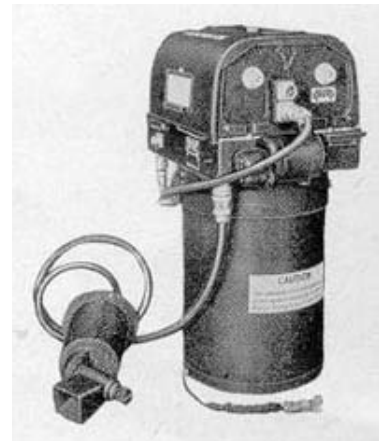
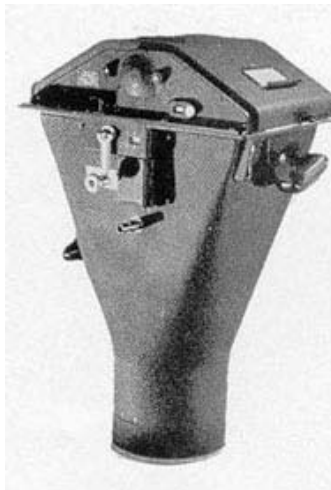
αεροφωτομηχανή ενσωματώνοντας το κλείστρο πίσω από το σύστημα φακών (Εικόνα 3). Οι καινοτομίες της μηχανής αυτής αποτελούν τις βάσεις για την εξέλιξη των αεροφωτομηχανών. Στο πάνω μέρος της διαθέτει ειδική καλύπτρα υποδοχής του film. Το κλείστρο της είναι ενσωματωμένο με ηλεκτρικά ρυθμιζόμενη ταχύτητα. Όλη η μηχανή είναι τοποθετημένη πάνω σε γυροσκοπική βάση ώστε να λαμβάνονται κατά το δυνατόν κατακόρυφες λήψεις.

Κατά τη διάρκεια του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου πραγματοποιήθηκε ραγδαία εξέλιξη στον τομέα της

Η K-18 διέφερε σημαντικά από την K-17 καθώς τα οπτομηχανικά μέρη ήταν κατασκευασμένα σε ένα ενιαίο κομμάτι της φωτομηχανής η οποία διέθετε σύστημα φακών εστιακής απόστασης 24" ενώ το format της ήταν 9" x 18".

Η K-19B χρησιμοποιήθηκε τον Ιούλιο του 1945 για νυχτερινές λήψεις. Έφερε φακό 12" ενώ το format της ήταν 9" x 9". Το διάφραγμα λειτουργούσε με τη χρήση ενός ενσωματωμένου φωτοκυττάρου.

Το σύνολο των ανωτέρω φωτομηχανών χρησιμοποιούσαν ενσωματωμένα κλείστρα πίσω από το σύστημα φακών. Η λειτουργία της μηχανής μπορούσε να γίνει είτε αυτοματοποιημένα με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος 24 VDC και τη χρήση ρυθμιζόμενου χρονοσυστήματος είτε χειροκίνητα ενώ όλες διέθεταν σύστημα παρακολούθησης λήψης από χειριστή. Επιπρόσθετα διέθεταν ειδικό σύστημα πεπιεσμένου αέρα για την επιπέδωση του film πριν τη λήψη. Στις ανωτέρω μηχανές χρησιμοποιούνταν film της Eastman Aerial μετέπειτα Kodak. Στα δύο πρώτα μοντέλα K-17 και K-18 χρησιμοποιούνταν film τύπου L δηλαδή υψηλής ταχύτητας πανχρωματικό ενώ στην K-19B χρησιμοποιούνταν υπερυψηλής ταχύτητας film νυχτερινών λήψεων. Τα ρολά των film διατίθεντο σε μήκη των 200 ft και 75 ft δηλαδή 60.96 μ και 22.86 μ.



Εικόνα 1-4: Μηχανή K-17

Εικόνα 1-5: Μηχανή K-18

Εικόνα 1-6: Μηχανή K-19B

Στη σύγχρονη εποχή οι βασικές αρχές λειτουργίας των αναλογικών φωτομηχανών αναερίων λήψεων δεν έχουν αλλάξει. Εκείνο που έχει αλλάξει δραματικά είναι η βελτιστοποίηση και βαθμονόμηση όλων εκείνων των οπτομηχανικών διατάξεων που

οδηγούν σε λήψης υπερυψηλής ανάλυσης και αντίστοιχης γεωμετρικής ακρίβειας.

1.2 Σύγχρονες Αναλογικές Μηχανές Αεροφωτογράφισης

1.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά και Κατηγοριοποίηση Σύγχρονων Αναλογικών Μηχανών Αεροφωτογράφισης.

Οι σύγχρονες αναλογικές μηχανές αεροφωτογράφισης πληρούν συγκεκριμένα οπτομηχανικά κριτήρια με στόχο τη βελτιστοποίηση και παραγωγή του τελικού προϊόντος συγκεκριμένων προδιαγραφών και απαιτήσεων. Γενικότερα χαρακτηρίζονται από:

1. Ακριβή, σταθερή και γνωστή εσωτερική γεωμετρία
2. Συστήματα λήψεως ευκρινών φωτογραφιών
3. Υψηλή Ανάλυση παραγόμενης εικόνας

Η λήψη κάθε φωτογραφίας αποτελεί ένα μοντέλο πολύ καλά γνωστής κεντρικής προβολής με το σύστημα φακών αυστηρά κεντραρισμένο ως προς τη φωτοευαίσθητη επιφάνεια. Η φωτοευαίσθητη επιφάνεια τμηματοποιείται σε frames διαστάσεων συνήθως 23 x 23 cm ενώ το συνολικό μήκος του film φτάνει στα 150 με 200 μ. Οι μηχανές αυτές διαθέτουν γυροσκοπικά συστήματα οριζοντίωσης και κατακορύφωσης της μηχανής καθώς και μηχανισμούς επιπέδωσης (Flattening) και αντιστάθμισης κίνησης (Forward Motion Compensation) με σκοπό την ελάττωση των διαφόρων διαστροφών. Το σύστημα φακών τους είναι εστιασμένο μονίμως στο άπειρο με σταθερή εστιακή απόσταση. Εμπρός από το σύστημα φακών τοποθετούνται φίλτρα με στόχο την αύξηση της ευκρίνειας στο αρνητικό και τα μεταπροϊόντα. Το συνολικό μέσο βάρος των μηχανών αυτών κυμαίνεται από 70 έως 90 Kg ενώ οι μέσες διαστάσεις τους είναι 60x60x50 cm.

Οι σύγχρονες αναλογικές μηχανές αεροφωτογράφισης μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τη γεωμετρία λήψης των εικόνων σε:

1. Κλασσικές φωτογραμμετρικές μηχανές (Frame Cameras),
2. Πανοραμικές μηχανές (Panoramic Cameras)
3. Φωτομηχανές λωρίδας (Strip Cameras).

Από τις ανωτέρω κατηγορίες η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη είναι η κλασική

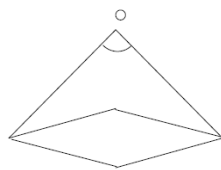
φωτογραμμετρική μηχανή. Σε αυτήν το σύστημα διαφραγμάτων, φακών και φίλτρων είναι τοποθετημένο συμμετρικά ως προς το πρωτεύον σημείο της κεντρικής προβολής διασφαλίζοντας ταυτόχρονη έκθεση του συνόλου της φωτοευαίσθητης επιφάνειας κατά το άνοιγμα του κλείστρου. Μιας και στόχος της συγκεκριμένης εργασίας αποτελεί η σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών μηχανών αεροφωτογράφισης και των αντιστοίχως χρησιμοποιούμενων αναλογικών, στη συνέχεια θα αναλυθούν περισσότερο οι αναλογικές κλασικές φωτογραμμετρικές μηχανές (Frame Cameras).

Οι μηχανές αυτές υποκατηγοριοποιούνται με βάση το γωνιακό άνοιγμα του φακού που χρησιμοποιείται (πίνακας 1)

	Οξυγώνιος	Κανονικός	Ευρυγώνιος	Υπερευρυγώνιο
Γωνιακό Άνοιγμα °	30	60	90	120
Εστιακή Απόσταση – Σταθερά C mm	600	300	150	90
Σταθερά/Διαγώνιο	2/1	1/1	1/1.6	1/0.95
Χρήση	Μεγάλες Κλίμακες	Ευρέως Χρησιμοποιούμενοι για Μέσες και Μικρές Κλίμακες		Πολύ Μικρές Κλίμακες

Πίνακας 1-1: Κατηγοριοποίηση Αναλογικών Μηχανών Βάσει Φακών και Χρήσεων*

Ως γωνιακό άνοιγμα ορίζεται η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του πρωτεύοντος σημείου και των άκρων της διαγώνιου του frame (Σχήμα 1).



Σχήμα 1-1

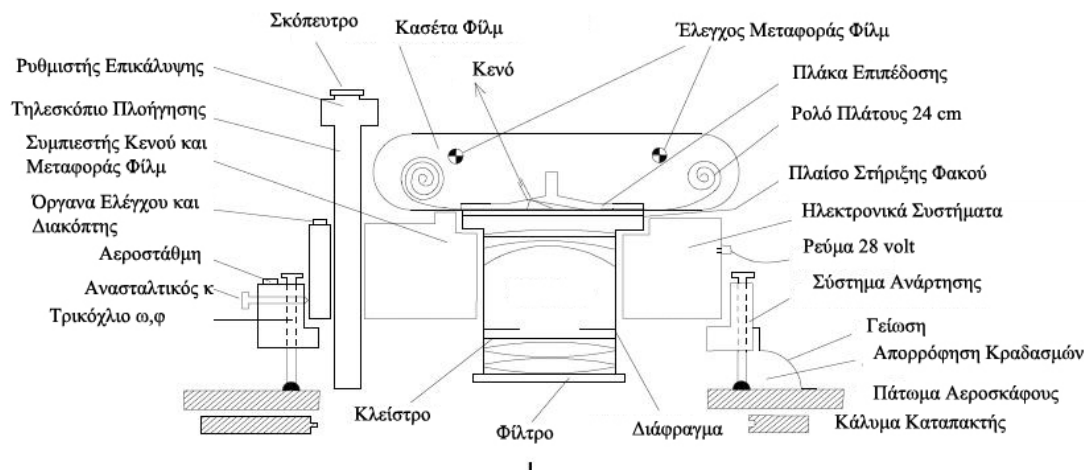
Από τον πίνακα 1 συμπεραίνεται ότι για φωτοερμηνευτικές χρήσεις, ορθοφωτοχάρτες και για φωτογράφιση αστικών περιοχών με έντονο ανάγλυφο χρησιμοποιούνται φακοί μεγαλύτερων εστιακών αποστάσεων. Αντιθέτως για μεγάλης έκτασης αεροφωτογραφήσεις, αναγνωριστικές πτήσεις και πτήσεις εξαγωγής ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου προτιμώνται μικρότερες

εστιακές αποστάσεις.

1.2.2 Ανάλυση Τρόπου Λειτουργίας και Βασικών Οπτομηχανικών Μερών

Τα βασικότερα μέρη μιας αναλογικής μηχανής αεροφωτογράφισης παρουσιάζονται στο σκαρίφημα της εικόνας 1-7.

* Στον πίνακα 1 θεωρείται σταθερό το frame διαστάσεων 23 x 23 cm



Εικόνα 1-7: Σκαρίφημα Οπτομηχανικών Μερών Αναλογικής Μηχανής Αεροφωτογράφισης

Η μηχανή τοποθετείται σε συγκεκριμένη θέση του αεροσκάφους όπου υπάρχει καταπακτή και ειδική βάση τοποθέτησης. Η σύγχρονες βάσεις τοποθέτησης διαθέτουν αδρανειακά συστήματα IMU τα οποία συγχρονίζονται με το άνοιγμα του κλείστρου και καταγράφοντας το διάνυσμα της ώθησης σε τρεις διαστάσεις μπορούν να δώσουν στοιχεία για τις γωνίες ω, ϕ, κ τη στιγμή της κάθε λήψης. Παράλληλα η βαθμονομημένη θέση της κάμερας σε σχέση με τον δέκτη GPS του αεροσκάφους ο οποίος επίσης συγχρονίζεται με το κλείστρο τη μηχανής δίνει τη δυνατότητα καταγραφής προσεγγιστικών ή ακριβών τιμών (post processing differential GPS) θέσης πρωτεύοντος σημείου κατά τη στιγμή της κάθε λήψης. Πριν την εφαρμογή των αυτοματοποιημένων GPS/IMU συστημάτων, ο χειρισμός της μηχανής πραγματοποιούντο χειροκίνητα μέσω χειριστηρίων. Στο σκαρίφημα της εικόνας 1-7 τα χειριστήρια διακρίνονται στο αριστερό τμήμα της μηχανής. Αυτά αποτελούνται από:

1. Τηλεσκόπιο Πλοήγησης
2. Όργανα Ελέγχου και διακόπτες
3. Αεροστάθμη
4. Ρυθμιστής γωνίας κ
5. Τρικόχλιο οριζοντίωσης (ρυθμιστής γωνιών ω, ϕ)

Το film της μηχανής τοποθετείται υπό μορφή ρολού στην κασέτα και συνδέεται αντιδιαμετρικά με μπάρα και μηχανισμό κίνησης και επαναδίπλωσης. Οι μηχανές διαθέτουν δύο ακόμη συστήματα για μείωση διαστροφών. Πρόκειται για σύστημα επιπέδωσης του film κατά της στιγμή της λήψης μέσω της δημιουργίας κενού αέρος

καθώς και το σύστημα αντιστάθμισης εμπρόσθιας κίνησης γνωστό και ως FMC (Forward Motion Compensation).

Ο κύκλος κάθε λήψης αποτελείται από τα παρακάτω βήματα:

1. Έκθεση
2. Ταυτόχρονη κίνηση του film για εξάλειψη της κίνησης της εικόνας
3. Ανασήκωμα της πλάκας πίεσης του film
4. Απελευθέρωση του film
5. Μεταφορά του film
6. Αύξηση του αριθμού λήψης
7. Αναρρόφηση και πίεση του film στο επίπεδο του αρνητικού

Ο κύκλος αυτός μπορεί να επαναλαμβάνεται αυτόματα ή χειροκίνητα μετά από εντολή του χειριστή. Ένας πλήρης κύκλος διαρκεί περίπου 1.6 s με 2 s.

1.3 Σύγχρονα Μοντέλα Μηχανών Αεροφωτογράφισης

Αν και η ιστορία των αναλογικών μηχανών είναι αρκετά μεγάλη με αποτέλεσμα σήμερα να χρησιμοποιείται μια μεγάλη ποικιλία από αυτούς, στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας επιλέχθηκε να αναλυθούν τα δυο επικρατέστερα στην αγροά μοντέλα αναλογικών μηχανών αεροφωτογράφισης που είναι η RMK TOP της Z/I Imaging καθώς και η RC 30 της Leica Geosystems.

1.3.1 Leica Geosystems RC 30

Η RC 30 αποτελεί σήμερα την απάντηση των αναλογικών μηχανών στα πολυπληθή

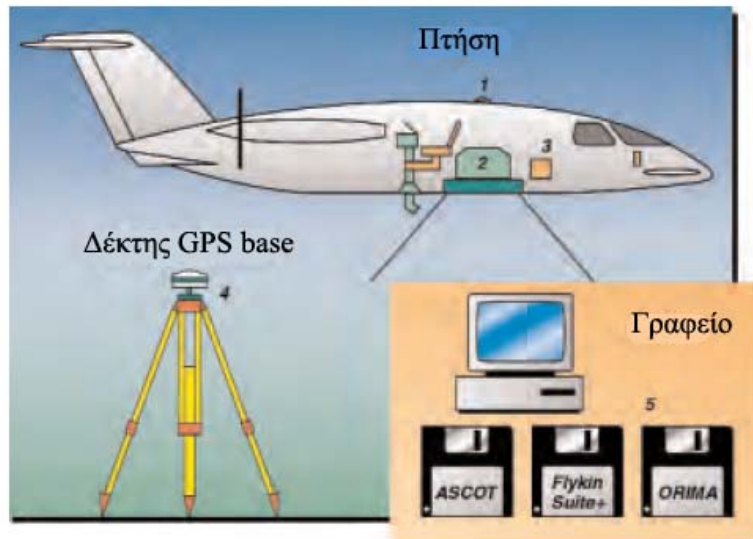


Εικόνα 1-8: Η RC30 με το χειριστήριο

μοντέλα ψηφιακών μηχανών αεροφωτογράφισης. Το γεγονός αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί αν και μόνον αν η μηχανή θεωρηθεί ως μέρος ενός συνόλου συστημάτων αεροφωτογράφισης και όχι μια αυτόνομη μηχανή. Όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 1-9, το σύστημα αποτελείται από τον δέκτη GPS του αεροσκάφους (1), τη μηχανή RC 30 η οποία είναι τοποθετημένη επάνω σε βάση PAV30 (2), το σύστημα ASCOT μέσω του οποίου

η γυροσκοπική βάση συγχρονίζεται με το σύστημα πλοήγησης του αεροσκάφους παρέχοντας αυτόματες διορθώσεις και τους δέκτες GPS(3) στο έδαφος παρέχοντας

αυτόματες διορθώσεις στη γωνία κ (drifting).



Παράλληλα προσφέρεται η δυνατότητα μέσω του λογισμικού PosOr, του συγχρονισμού της βάσης PAV30 με το αδρανειακό σύστημα μέτρησης (IMU) και (GNSS) σύστημα δορυφορικού εντοπισμού

Εικόνα 1-9: Το σύστημα Αεροφωτογράφισης RC 30

παρέχοντας σχεδόν κατακόρυφες λήψεις σε πραγματικό χρόνο.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της RC30 παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΙΜΕΣ
Μοντέλο	LEICA RC 30
Format (cm)	23X23
Σύστημα Φακών (mm)	Ευρυγώνιος 15/4 UAG-S και Κανονικός 30/4 NAT-S με φίλτρο στα 420 nm (haze) και φίλτρο στα 525 nm (Κίτρινο)
Εστιακή Απόσταση (mm)	150 και 300
Γωνιακό Άνοιγμα (mm)	90° και 55°
Διάφραγμα (mm)	f/4 – f/22
Ταχύτητα Κλείστρου (s)	1/100 s – 1/1000 s, συνεχές
Μήκος Film (m)	150
Ελάχιστος Κύκλος Φωτογράφισης (s)	2
Συνολικό Βάρος (Kg)	140

Πίνακας 1-2

Από την ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών αλλά και κυρίως τη δυνατότητα

συνεργασίας με λοιπά υποβοηθητικά συστήματα , συμπεραίνεται ότι η RC 30 αποτελεί μια χρηστική, οικονομική μηχανή με υψηλό βαθμό Επιστροφής Της Επένδυσης.

Για την τόνωση της ανταγωνιστικότητας του συγκεκριμένου προϊόντος η Leica Geosystems το 2005 προώθησε μια ολοκληρωμένη λύση προσφέροντας την RC 30 μαζί με φωτογραμμετρικό σαρωτή DSW700 σε ιδιαίτερα ανταγωνιστική τιμή. Ένα ακόμη ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της RC30 αποτελεί το γεγονός ότι η μηχανή βρίσκεται ακόμη στην παραγωγή με αποτέλεσμα να είναι διαθέσιμα στην αγορά ανταλλακτικά της εξαρτήματα.

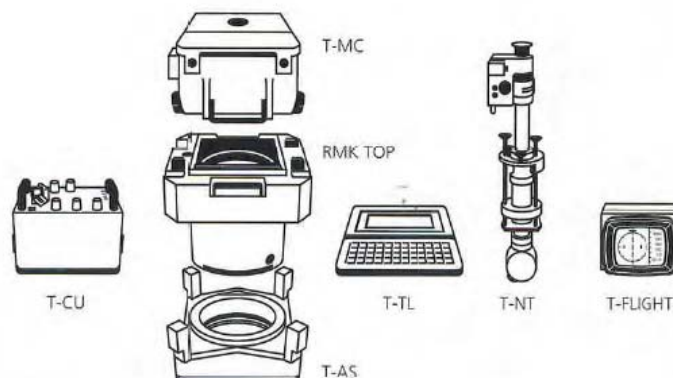
1.3.2 Z/I Imaging RMK TOP

Σύγχρονος ανταγωνιστής της RC30, η RMK TOP κατέχει τη δεύτερη θέση στη παγκόσμια αγορά αναλογικών μηχανών αεροφωτογράφισης. Τα βασικά χαρακτηριστικά της παρουσιάζονται στον πίνακα 1-3.



Εικόνα 1-10: Η RMK TOP

Τα βασικά μέρη της RMK παρουσιάζονται στην εικόνα 1-11. Η μηχανή διατίθεται στην αγορά με δύο συστήματα φακών, τον



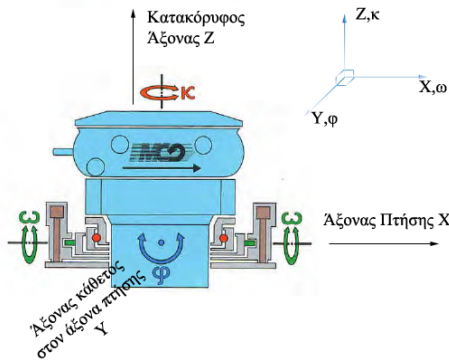
Εικόνα 1-11: Τα βασικά μέρη της RMK TOP

ευρυγώνιο Plaegon με γωνιακό άνοιγμα 93° και εστιακή απόσταση 153 mm (RMK TOP 15) και τον κανονικό Topar με γωνιακό άνοιγμα 56° και εστιακή απόσταση 305 mm (RMK TOP 30). Το σύστημα φακών

ολοκληρώνεται με τη χρήση τεσσάρων φίλτρων που παρουσιάζονται στον πίνακα 1-

3.

Το σύστημα φακών που αποτελεί και το κύριο σώμα της μηχανής πακτώνεται στην κοίτη του αεροσκάφους επί ειδικής θήκης - βάσης που έχει ήδη προσαρμοστεί σε αυτό. Η RMK TOP χρησιμοποιεί τη βάση T-AS. Η T-AS είναι μια βάση η οποία με



Εικόνα 1-12: Άξονες Περιστροφής της φωτομηχανής

άξονα παρέχονται οι γωνιακές εκείνες διορθώσεις που κρατούν τη μηχανή οριζοντιωμένη. Με τη λήψη της κάθε εικόνας το σύνολο των τιμών των γωνιών αποθηκεύονται στη μνήμη της κεντρικής μονάδας διαχείρισης του συστήματος T-CU καθώς και το ύψος πτήσης τη στιγμή της λήψης.

Το σύνολο των μερών διασυνδέεται μέσω της κεντρικής μονάδας χειρισμού T-CU. Η μονάδα αυτή περιέχει μικροεπεξεργαστές με τη βοήθεια των οποίων πραγματοποιούνται οι ρυθμίσεις και οι υπολογισμοί για τον έλεγχο των μερών της μηχανής. Αναλυτικότερα η ηλεκτρολογική παροχή ρεύματος στη μηχανή ελέγχεται και ρυθμίζεται μέσω της T-CU. Η T-CU διαθέτει αναμονές σύνδεσης με GNSS και IMU συστήματα με στόχο πραγματικά κατακόρυφες λήψεις αλλά και τον υπολογισμό των στοιχείων εξωτερικού προσανατολισμού της εικόνας σε πραγματικό χρόνο. Μέσω της T-CU τα δεδομένα μεταδίδονται στη γυροσκοπική βάση με αποτέλεσμα την αυτόματη κατακόρυφη λήψη χωρίς την ύπαρξη χειριστή. Παράλληλα η T-CU συνδέεται με τερματικό υπολογιστή σχεδιασμένο για τη συγκεκριμένη κάμερα, τον T-TL.

Ο T-TL αποτελεί έναν τερματικό υπολογιστή ο οποίος συνδέεται με τη T-CU ώστε να παρακολουθείται και να ρυθμίζεται η λειτουργία του όλου συστήματος. Μέσω αυτού προσφέρεται η δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων προγραμματισμού πτήσεις που

έχουν υπολογιστεί στο γραφείο.

Μία ακόμη καινοτομία της RMK TOP αποτελεί η κασέτα τοποθέτησης του film T-MC. Όπως και όλες οι υπόλοιπες κασέτες της αγοράς, η T-MC περιλαμβάνει θάλαμο δημιουργίας κενού και συμπίεσης του film επί της επιφάνειας του αρνητικού καθώς μηχανισμό αντιστάθμισης εμπρόσθιας κίνησης (FMC) του οποίου το λογισμικό είναι εγκατεστημένο στην μονάδα ελέγχου T-CU. Η καινοτομία της συγκεκριμένης κασέτας είναι ότι η μπάρα στήριξης και η μπάρα επαναδίπλωσης του film βρίσκονται στον ίδιο χώρο, πράγμα που επιτρέπει τόσο τη γρήγορη εναλλαγή (εντός δύο λεπτών) του film όσο και την έκθεση μέρους του film χωρίς να είναι απαραίτητη η αποκοπή του.

Στον εξοπλισμό της μηχανής προστίθεται ακόμη ειδική διόπτρα παρακολούθησης επικάλυψης T-NT με την οποία καθίσταται δυνατή η πραγματοποίηση λήψεων με συγκεκριμένες επικαλύψεις με τη βοήθεια χειριστή. Ο χειριστής δεν είναι απαραίτητος αν η επικάλυψη υπολογίζεται αυτόματα μέσω της μέτρησης της ταχύτητας του αεροσκάφους και του ύψους πτήσεως μέσω των οποίων προκύπτει και η κατά μήκος επικάλυψη.

Τέλος διατίθεται συσκευή υποβοήθησης T-FLIGHT με την οποία πραγματοποιείται γραφικός προγραμματισμός πτήσης και υποβοηθάτε ο πιλότος βλέποντας σε κοινή οθόνη τα δεδομένα προγραμματισμού καθώς και τη θέση του αεροσκάφους μέσω GPS.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΙΜΕΣ
Μοντέλο	RMK TOP
Format (cm)	23X23
Σύστημα Φακών (mm)	Ευρυγώνιος 15/4 PLAECON A3 και Κανονικός 30/4 TOPAR A3 με τέσσερα φίλτρα στα 420 nm (haze), στα 490 nm (Κίτρινο), στα 535 nm (Πορτοκαλί) καθώς και ειδικό φίλτρο καθαρισμού φακού
Εστιακή Απόσταση (mm)	153 και 305

Γωνιακό Άνοιγμα (mm)	93° και 56°
Διάφραγμα (mm)	f/4 – f/22
Ταχύτητα Κλείστρου (s)	1/50 – 1/500 ,συνεχές
Μήκος Film (m)	150
Ελάχιστος Κύκλος Φωτογράφισης (s)	1.5
Συνολικό Βάρος (Kg)	180

Πίνακας 1-3

1.4 Προϊόντα Αναλογικών Μηχανών

Παραγόμενα προϊόντα των αεροφωτομηχανών είναι οι γνωστές σε όλους αεροφωτογραφίες. Ως αεροφωτογραφία μπορεί να χαρακτηριστεί ένα στιγμιότυπο του τρισδιάστατου χώρου το οποίο απεικονίζεται μέσω κεντρικής προβολής σε δυσδιάστατο επίπεδο μέσο. Η ανάλυση μιας αεροφωτογραφίας περιλαμβάνει την παράθεση στοιχείων για τους παρακάτω άξονες:

1. Γεωμετρία Λήψης και Χαρακτηριστικά
2. Ραδιομετρικά Χαρακτηριστικά
3. Μέσα έκθεσης και εμφάνισης
4. Στοιχεία τελικού προϊόντος

Η γεωμετρία λήψης της φωτογραφίας αποτελεί προσομοίωση της ανθρώπινης όρασης και είναι η κεντρική προβολή τρισδιάστατων αντικειμένων μέσω σημειακής οπής σε δυσδιάστατα μέσα. Από μαθηματικής απόψεως η βασική συνθήκη που ικανοποιείται είναι η συνθήκη συγραμμικότητας βάση της οποίας ένα σημείο του χώρου, το κέντρο προβολής (πρωτεύον σημείο) και η απεικόνισή του επί επιπέδου αναφοράς (επίπεδο αρνητικού) πρέπει να κείται επ' ευθείας.

Τα μέσα έκθεσης τα οποία χρησιμοποιούνται αποτελούν φωτοευαίσθητες επιφάνειες οι οποίες είτε αποτελούν παγχρωματικές ή μονοκάναλες ή ασπρόμαυρες απεικονίσεις είτε αποτελούν έγχρωμα σύνθετα απεικονίσεων. Στην πρώτη κατηγορία το φωτοευαίσθητο υλικό διαφοροποιεί τον τόνο χρωματισμού του ανάλογα με την ένταση της εισερχόμενης ακτινοβολίας του ορατού φάσματος. Μέσω λοιπόν της αντίθεσης πραγματοποιείται αναγνώριση των διαφόρων χαρακτηριστικών. Στη δεύτερη κατηγορία η φωτοευαίσθητη επιφάνεια αποτελείται από τρεις στρώσεις

φωτοευαίσθητου υλικού κάθε ένα από τα οποία εμφανίζει έντονη ευαισθησία σε συγκεκριμένο τμήμα του φάσματος της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας. Έτσι υπάρχει δυνατότητα αποτύπωσης των συνθετικών ή αρνητικών χρωμάτων (Red, Green, Blue) αλλά και του υπέρυθρου (Infrared). Περιορισμός της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι σε μία έκθεση μπορούν να αποτυπωθούν τρία μόνο κανάλια με αποτέλεσμα μετά από κάθε αεροφωτογράφιση να είναι δυνατή η παραγωγή είτε μιας υπέρυθρης ψευδόχρωμης φωτογραφίας είτε μιας έγχρωμης «αληθόχρωμης» φωτογραφίας.

Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα των αναλογικών φωτογραφιών καθώς περιορίζει το μερίδιο της αγοράς στο οποίο αναφέρονται οι αναλογικές λήψεις κάνοντας τις λιγότερο ανταγωνιστικές και συμφέρουσες.

Μετά τη λήψη της φωτογραφίας ακολουθεί η εμφάνισή της, εκτός των ραδιομετρικών της χαρακτηριστικών, περιμετρικά εμφανίζονται βοηθητικά στοιχεία για κάθε λήψη. Αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα 1-13. Όλες οι σύγχρονες αναλογικές μηχανές αεροφωτογράφισης παρέχουν τη δυνατότητα εισαγωγής αλφαριθμητικών χαρακτήρων και όργανα μέτρησης και εμφάνισης των συγκεκριμένων στοιχείων. Το μέγεθος κάθε φωτογραφίας εξαρτάται από το format και έχει συνήθως τιμή 23 x 23 cm.



Εικόνα 1-13: Στοιχεία Επί Αναλογικής Αεροφωτογραφίας

2 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Γενικά

Οι πρώτες ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης παρουσιάστηκαν το 2000 στο συνέδριο του ISPRS στο Αμστερνταμ. Την πρωτοκαθεδρία στην εξέλιξη της τεχνολογίας κατέχουν δύο εταιρείες, η Leica Geosystems και Z/I Imaging. Σήμερα τουλάχιστο 10 διαφορετικές εταιρείες ασχολούνται με το χώρο των ψηφιακών φωτογραμμετρικών μηχανών.

Το 1990 όταν οι πρώτες πειραματικές διατάξεις άρχιζαν να κατασκευάζονται, βασικό μέλημα των κατασκευαστών ήταν το πώς θα καταφέρουν να αποθηκεύσουν την απαιτούμενη πληροφορία αναγλύφου σε ψηφιακά μέσα συγκρινόμενη με τη ψηφιακή πληροφορία που παράγεται από τη σάρωση των αναλογικών εικόνων. Παράλληλα ανέπτυξαν μεθόδους παραγωγής αληθόχρωμης ή ψευδόχρωμης εικόνας μέσω ψηφιακών μέσων καταγραφής.

Με βάση τους δύο παραπάνω άξονες αναπτύχθηκαν δύο τύποι ψηφιακών φωτογραμμετρικών μηχανών. Ο ένας αναπτύσσεται και υποστηρίζεται από την Leica Geosystems και αφορά στην ψηφιακή καταγραφή της ανακλώμενης ακτινοβολίας του ορατού και του υπερύθρου τμήματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επί γραμμικού CCD συνεχούς σάρωσης του αναγλύφου. Ο δεύτερος τύπος είναι εκείνος που ακολουθείται από τις υπόλοιπες εταιρείες και καλύπτει το ανάγλυφο μέσω της χρήσης διατάξεων φακών και επιφανειακών CCD τα οποία λαμβάνουν διαφορετικές τμηματικές εικόνες που τελικά συνδυάζονται σε μια μεγάλη εικόνα.

2.1 Κατηγοριοποίηση και Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ψηφιακών Μηχανών Αεροφωτογράφισης

Οι ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης διακρίνονται όπως αναφέρθηκε προηγουμένως σε δύο μεγάλες κατηγορίες βάσει του μέσου και τρόπου αποθήκευσης της ανακλαστικότητας των αντικειμένων. Αυτές είναι :

Μηχανές Γραμμικού Αισθητήρα (Linear Array Sencor)

Μηχανές Επιφανειακών Αισθητήρων ή επίπεδης διάταξης (CCD)

Βάση του μεγέθους της επίπεδης διάταξης της οποίας φέρει κάθε μηχανή, οι

ψηφιακές μηχανές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες οι οποίες αποτελούν και παράγοντες επιλογής και καταλληλότητας της καθεμιάς σε ότι αφορά τη χρηστικότητα τους στις ποικίλες ανάγκες της αγοράς. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Μηχανές Μικρού Μορφότυπου (Small Format). Οι μηχανές αυτές παράγουν ψηφιακό αποτέλεσμα διάστασης 1000x1000 έως 2000x3000 Pixels (1 έως 6 Mpix)
2. Μηχανές Μεσαίου Μορφότυπου (Medium Format). Οι μηχανές αυτές παράγουν ψηφιακό αποτέλεσμα διάστασης 4000x4000 Pixels (16 Mpix)
3. Μηχανές Μεγάλου Μορφότυπου (Large Format). Οι μηχανές αυτές παράγουν ψηφιακό αποτέλεσμα διάστασης 6000x6000 Pixels ή μεγαλύτερο (36 Mpix ή μεγαλύτερο). (Grejner-Brzezinska Dorota A., 1999)

Η ανωτέρω κατηγοριοποίηση έχει πραγματοποιηθεί βάσει των τεχνολογικών εξελίξεων και της πολιτικής προσανατολισμού στις ανάγκες της αγοράς και του πελάτη οι οποίες κυριαρχούν στη σύγχρονη διοίκηση των επιχειρήσεων «Customer Oriented Policies».

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί μια προσπάθεια σύγκρισης των αναλογικών μηχανών αεροφωτογράφισης σε σχέση με τις αντίστοιχες ψηφιακές μηχανές. Η συνήθης διάσταση του αρνητικού μιας αναλογικής φωτογραφικής μηχανής είναι 23 x 23 cm. Από τη συγκεκριμένη διάσταση είναι προφανές ότι καμία από τις ψηφιακές μηχανές δεν διαθέτει ένα ccd τέτοιων διαστάσεων. Για τον λόγο αυτό οι ψηφιακές μηχανές χρησιμοποιούν είτε γραμμικούς σαρωτές είτε διάταξη πολλαπλών ccd ώστε να επιτύχουν μεγαλύτερο εύρος κάλυψης σε υψηλή χωρική και ραδιομετρική ανάλυση. Η κατηγορία των μηχανών αυτών είναι εκείνη του Μεγάλου Μορφότυπου (Large Format) η οποία και επιλέχθηκε να αναλυθεί εκτενώς.

Η παρουσίαση των μηχανών θα πραγματοποιηθεί ανά κατασκευαστή. Τα χαρακτηριστικά των ψηφιακών μηχανών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως προς:

1. Το Πλαίσιο Στήριξης (Frame)
2. Τους χρησιμοποιούμενους Δέκτες (Sensors)
3. Το υποστηρικτικό υλικό H/Y (Hardware)
4. Λοιπά υποστηρικτικά προϊόντα (Miscellaneous)

2.2 Microsoft / Vexel

2.2.1 Ultracam Xp Τεχνική Περιγραφή

Η μητρική Vexel πρόσφατα εξαγοράστηκε από την Microsoft η οποία αποφάσισε να αποτελέσει έναν ακόμη υπολογίσιμο εταίρο στην παγκόσμια αγορά παροχής εικονιστικών προϊόντων. Έτσι προχώρησε στην κατασκευή και προώθηση τεσσάρων μοντέλων ψηφιακών μηχανών αεροφωτογράφισης. Το τελευταίο μοντέλο της σειράς αυτής είναι η Ultracam Xp. Τα βασικά χαρακτηριστικά της παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.



Εικόνα 2-1: Φακοί της Ultracam -Xp

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	VEXCEL
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ	ULTRACAM- Xp
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	45cm x 45cm x 60 cm
ΒΑΡΟΣ	55 kg
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΚΩΝ	8 (4 PAN R,G,B, Nir)
ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	100 mm pan, 33 multi
ΑΡΙΘΜΟΣ CCD	13
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	104 mm * 68.4 mm
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΝΑ CCD	
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	6 μm σε όλα τα κανάλια
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	11310
ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	17310
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	>12 bit
ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	1/500 to 1/32
ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	Pan ,R,G,B,Inf
Η/Υ	ΝΑΙ
ΜΟΝΑΔΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	data units D -X
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	ΝΑΙ
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	
ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	
ΑΚΡΙΒΕΙΑ	±2 μm
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΗΣΗ	ΝΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	FMC μέσω TDI
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	



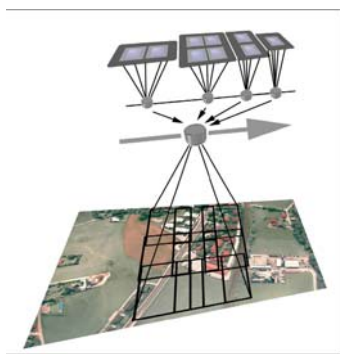
Εικόνα 2-2: Το κύριο σώμα της Ultracam - Xp



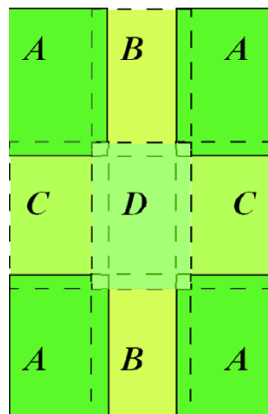
Εικόνα 2-3 : Το επανατροφοδοτούμενο σύστημα αποθήκευσης της Ultracam - Xp

Η Ultracam Xr αποτελεί τη μεγαλύτερη ψηφιακή μηχανή αεροφωτογράφισης στην αγορά. Διαθέτει ένα σύστημα φακών το οποίο αποτελείται από 8 φακούς της LINOS/Rodenstock. Από αυτούς 4 χρησιμοποιούνται για τη λήψη της πανχρωματικής εικόνας και 4 για της λήψη της πολυφασματικής με κάθε φακό να αντιστοιχεί στη λήψη του κόκκινου, του πράσινου, του μπλέ και του εγγύς υπερέθρου χρώματος. Η εστιακή απόσταση των φακών βρίσκεται στα 100 mm για τη πανχρωματική λήψη και στα 33 mm για τη πολυφασματική με διάφραγμα $f/5.6$ και $f/4.0$ αντίστοιχα.

Το κλείστρο των φακών ανοίγει με ταχύτητα $1/500$ έως $1/32$ sec συλλέγοντας πληροφορίες μέσω 13 ccd – 9 για τη παμχρωματική και 4 για τη πολυφασματική εικόνα – σε χωρική ανάλυση 6μm και αρχική ραδιομετρική ανάλυση 13 bit για να παραχθεί μια τελική εικόνα διάστασης $17310 * 11310$ pixels ή 624 MB ραδιομετρικής ανάλυσης 16 bit. Κάθε εικόνα εν συνεχεία αποθηκεύεται σε σκληρούς δίσκους των 4,2 TB ή 6600 εικόνων οι οποίοι είναι άμεσα εναλλασσόμενοι εντός 3 sec διασφαλίζοντας πλήρη αυτονομία αποθήκευσης δεδομένων. Για λόγους ασφαλείας και αξιοπιστίας του συστήματος η αποθήκευση πραγματοποιείται με διαδικασία «mirroring» ώστε να διασφαλίζεται η ορθή αποθήκευση των δεδομένων. Το σύνολο των διαδικασιών λήψης και αποθήκευσης διαρκεί 2 sec καθορίζοντας των συνολικό ενδιάμεσο χρόνο λήψης μεταξύ 2 εικόνων στα 2 sec. (Susanne Scholz, Michael Gruber, 2008).



Εικόνα 2-4: Το ταυτόχρονο και ομοκεντρικό σύστημα λήψης της Ultracam Xr



Εικόνα 2-5: Οι 9 πανχρωματικές εικόνες του μωσαϊκού της Ultracam Xr

Η συγκεκριμένη μηχανή διαθέτει δύο συστήματα λήψης εικόνων, το ταυτόχρονο (synchronic) και το ομοκεντρικό (syntopic). Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι το σύστημα των φακών είναι κάθετα τοποθετημένο ως προς το επίπεδο των CCD.

Χρησιμοποιώντας το ταυτόχρονο σύστημα λήψης, με το άνοιγμα του κλείστρου, το σύστημα των φακών αποθηκεύει το σύνολο του τοπίου στα

αντίστοιχα 9 CCD τα οποία είναι ενεργοποιημένα. Με τον τρόπο αυτό παράγονται τέσσερις διαφορετικές εικόνες (A, B, C, D εικόνα 2-4) από τέσσερα διαφορετικά προβολικά κέντρα (τέσσερις κεντρική φακοί εικόνα 2-1) οι οποίες στη συνέχεια συνενώνονται με τη μέθοδο συνταύτισης – stitching (γνωστός εσωτερικός προσανατολισμός και αυτόματη αναγνώριση μεγάλου αριθμού σημείων σύνδεσης στα επικαλυπτόμενα τμήματα) για να δώσουν την τελική εικόνα.

Εν αντιθέσει με τον ομοκεντρικό τρόπο λήψης, κάθε φακός ενεργοποιείται με χρονοκαθυστέρηση ως προς τον πρώτο έτσι ώστε κάθε μια από τις τέσσερις εικόνες – συνιστώσες να λαμβάνεται από το ίδιο προβολικό κέντρο. Με τον τρόπο αυτό παράγονται εξ αρχής τέσσερις εικόνες (εικόνα 2-5) με τα ίδια στοιχεία εξωτερικού προσανατολισμού πράγμα που δείχνει να βελτιώνει αρκετά την τελικώς παραγόμενη εικόνα κυρίως τόσο από γεωμετρικής όσο και από ραδιομετρικής απόψεως.

Κάθε μια από τις δύο μεθόδους παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στη ταυτόχρονη μέθοδο λήψης απαραίτητη καθίσταται η γνώση της εσωτερικής γεωμετρίας της μηχανής καθώς και η γεωμετρική σταθερότητα των διαφόρων τμημάτων της καθώς η οποιαδήποτε μεταβολή επιφέρει διαστροφές και συστηματικά σφάλματα στην τελική εικόνα που μοντελοποιούνται με την εισαγωγή μεγάλου αριθμού παραμέτρων εξαιτίας κυρίως των διαφορετικών κέντρων λήψης. Το γεγονός αυτό επιβάλλει την ακριβή και αξιόπιστη αναγνώριση μεγάλου αριθμού σημείων σύνδεσης και την αύξηση του υπολογιστικού φόρτου μέχρι την παραγωγή της τελικής εικόνας. Πάρα ταύτα, καθώς η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από το σύνολο των υπολοίπων area array μηχανών, δείχνει να επιφέρει αρκετά αξιόπιστα από αποτελέσματα.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της ομοκεντρικής μεθόδου είναι ότι προσομοιάζει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη λήψη μιας αναλογικής μηχανής αεροφωτογράφισης. Επί της ουσίας από ένα προβολικό κέντρο λαμβάνεται μια εικόνα με τη διαφοροποίηση στο μέσο αποθήκευσης. Καθώς η ccd τεχνολογία δεν δύναται να κατασκευάσει αισθητήρες αντίστοιχων διαστάσεων με των 23x23 film format, γίνεται χρήση πολλών αισθητήρων ccd. Η ακρίβεια της συγκεκριμένης μεθόδου εξαρτάται τόσο από τη σταθερότητα της εσωτερικής γεωμετρίας της μηχανής όσο και από τον

βέλτιστο συντονισμό κατά την ενεργοποίηση των κλειστών σε συνδυασμό με την ταχύτητα του αεροσκάφους κατά τη διεύθυνση της πτήσης.

Για την απαλοιφή του θαμπώματος εξαιτίας της εμπρόσθιας κίνησης του αεροσκάφους χρησιμοποιείται σύστημα αντιστάθμισης εμπρόσθιας κίνησης (Forward Motion Compensation) με την εφαρμογή συστήματος χρονοκαθυστέρησης Time Delay Integration) σε καθέναν από τους αισθητήρες. (Roger Pacey, Peter Fricker, November 2005).

Η Ultracam Xp όπως και τα προηγούμενα μοντέλα έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται σε ειδικές γυροσκοπικές βάσεις διαφόρων μοντέλων όπως το PAV 30 της Leica Geosystems, Z/I T-AS της Z/I Imaging και το GSM3000. Παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα άμεσης λήψης στοιχείων εξωτερικού προσανατολισμού με τη χρήση αδρανειακών συστημάτων (Inertial Measurement Unit) καθώς και συστημάτων διαφορικού εντοπισμού θέσης (Differential Global Positioning System). Τέτοιου είδους συστήματα είναι το Aero – Control της IGI καθώς και το POS-AV της Arplanix. Τα παραπάνω συστήματα βοηθούν στην υλοποίηση της εν πτήση άμεσης γεωαναφοράς (Direct Georeferencing) στα επιθυμητά επίπεδα ακρίβειας ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε έργου. Η υλοποίηση μιας τέτοιας διαδικασίας συμβάλει σημαντικά στη μείωση του κόστους παραγωγής τελικών προϊόντων και καθιστά τις ψηφιακές μηχανές ιδιαίτερα ανταγωνιστικές ως προς τις αναλογικές.



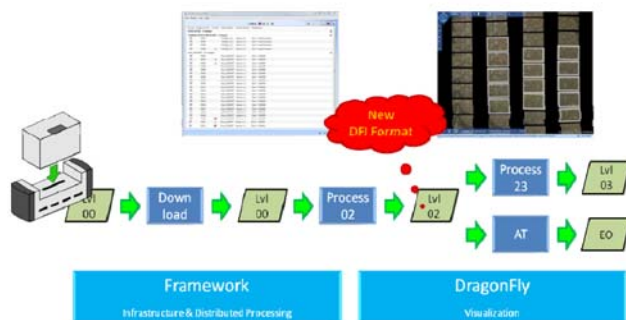
Εικόνα 2-6 :Το επανατροφοδοτούμενο σύστημα αποθήκευσης της Ultracam - Xp

αυτόματα σε **επίπεδο 0**. Μετά τον αυτοματοποιημένο ποιοτικό έλεγχο στο γραφείο πια πραγματοποιείται το «κατέβασμα» και η μετατροπή τους σε **επίπεδο 1**. Στο

Σε ότι αφορά τη ροή των δεδομένων αυτή παρουσιάζεται σχηματικά στην εικόνα 2-6. Μετά την ολοκλήρωση της αεροφωτογράφισης το σύνολο των δεδομένων υπόκειται σε μετεπεξεργασία. Αρχικά οι εικόνες λαμβάνονται και αποθηκεύονται σε **επίπεδο 00** ώστε να καταλαμβάνουν μικρότερο όγκο. Κατά τη διάρκεια της πτήσης μετατρέπονται

επίπεδο αυτό σε κάθε σημείο λήψης αντιστοιχούν 13 εικόνες (9 πανχρωματικές και 4 πολυφασματικές) οι οποίες έχουν διορθωθεί ραδιομετρικά βάσει των παραμέτρων βαθμονόμησης της μηχανής. Εν συνεχεία οι εικόνες συνταυτίζονται με βάσει τα δεδομένα βαθμονόμησης, εσωτερικού και εξωτερικού προσανατολισμού. Οι τέσσερις πανχρωματικές εικόνες συνενώνονται σε μια ξεχωριστή από τη πανχρωματική ενώ οι χρωματικοί τόνοι έχουν πλέον γεωαναφερθεί βάσει της πανχρωματικής εικόνας. Πρόκειται για μεταπροϊόντα **επιπέδου 2**. Τα προϊόντα αυτά είναι τα πρώτα τελικά προϊόντα. Στο **επίπεδο 3** πραγματοποιείται το pansharpening και παράγονται έγχρωμα σύνθετα προϊόντα RGB ή RGBNIF προς τελική ορθοδιόρθωση και χρήση σε tiff ή jpeg 8 ή 16 bit.

Η διαχείριση των παραπάνω εργασιών πραγματώνεται μέσω του λογισμικού



Εικόνα 2-7: Το λογισμικό Ultramap

δεδομένων.

2.2.2 Ultracam Χρ Ραδιομετρία και Γεωμετρία

Αν και στη συνέχεια της εργασίας η μέθοδος ραδιομετρικού και γεωμετρικού ελέγχου των ψηφιακών εικόνων από ψηφιακές αεροφωτομηχανές αναλύεται εκτενέστερα, στο σημείο αυτό παρατίθεται αποτελέσματα ελέγχου για την UltraCam

	PM1	PM2	PM3
Ύψος Πτήσης	500m	1500m	2800m
Κατά Μήκος Επικάλυψη	60%	80%	80%
Κατά Πλάτος Επικάλυψη	60%	70%	90%
Εδαφοψηφίδα	3cm	9cm	18cm

Πίνακας 2-1

με στοιχεία που φαίνονται στον πίνακα 2-1. Παρατηρείται ότι με την αύξηση του

UltraMap. Το συγκεκριμένο λογισμικό βοηθάει στη γρήγορη ετοιμασία των δεδομένων μέσω της κατανομής του όγκου σε πολλαπλές μονάδες επεξεργασίας. Παράλληλα μέσω της εφαρμογής DragonFly επιτυγχάνεται ένας γρήγορος έλεγχος των συλλεχθέντων

Χρ. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Leibnitz.

Πραγματοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές πτήσεις στη ίδια περιοχή

ύψους πτήσης επιλέχθηκε να αυξάνεται και η κατά μήκος και κατά πλάτος επικάλυψη.

Κανάλι	Από (nm)	Έως (nm)
PAN	410	690
RED	580	700
GREEN	480	630
BLUE	410	570
CIR	690	1000

Στον πίνακα 2-2 παρουσιάζονται τα τμήματα του Η/Μ φάσματος στα οποία είναι ευαίσθητοι οι αισθητήρες της συγκεκριμένης μηχανής.

Μετά τη λήψη των εικόνων ακολούθησε επιλογή συγκεκριμένης περιοχής και εξήχθη

Πίνακας 2-2

το ραδιομετρικό profile μιας τομής επ' αυτής. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε μια συµμεταβλητότητα των τόνων στο σύνολο των καναλιών καθώς και μια εξαιρετική διακριτότητα των τόνων μεταξύ τους. Συγκρίνοντας το profile της ίδιας τομής για τις λήψεις από διαφορετικό ύψος δηλαδή για διαφορετικό μέγεθος εικονοσηφίδας διαπιστώνεται και πάλι η αντιστοιχία της μεταβλητότητας των τόνων γεγονός που αυξάνει την ραδιομετρική αξιοπιστία των της Ultracam Χρ. Από γεωμετρικής απόψεως ο αεροτριγωνισμός των εικόνων από τα 500 µ οδήγησε σε $\sigma_0 = 0.7 \mu\text{m}$ κατά x και $\sigma_0 = 0.8 \mu\text{m}$ κατά y δηλαδή πολύ κάτω από το μέγεθος του pixel. (Susanne Scholz, Michael Gruber, 2008).

2.3 Z/I IntegrAPH

2.3.1 Digital Mapping Camera Τεχνική Περιγραφή

Η συγκεκριμένη μηχανή εισήχθη στην αγορά τον Ιούλιο του 2003. Τα ιδιαίτερα τεχνικά της χαρακτηριστικά

παρουσιάζονται στον πίνακα 2-3.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	Z/I INTEGRAPH
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ	DMC
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	44cm x 44cm x 91 cm
ΒΑΡΟΣ	88 kg
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΚΩΝ	8 (4 PAN R,G,B, Nir)
ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	120 mm pan, 25 multi
ΑΡΙΘΜΟΣ CCD	4
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	165.8 mm * 92.16 mm
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΝΑ CCD	28Mpix
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	12 µm σε όλα τα κανάλια
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	7680
ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	13824
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	>12 bit
ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	3 µε 30 msec Pan ,R,G,B,Inf

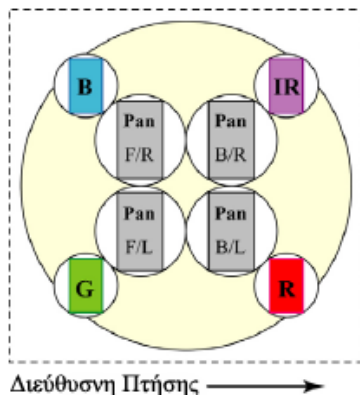


Εικόνα 2-8: Η DMC της Z/I INTEGRAPH

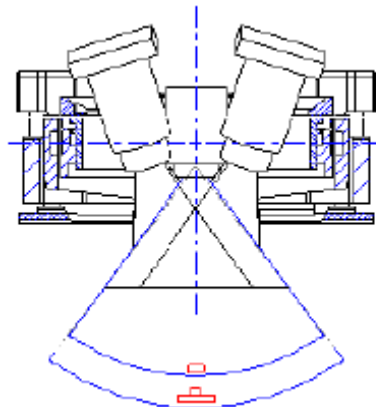
Η/Υ	ΝΑΙ
ΜΟΝΑΔΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	Solide State
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	ΝΑΙ
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	
ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	
ΑΚΡΙΒΕΙΑ	±0.5pix
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΗΣΗ	ΝΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	FMC μέσω TDI
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	
Πίνακας 2-3	

Η DMC διαθέτει σύστημα φακών αποτελούμενο από 8 συνολικά φακούς σε συγκεκριμένη διάταξη. Από αυτούς 4 είναι τοποθετημένοι στο κέντρο της μηχανής και υπό κλίση και χρησιμοποιούνται για την πανχρωματική λήψη ενώ οι

υπόλοιποι και 4 είναι τοποθετημένοι κάθετα στο ως προς το οριζόντιο επίπεδο στα 4 άκρα της μηχανής και χρησιμοποιούνται για τις πολυφασματικές εικόνες Red, Green, Blue, NIR αντίστοιχα. Η διάταξη των φακών παρουσιάζεται στις εικόνες 2-9 και 2-10. Οι πανχρωματική λήψη πραγματοποιείται με φακούς εστιακής απόστασης 120 mm ενώ οι πολυφασματική με φακούς 25 mm από διάφραγμα $f/4$ και για τις δύο.



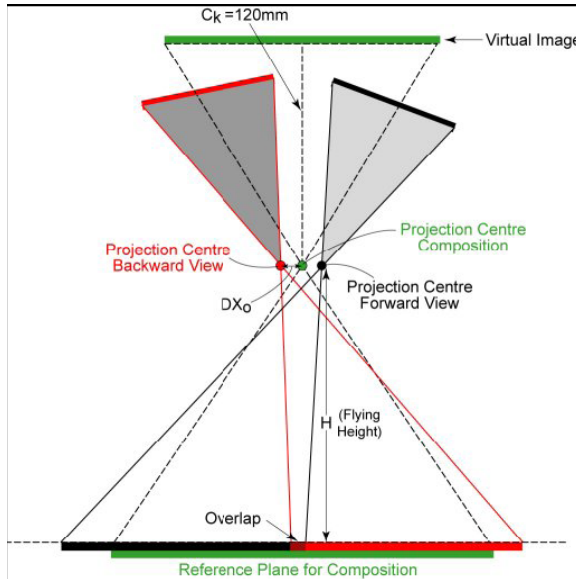
Εικόνα 2-9: Διάταξη των φακών στη DMC



Εικόνα 2-10: Τομή κατά μήκος. Διακρίνεται η γωνία κλίσης των πανχρωματικών φακών

Η ψηφιοποίηση του εισερχόμενου σήματος πραγματοποιείται με τη χρήση 8 ccd. Τα 4 χρησιμοποιούνται για τη πανχρωματική λήψη με διάσταση εικονοστοιχείου 12

μm και συνολική διάσταση 7k x 4k σε ραδιομετρική ανάλυση > 12 bit ενώ τα υπόλοιπα 4 χρησιμοποιούνται για τις πολυφασματικές λήψεις. Αυτά έχουν συνολική διάσταση 3k



Εικόνα 2-11: Γνωστή Εσωτερική Γεωμετρία της Μηχανής



Εικόνα 2-12: Σύνθεση Τελικής Εικόνας

x 2k στα 12 μm φυσική διάσταση εικονοστοιχείου. Κατά τη διάρκεια της λήψης χρησιμοποιείται σύστημα TDI για την απαλοιφή των διαστροφών λόγω εμπρόσθιας κίνησης του αεροσκάφους.

Κατά τη στιγμή της λήψης λαμβάνονται ταυτόχρονα 8 εικόνες , 4 πανχρωματικές και 4 πολυφασματικές.

Με τη γνώση της εσωτερικής γεωμετρίας της μηχανής και τη μέθοδο της συνταύτισης οι παγχρωματικές εικόνες συνενώνονται για να δώσουν μια τελική εικόνα διαστάσεων 7680 x 13824 pixels επί της οποίας με μέθοδο pansharpening δημιουργούνται τα έγχρωμα σύνθετα. Στον πίνακα 2-4 παρουσιάζονται τα επίπεδα μορφοποίησης της πληροφορίας μέχρι τη λήψη τελικών προϊόντων. Η διόρθωση των εικόνων του επιπέδου 1 πραγματοποιείται με τη βοήθεια των στοιχείων βαθμονόμησης της μηχανής

Επίπεδο Προϊόντος	Ονομασία	Περιγραφή
Επίπεδο 1	Κανονικοποιημένη αρχική εικόνα	Ραδιομετρικά διορθωμένη εικόνα στην οποία έχουν απαλειφθεί τα ελαττωματικά εικονοστοιχεία
Επίπεδο 1a	Πλασματική εικόνα	Μετατροπή των ανεξάρτητων διορθωμένων εικόνων σε μία πλασματική εικόνα (δημιουργία μωσαϊκού)

Επίπεδο 1b	Σύνθετη έγχρωμη ή έγχρωμη εικόνα	Σύνθετη έγχρωμη = παγχρωματική + έγχρωμη εικόνα Έγχρωμη εικόνα = R + G + B
Επίπεδο 2	Γεωαναφερμένη εικόνα	Δεδομένα από τα προϊόντα επιπέδου 1a & 1b με προσθήκη των δεδομένων του GPS/IMU

Πίνακας 2-4

Για την ολοκλήρωση της παρουσίασης της συγκεκριμένης μηχανής πρέπει να αναφερθεί ότι έχει τη δυνατότητα να εδράζεται επι γυροσκοπικών βάσεων όπως η T-AS ενώ διαθέτει η δυνατότητα καταγραφής δεδομένων από DGPS/IMU συστήματα.

2.3.2 DMC Γεωμετρική Ακρίβεια

Μιας και η DMC αποτελεί μια ευρέως χρησιμοποιούμενη ψηφιακή μηχανή αεροφωτογράφισης, έχουν διεξαχθεί εκτεταμένοι έλεγχοι ραδιομετρίας και γεωμετρίας των τελικών προϊόντων της.

Στον πίνακα 2-5 παρουσιάζονται τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα ορθοδιόρθωσης σε τρία διαφορετικά έργα. Πρέπει να αναφερθεί ότι για την περιχή Amposta δεν έχει

Block	Points	GSD [cm]		Mean [m]	RMS [m]	σ [m]
			X	-0.05	0.06	0.04
Amposta	6	8.0	Y	0.01	0.02	0.02
			H	-0.02	0.04	0.04
			X	-0.00	0.04	0.04
Rubí	20	10.0	Y	0.00	0.03	0.03
			H	-0.02	0.06	0.06
			X	-0.09	0.25	0.24
415	18	47.0	Y	-0.05	0.26	0.26
			H	0.17	0.30	0.26

Πίνακας 2-5

χρησιμοποιηθεί κατά την ορθοδιόρθωση καμία ομάδα παραμέτρων αυτοβαθμονόμησης.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι στο σύνολο των περιπτώσεων το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι μικρότερο

του μεγέθους της εδαφοψηφίδας, γεγονός που καθιστά τις ορθοδιορθωμένες εικόνες γεωμετρικά ακριβείς. (W. Kornus et al, 2003)

Η συμβολή των διαφόρων ομάδων παραμέτρων αυτοβαθμονόμησης στη τελική

		No self-calibration	1 parameter set	4 parameter sets
Residuals [pixel]	x	0.15	0.14	0.14
	y	0.11	0.11	0.11
Checkpoint-accuracy [m]	X	0.03	0.04	0.04
	Y	0.05	0.04	0.03
	H	0.15	0.15	0.06

Πίνακας 2-6

γεωμετρική ακρίβεια παρουσιάζεται στον πίνακα 2-6. Μετά την λήψη των εικόνων για κάθε ένα φακό της DMC υπολογίζεται μια ομάδα παραμέτρων. Παρατηρώντας τον παρακάτω πίνακα δ

ιαπιστώνεται ότι η συνεισφορά των παραμέτρων έγγυται κυρίως στη βελτίωση της υψομετρικής ακρίβειας. (*W. Kornus et al, 2003*).

2.4 Leica Geosystems

2.4.1 ADS80 Τεχνική Περιγραφή

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	Leica Geosystems
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ	ADS 80
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	Διάμετρος 39, Ύψος 79
ΒΑΡΟΣ	61 -
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΚΩΝ	1
ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	62.5
ΑΡΙΘΜΟΣ CCD	SH81:8, SH82:12
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	12 γραμμές x 6.5μm x 72 mm
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΝΑ CCD	12000 ανά γραμμή
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	6.5 μm
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	1 ανά γραμμή
ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	12000
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	16 bit
ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	>=1.25 msec
ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	Pan ,R,G,B,Inf
Η/Υ	NAI
ΜΟΝΑΔΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	Solid State
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	NAI
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	



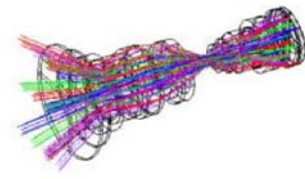
Εικόνα 2-13: Η ADS80

«Σύγκριση Αναλογικών Και Ψηφιακών Μηχανών Αεροφωτογράφισης. Η Οικονομική Προέκταση
Της Μετάβασης»

Αναστάσιος Χρ. Καλόγρηας Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π

ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	
ΑΚΡΙΒΕΙΑ	±0.6pix
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΗΣΗ	ΝΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΝΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	

Πίνακας 2-7

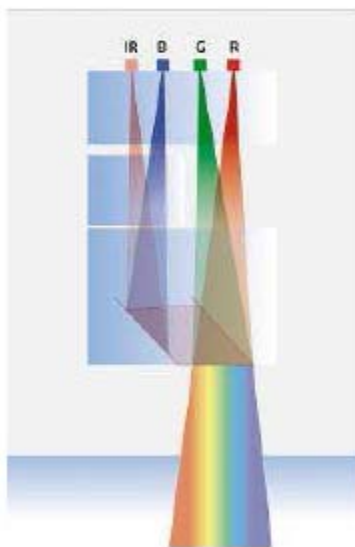


Εικόνα 2-14: Ένας
ΤηλεΦακός και λιγιστά
μέρη

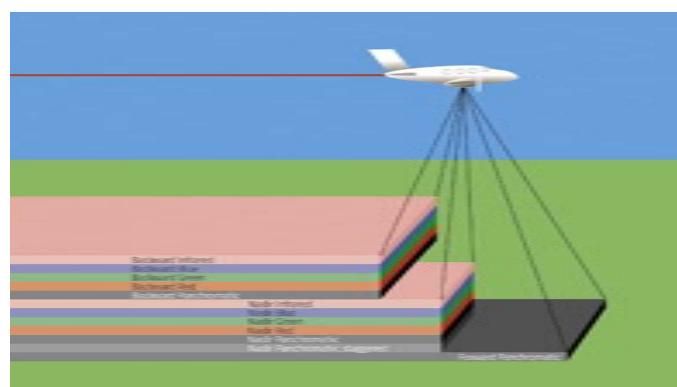
Η ADS80 αποτελεί τη εξέλιξη της ADS40. Πρόκειται για τη μηχανή με το μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά και τον πλέον εξελιγμένο γραμμικό σαρωτή. Η φιλοσοφία λειτουργίας των γραμμικών σαρωτών διαφέρει από εκείνο των μηχανών που χρησιμοποιούν επιφανειακά ccd. Η ADS80 χρησιμοποιεί ένα φακό από τον οποίο εισέρχεται το σύνολο της δέσμης των ακτινών (εικόνα 2-14). Εν συνεχεία μέσω μιας πρισματικής διάταξης φίλτρων (tetrachroid) κάθε κανάλι αποθηκεύεται σε διαφορετική γραμμή. Με τον όρο γραμμή νοείται ένας γραμμικός αισθητήρας ο οποίος για την ADS80 αποτελείται από 12000 pixels διάστασης 6.5μm. Καθώς το αεροσκάφος κινείται, οι σαρώσεις του αναγλύφου πραγματοποιούνται σε τρία διαφορετικά επίπεδα, το εμπρόσθιο, το σχεδόν κατακόρυφο και το οπίσθιο (εικόνα 2-16). Ο λόγος για τον οποίο πραγματοποιείται η συγκεκριμένη σάρωση είναι κυρίως για τη συλλογή κάθε δυνατής πληροφορίας του ανάγλυφου και των αντικείμενων που

το συνθέτουν από τις περισσότερες δυνατές γωνίες. Παράλληλα δημιουργείται τεχνητά 100 % επικάλυψη κατά μήκος που επιτρέπει τη στερεοσκοπική όραση μετά την εξαγωγή των εικόνων προς επεξεργασία.

Παρατηρώντας την εικόνα 2-16 γίνεται αντιληπτό ότι στη ναδρική και την οπίσθια λήψη λαμβάνονται 5 κανάλια ενώ στη εμπρόσθια 1. Κάθε κανάλι εκτός του πανχρωματικού αποθηκεύεται σε έναν γραμμικό αισθητήρα. Το πανχρωματικό αποθηκεύεται σε 2



Εικόνα 2-15: Σύστημα Tatrachroid
γραμμικούς αισθητήρες με επικάλυψη 50 % με αποτέλεσμα την αύξηση της λεπτομέρειας καταγραφής της εικόνας. Αθροίζοντας τα



Εικόνα 2-16: Σάρωση σε τρεις τομές

ανωτέρω γίνεται αντιληπτό ότι σε κάθε σημείο σάρωσης αντιστοιχούν 13 γραμμές

σάρωσης.

Από πλευράς γεωαναφοράς, ο τρόπος λειτουργίας των γραμμικών σαρωτών επιβάλλει την ύπαρξη DGPS/IMU συστημάτων που για της ADS80 είναι το IPAS 20 συμβατό με GPS, GALLILEO και GLONASS καθώς και με όλα τα συστήματα IMU. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε γραμμή σάρωσης έχει τη δική της γεωαναφορά η οποία είναι απαραίτητο να καταγράφεται έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί σε μεταγενέστερο χρόνο η επανασύσταση της εικόνας προς παραγωγή τελικών προϊόντων. Το σύστημα καταγραφής στοιχείων εξωτερικού προσανατολισμού είναι πολύ σημαντικό στην όλη διαδικασία καθώς τα στοιχεία πρέπει να καταγράφονται με τελική ακρίβεια μικρότερη του μεγέθους της εδαφοψηφίδας. Σε αντίθετη περίπτωση μετά την σύσταση της τελικής εικόνας εμφανίζεται πληθώρα διαστροφών, γεωμετρικών και ραδιομετρικών προβλημάτων.

Όπως και οι υπόλοιπες μηχανές έτσι και η ADS80 εδράζεται επί γυροσκοπικής βάσης – την PAV -80 – και διαθέτει πλήρη σειρά λογισμικών για το κατέβασμα και την παραγωγή των εικόνων προς επεξεργασία.

2.4.2 ADS80 Γεωμετρική Ακρίβεια

Στον πίνακα 2.8 παρουσιάζονται τα σφάλματα εξωτερικού προσανατολισμού για 4 διαφορετικά μεγέθη εδαφοψηφίδας. Αναλύονται περιπτώσεις στις οποίες κατά την ορθοδιόρθωση χρησιμοποιείται η ακριβής εφημερίδα των δορυφόρων – PPP – χωρίς την ύπαρξη σταθμών βάσης στο έδαφος ή επιλύονται συνεχώς βάσεις μέσω της διαφοράς φάσης των εκπεμπόμενων και λαμβανόμενων παλμών μεταξύ του σημείου του αεροσκάφους και των σταθμών βάσης.

Mission Type	Mission Parameters		5 cm GSD				10 cm GSD		15 cm GSD		20 cm GSD	
	GNSS data	GNSS ground ref station	Aero-triangulation	GCPs	Relative (pixels)	absolute (cm)	Relative (pixels)	absolute (cm)	Relative (pixels)	absolute (cm)	Relative (pixels)	absolute (cm)
1	PPP	no	no	no	5	< 100	5	< 100	5	< 100	5	< 100
2			yes	no	1	< 50	1	< 50	1	< 50	1	< 50
3			yes	yes	0.5	< 5	0.5	< 10	0.5	< 15	0.5	< 20
4	phase differential	yes	no	no	5	< 100	5	< 100	5	< 100	5	< 100
5			yes	no	1	< 50	1	< 50	1	< 50	1	< 50

6			yes	yes	0.5	< 5	0.5	< 6	0.5	< 8	0.5	< 10
---	--	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Πίνακας 2-8: Πίνακας Μέσων Τετραγωνικών Σφαλμάτων για την ADS80

Εν συνεχεία εξετάζονται περιπτώσεις όπου κάθε εικόνα εξετάζεται αυτόνομα ως προς τη γεωαναφορά της χωρίς φωτοσταθερά. Ακολουθεί αεροτριγωνισμός των εικόνων χωρίς φωτοσταθερά και τελικά πραγματοποιείται αεροτριγωνισμός των εικόνων με τη χρήση φωτοσταθερών.

Μελετώντας προσεκτικά τον πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων του εξωτερικού προσανατολισμού δεν εξαρτάται τόσο από μέγεθος της εδαφοψηφίδας όσο από τη διαδικασία που ακολουθείται. Η χρήση των ακριβών εφημερίδων των δορυφόρων μοιάζει να επιφέρει παρόμοια αποτελέσματα με τη χρήση σταθμών βάσης – αναφοράς στο έδαφος. Στην επιλογή της μιας ή της άλλης μεθόδου πρέπει να συνυπολογιστεί το χρονικό κόστος απόκτησης της ακριβούς εφημερίδας για το σύνολο των δορυφόρων που ανέτειλαν κατά τη διάρκεια της πτήσης από τη μια, και από την άλλη το κόστος σε ανθρώπινο δυναμικό, εργατοώρες και εξοπλισμό για τον ή τους σταθμούς βάσης που απαιτούνται. Σε κάθε περίπτωση πάντως η χρήση των φωτοσταθερών όπως ήταν αναμενόμενο επιφέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα που σε κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις είναι μικρότερα της εδαφοψηφίδας.

2.5 Jena Optronik

2.5.1 Jas-150 Τεχνική Περιγραφή

Η JAS 150 αποτελεί έναν δεύτερο γραμμικό σαρωτή για την αγορά. Παρουσιάστηκε τον Σεπτέμβριο του 2007 και ακολουθεί τη λογική συλλογής δεδομένων μέσω γραμμικών σαρώσεων της γήινης επιφάνειας.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	Jena Optronik
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ	JAS 150
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	46 cm x 57 cm x 49 cm
ΒΑΡΟΣ	61 -65
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΚΩΝ	1
ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	150
ΑΡΙΘΜΟΣ CCD	9 γραμμές
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΝΑ CCD	12000 ανά γραμμή
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	6.5 μm
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	1 ανά γραμμή
ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	12000
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	16 bit
ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	1.26 msec
ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	Pan ,R,G,B,Inf
Η/Υ	Δεν απαιτείται επιπρόσθετος
ΜΟΝΑΔΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	NAI
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	NAI
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	NAI
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	86400000 bit/sec
ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	Geotiff
ΑΚΡΙΒΕΙΑ	<1 pix
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΗΣΗ	NAI
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	NAI
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	

Πίνακας 2-9

Και εδώ όπως και στην ADS80 χρησιμοποιείται ένας τηλεφακός τηλεφακός από τον οποίο εισέρχεται το σύνολο της ακτινοβολίας στην περιοχή των γραμμικών κώκων ccd.



Εικόνα 2-17: Η JAS - 150

Ο συγκεκριμένος σαρωτής διαθέτει 9 γραμμές ccd. Από αυτές οι 5 χρησιμοποιούνται για πανχρωματικές λήψεις ενώ οι υπόλοιποι 4 για πολυφασματικές. Στην εικόνα 2-18 παρουσιάζεται ο τρόπος λήψης των διαφόρων καναλιών για την JAS – 150. Παρατηρείται ότι το πανχρωματικό κανάλι λαμβάνεται σε 5 διαφορετικές γωνίες έναντι τριών της ADS80. Υπάρχουν δύο εμπρόσθιες, δύο οπίσθιες και μια ναυτικική λήψη. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια καλύτερη κάλυψη της φυσικής γήινης επιφάνειας χωρίς πολλά

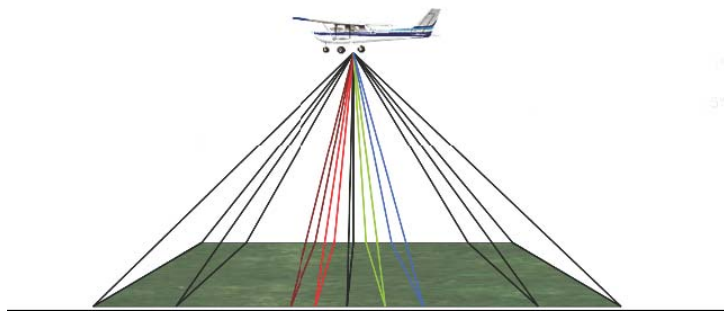
σημεία μη απεικονιζόμενα.

Παράλληλα διασφαλίζεται εξαιρετική στερεοσκοπική όραση με αποτέλεσμα την αυτόματη εξαγωγή

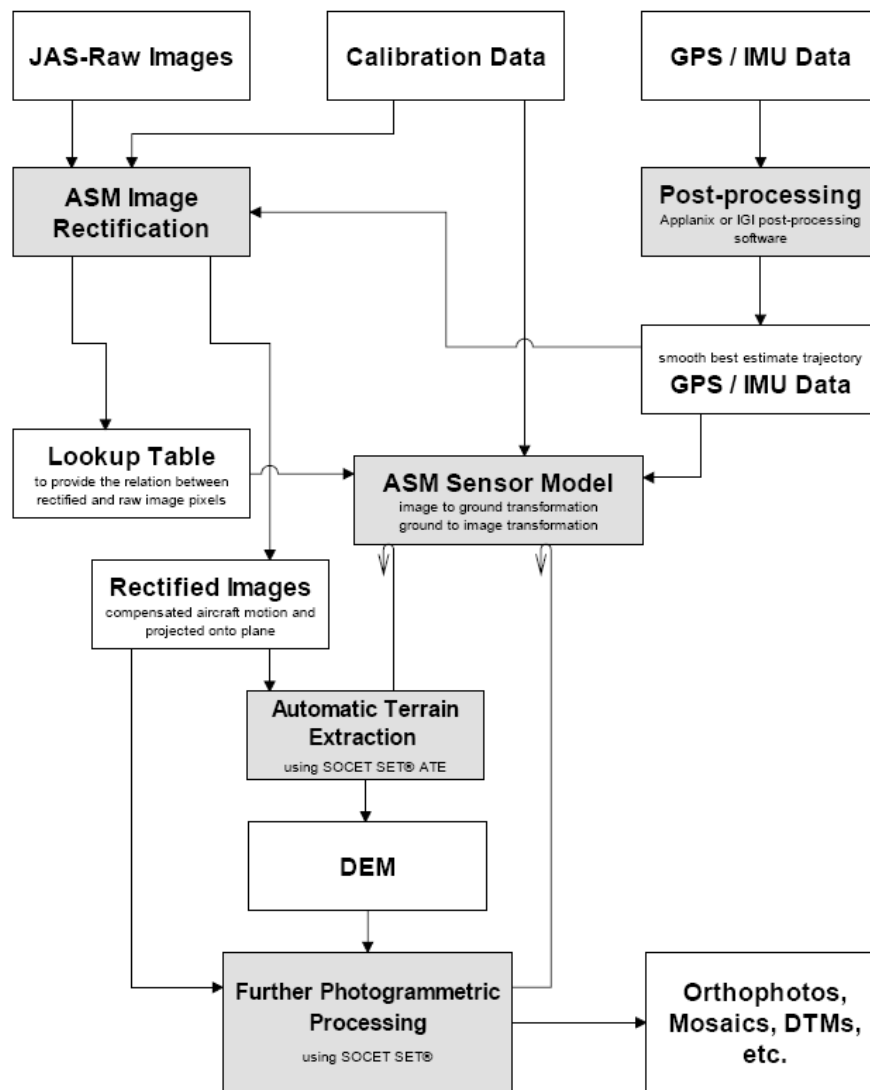
Ψηφιακών Μοντέλων Αναγλύφου πολύ καλή

ποιότητας και ακριβείας. Εν αντιθέσει με την ADS80 η JAS 150 πραγματοποιεί πολυφασματικές λήψεις μόνο σε μία γωνία – Μπλέ, Πράσινο σε Οπίσθια Λήψη και Κόκκινο , Εγγύς Υπέρυθρο σε Εμπρόσθια Λήψη. Το γεγονός αυτό επιφέρει υποβάθμιση σε ένα έγχρωμο σύνθετο αποτέλεσμα καθώς στην εικόνα θα υπάρχουν αρκετά σημεία όπου ο τόνος δεν θα είναι πραγματικός αλλά θα έχει προκύψει από παρεμβολή. Έτσι το τελικό προϊόν αναμένεται να εμφανίζει σημεία ασάφειας τα οποία για το μέγεθος εδαφοψηφίδας των ψηφιακών μηχανών γίνονται ιδιαίτερα αισθητά.

Η JAS 150 έχει επενδύσει το ανταγωνιστικό της πλεονέκτημα στην πλήρη αυτοματοποίηση των διαδικασιών από τη λήψη έως τη παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Βασικό της πλεονέκτημα είναι η συνεργασία με τη Socet Set



Εικόνα 2-18: Τρόπος Λήψης Jas - 150



Σχήμα 2-1: Διάγραμμα Ροής Λεδομένων της JAS 150

Ακλουθώντας την παγίως χρησιμοποιούμενη μέθοδο, τα μητρικά δεδομένα λήψης διορθώνονται βάσει των παραμέτρων βαθμονόμησης της μηχανής και των επεξεργασμένων στο γραφείο δεδομένων των GPS/IMU συστημάτων. Έτσι καθορίζεται η σχέση μεταξύ των μητρικών δεδομένων και της διορθωμένης από εσωτερικές διαστροφές και σφάλματα εικόνας. Στη συνέχεια η διορθωμένη εικόνα με βάση τα στοιχεία εξωτερικού προσανατολισμού γεωαναφέρεται. Επί της ουσίας, κάθε γραμμή γεωαναφέρεται ξεχωριστά και συντίθεται το τελικό αποτέλεσμα. Οι εικόνες αυτές στη συνέχεια εισάγονται στο Socet Set με αποτέλεσμα την αυτόματη εξαγωγή ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου και την περαιτέρω επεξεργασία τους. Περαιτέρω διερεύνηση χρήζει το θέμα της παραγωγής έγχρωμων σύνθετων αποτελεσμάτων και της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του χρώματος.

Αν και δεν αναφέρεται πρωθύστερα, η JAS 150 μπορεί να τοποθετηθεί σε κάθε μια από τις γνωστές γυροσκοπικές βάσεις της αγοράς συνδεδεμένη με GNSS/IMU συστήματα.

2.6 Jena Optronik

2.6.1 3-DAS-1 Τεχνική Περιγραφή

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	Geosystem
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ	3-DAS-1
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	56 cm x 26 cm x 42 cm
ΒΑΡΟΣ	42
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΚΩΝ	3
ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	110
ΑΡΙΘΜΟΣ CCD	3
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	72.018x0.216
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΝΑ CCD	8002
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	9 μm
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	ΑΠΕΡΙΟΡΙΣΤΗ
ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	8002
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	14 bit
ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	1.3 – 4.0 msec
ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	R,G,B
Η/Υ	RAID3
ΜΟΝΑΔΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΝΑΙ
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	ΝΑΙ
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	ΝΑΙ
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	18 -54 MB
ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	RAW, TIF, JPEG
ΑΚΡΙΒΕΙΑ	<1 pix
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΗΣΗ	ΝΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΟΧΙ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	

Πίνακας 2-10

απόστασης 110 mm. Μια ακόμη διαφορά εντοπίζεται στα προϊόντα συλλογής του. Ο συγκεκριμένος σαρωτής συλλέγει μέσω των τριών φακών εικόνες μόνο στο Κόκκινο, το Πράσινο και το Μπλέ τμήμα της Η/Μ ακτινοβολίας, δεν συλλέγεται δηλαδή το

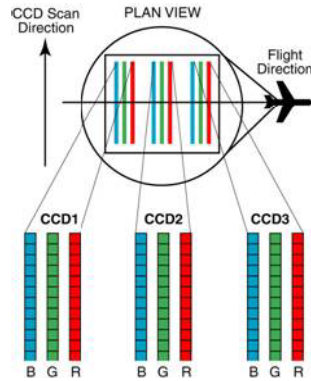


Εικόνα 2-19: Η 3-DAS-1

Η 3-DAS-1 εισήχθη στην αγορά το 2004 με τα τεχνικά της χαρακτηριστικά να παρουσιάζονται στον πίνακα 2-10. Πρόκειται για μια διαφορετική φιλοσοφία στη λήψη εικόνων από εναέριους γραμμικούς σαρωτές.

Εν αντιθέσει με τους προηγούμενους σαρωτές, αυτός χρησιμοποιεί τρεις διαφορετικούς φακούς για την εμπρόσθια, τη ναδερική και την οπίσθια λήψη εστιακής

Εγγύς υπέρυθρο ενώ δεν λαμβάνεται καθόλου πανχρωματική λήψη. Επιπρόσθετα η συλλεχθείσα πληροφορία δεν αποθηκεύεται μέσω διαφορετικού ccd αλλά κατά τη λήψη συντίθεται το έγχρωμο σύνθετο το οποίο και απεικονίζεται (εικόνα 2-20).



Δεδομένων των ανωτέρω, η 3-DAS-1 παρουσιάζεται ως μια ιδιαίτερα οικονομική λύση ως προς την αγορά της όμως δεν εμφανίζει ιδιαίτερα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα ως προς τα παραγόμενα προϊόντα της

Εικόνα 2-20: Τρόπος συλλογής πληροφορίας 3-DAS-1

2.6.2 3-DAS-1 Γεωμετρική Ακρίβεια

Τα αποτελέσματα από τη χρήση της ανωτέρω μηχανής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

			ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (μ)								
			ΟΠΙΣΘΙΑ - ΝΑΔΙΡΙΚΗ (16°)			ΟΠΙΣΘΙΑ - ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ (42°)			ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ - ΝΑΔΙΡΙΚΗ (26°)		
ΚΛΙΜΑΚΑ	ΥΨΟΣ ΠΤΗΣΗΣ(μ)	GSD(εκ)	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
8000	880	7.2	0.03	0.03	0.06	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
12000	1320	10.8	0.04	0.03	0.1	0.02	0.03	0.06	0.03	0.03	0.07
16000	1760	1.4	0.05	0.04	0.12	0.06	0.05	0.08	0.06	0.05	0.09

Πίνακας 2-11

Τα παραπάνω αποτελέσματα αναφέρονται σε στερεοσκοπικές σκοπεύσεις 27 φωτοσταθερών.

3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ

Γενικά

Από την προηγούμενη ανάλυση προκύπτει η ανάγκη συγκριτικής ανάλυσης των γραμμικών και επιφανειακών μηχανών αεροφωτογράφισης. Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί με τη σύγκριση των γραμμικών σαρωτών αεροφωτογράφισης και των μηχανών αεροφωτογράφισης πολλαπλών επιφανειακών αισθητήρων. Εν συνεχεία θα ακολουθήσει σύγκριση μεταξύ των μηχανών πολλαπλών επιφανειακών αισθητήρων μεταξύ τους. Για να ολοκληρωθεί με τη σύγκριση των δορυφορικών εικόνων με εκείνες που λαμβάνονται από ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης.

3.1 Σύγκριση ψηφιακών γραμμικών σαρωτών και μηχανών πολλαπλών επιφανειακών αισθητήρων

Η ανωτέρω σύγκριση θα πραγματοποιηθεί αξιολογώντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των δύο κατηγοριών ψηφιακών δεκτών που αναφέρθηκαν. Παράλληλα θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των εσωτερικών και των εξωτερικών διαγραμμάτων ροής δεδομένων μέχρι την παραγωγή των τελικών προϊόντων.

Σε ό,τι αφορά τους γραμμικούς σαρωτές, πρέπει να επισημανθεί ότι κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη ενός DGPS/IMU συστήματος για την γεωαναφορά του κάθε εικονοστοιχείου της κάθε γραμμής της εικόνας. Αντίθετα στις μηχανές επιφανειακών δεκτών κάθε εικόνα μπορεί να γεωαναφερθεί μέσω αεροτριγωνισμού εκ των υστέρων. Η γεωμετρία της αρχικής εικόνας στους γραμμικούς σαρωτές προκύπτει μέσω της σύνθεσης της εμπρόσθιας, οπίσθιας και ναδιρικής λείψεις πράγμα που οδηγεί σε απλή γεωμετρία ορθής προβολής. Οι επιφανειακοί δέκτες οδηγούν σε κεντρικές προβολές που αποτελούν πιο σύνθετη γεωμετρία.

Καθώς η πλατφόρμα των γραμμικών σαρωτών ίπταται με συγκεκριμένη ταχύτητα σε συγκεκριμένο ύψος η γεωμετρική ανάλυση κατά μήκος είναι ανεξάρτητη του υψομέτρου και εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα της πτήσης. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε επιπρόσθετους υπολογισμούς προς δημιουργία τετράγωνου εικονοστοιχείου. Οι επιφανειακοί σαρωτές από την άλλη ακολουθώντας το κλασικό μοντέλο κεντρικής προβολής μεταβάλλουν τη χωρική ανάλυση ανάλογα με το ύψος

πτήσης.

Από πλευράς ραδιομετρίας κάθε γραμμικός σαρωτής αποθηκεύει την πληροφορία των πέντε καναλιών (πανχρωματικό κόκκινο, πράσινο, μπλε, εγγύς υπέρυθρο) σε ξεχωριστά επίπεδα με ξεχωριστή γνωστή γεωαναφορά ίδιας χωρικής ανάλυσης. Το γεγονός αυτό απαλλάσσει τις τελικές εικόνες από τη διαδικασία του pansharpening. Όπως είναι γνωστό η επιφανειακοί δέκτες διαθέτουν αισθητήρες διαφορετικής χωρικής ανάλυσης μεταξύ του πανχρωματικού και των υπολοίπων καναλιών. Για τον λόγο αυτό η διαδικασία του pansharpening είναι επιβεβλημένη. Από την μία η διαδικασία αυτή μπορεί να επιφέρει ραδιομετρικές αλλαγές ή προβλήματα στο τελικό προϊόν. Από την άλλη όμως η μη ύπαρξή του στους γραμμικούς σαρωτές, καθιστά ως μόνο εργαλείο αύξησης της χωρικής ανάλυσης έγχρωμων εικόνων, τη μείωση του χρόνου καταγραφής πληροφορίας, πράγμα που συνεπάγεται τη μείωση του χρόνου μεταξύ δύο λήψεων.

Σε ό,τι αφορά τον όγκο της συλλεχθείσας πληροφορίας για την ίδια περιοχή και τον ίδιο αριθμό καναλιών, πρέπει να αναφερθεί ότι οι μηχανές επιφανειακών αισθητήρων υπερέχουν. Όπως φαίνεται και από την επικάλυψη, για τους γραμμικούς σαρωτές αυτή είναι 100% σε 3 λωρίδες σάρωσης κατά μήκος, ενώ οι μηχανές επιφανειακών αισθητήρων πραγματοποιούν λήψεις με επικάλυψη 20% κατά πλάτος και μεγαλύτερη του 60% κατά μήκος.

Πολλές φορές για συγκεκριμένες εφαρμογές (3D City Modeling) η ανωτέρω διαφοροποίηση μπορεί να οδηγήσει στην επιλογή του ενός έναντι του άλλου τύπου δέκτη. Καθώς οι γραμμικοί σαρωτές καλύπτουν με μεγαλύτερη πληρότητα (3 ζώνες) και με μεγαλύτερη πιστότητα (R,G,B,NIR στην ίδια χωρική ανάλυση και σε 3 ζώνες) κρίνονται καλύτεροι για την τρισδιάστατη ανάπλαση πόλεων και άλλων ανθρωπίνων κατασκευών. Για να καταστεί δυνατό από τους επιφανειακούς σαρωτές να λάβουν την ίδια ποσότητα πληροφορίας πρέπει να αυξηθεί η κατά μήκος και κατά πλάτος επικάλυψη. Αυτό οδηγεί αυτόματα στην αύξηση του όγκου των λαμβανόμενων δεδομένων του υπολογιστικού φόρτου και του τελικού κόστους του έργου. Σε ό,τι αφορά την ποιότητα των ίδιων έργων, αλλά και γενικότερα των παραγόμενων έγχρωμων σύνθετων εικόνων αναφέρεται ότι ο χρωματισμός στα κενά εικονοστοιχεία

μπορεί να διορθωθεί είτε με παρεμβολή είτε με επικάλυψη. Επειδή το σύστημα λήψεις των γραμμικών σαρωτών λαμβάνει τον τόνο του κάθε εικονοστοιχείου για κάθε κανάλι μία μόνο φορά η αναπλήρωση του τόνου ενός χαμένου εικονοστοιχείου μπορεί να γίνει μόνο με παρεμβολή. Αντίθετα οι επιφανειακοί σαρωτές λαμβάνοντας τις πολυφασματικές εικόνες σε διαφορετική χωρική ανάλυση απ' ότι την πανχρωματική, μπορούν να αναδομήσουν τον τόνο των χαμένων εικονοστοιχείων τόσο με παρεμβολή όσο και με επικάλυψη.

Η λογική και ο μηχανισμός αντιστάθμισης εμπρόσθιας κίνησης του αεροσκάφους, αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα σύγκρισης των δύο τύπων ψηφιακών δεκτών. Έχει παρατηρηθεί ότι σε αρκετά υψηλές χωρικές αναλύσεις και μεγάλες ταχύτητες του αεροσκάφους, οι γραμμικοί σαρωτές εμφανίζουν ασάφειες στην εικόνα (θόλωμα), πράγμα που οφείλεται σε μη αντίστοιχης ακρίβειας δεδομένων γεωαναφοράς από τα GPS/IMU συστήματα. Αντίθετα οι μηχανές επιφανειακών αισθητήρων εφαρμόζοντας συστήματα TDI, καταφέρνουν να αντιμετωπίσουν την εμπρόσθια κίνηση του αεροσκάφους.

Από την εμπειρία στα διάφορα έργα που έχουν διεξαχθεί χρησιμοποιώντας και τους δύο τύπους μηχανών, διαπιστώνεται ότι η 100% επικάλυψη κατά μήκος σε 3 λωρίδες οδηγεί σε καλύτερης ποιότητας ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι για τέτοιου είδους έργα οι γραμμικοί σαρωτές είναι πιο αξιόπιστοι και φέρουν καλύτερα αποτελέσματα από τις μηχανές επιφανειακών αισθητήρων.

Οι μηχανές επιφανειακών αισθητήρων παρουσιάζουν μία γεωμετρία λήψης που προσαρμόζεται καλύτερα στη συνηθισμένη ροή εργασιών που εφαρμόζεται για τις αναλογικές εικόνες. Λογισμικά και ανθρώπινο δυναμικό είναι περισσότερο έμπειρα σ' αυτού του είδους διάγραμμα ροής εργασιών. Τα προϊόντα αυτών των μηχανών παρουσιάζουν εξαιρετική ακρίβεια από πλευράς ραδιομετρίας και γεωμετρίας, ενώ η χρήση τους σε έργα χαρτογράφησης και τηλεπισκόπησης είναι ευρεία. Εάν υποθέσουμε ότι μία εταιρία δραστηριοποιείται ήδη στον χώρο των αεροφωτογραφίσεων, τότε θεωρείται δεδομένη γι' αυτήν η υλοποίηση της ροής εργασιών που αφορά στην παραγωγή τελικών προϊόντων (ορθοφωτοχάρτες, ΨΜΑ, κ.ά.) της ροής εργασιών που αναφέρεται σε αναλογικές λήψεις. Τόσο το ανθρώπινο

δυναμικό της εταιρίας όσο και η υλικοτεχνική της υποδομή είναι υπενδεδυμένη επάνω σε αυτή τη ροή. Εάν η συγκεκριμένη εταιρία προβεί στην αγορά ενός γραμμικού σαρωτή, θα αναγκαστεί να προσθέσει στο ήδη υψηλό κόστος αγοράς το κόστος αγοράς διαφορετικών λογισμικών και εκπαίδευσης του προσωπικού. Προσθέτοντας στα παραπάνω και το κόστος που απορρέει από την έλλειψη εμπειρίας του προσωπικού, γίνεται αντιληπτό ότι για μια τέτοια είδους εταιρία η ορθότερη επιλογή για την αγορά μιας ψηφιακής μηχανής αεροφωτογράφισης θα ήταν εκείνη των πολλαπλών επιφανειακών σαρωτών.

3.2 Ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης πολλαπλών αισθητήρων. Μεταξύ τους σύγκριση.

Η παράγραφος αυτή διαπραγματεύεται τη συγκριτική θεώρηση μεταξύ ψηφιακών μηχανών αεροφωτογράφισης μεγάλου format. Παρακάτω θα συγκριθούν η UltraCam Xr της Microsoft Vexcel και η DMC της Z/I Integraph. Αρχικώς θα αξιολογηθούν τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια θα αναφερθούν λεπτομέρειες ως προς τη ραδιομετρική τους και τη γεωμετρική τους ακρίβεια. Τέλος, θα γίνει προσπάθεια επιλογής μιας εκ των δύο με βάση την τιμή τους και τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της κάθε μιας σε εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί.

Βάση των τεχνικών χαρακτηριστικών της η UltraCam Xr εμφανίζεται αρκετά ελαφρύτερη της DMC πράγμα που μειώνει το κόστος κάθε πτήσης. Από πλευράς συστήματος φακών και λήψης οι δύο μηχανές είναι ίδιες με τις μεταξύ τους διαφορές να βρίσκονται στις εστιακές αποστάσεις των φακών και τη διάμετρο των διαφραγμάτων. Από πλευράς ραδιομετρικής δυνατότητας και οι δύο λαμβάνουν στα 12bit με δυνατότητα μετατροπής σε 8 ή 16bit με τη χρήση 14bit μετατροπέα. Η αυτονομία και των δύο μηχανών είναι απεριόριστη, καθώς διαθέτουν λογισμικά και μονάδες αποθήκευσης δεδομένων άμεσα εναλλασσόμενες. Ο ενδιάμεσος χρόνος έκθεσης από λήψη σε λήψη και για τις δύο μηχανές είναι περίπου στα 2sec.

Οι διαφορές μεταξύ των δύο μηχανών παρά τις πολλές ομοιότητές τους είναι σημαντικές. Ξεκινώντας από την πιο λεπτομερειακή, πρέπει να αναφερθεί ότι η UltraCam Xr χρησιμοποιεί μικρότερα διαφράγματα από την DMC. Το γεγονός αυτό

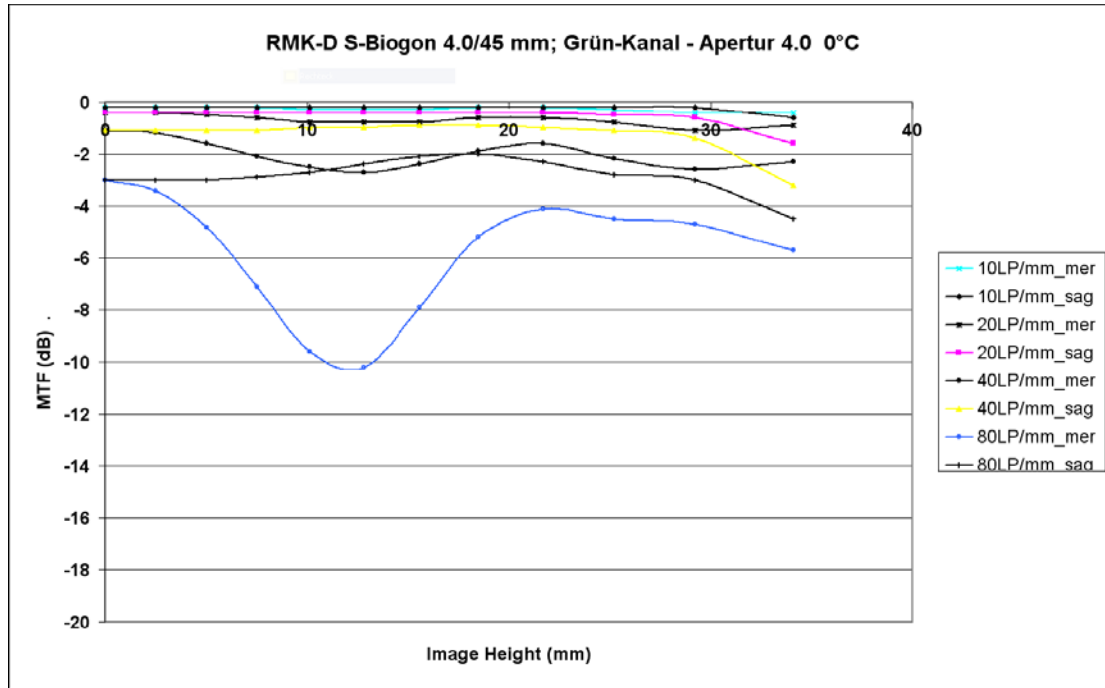
σε συνδυασμό με το μικρότερο φυσικό μέγεθος εικονοστοιχείου (6 μm έναντι 12 μm της DMC) οδηγεί σε μειωμένη ραδιομετρική αξιοπιστία. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μικροκυματικής φύσης του φωτός. Όταν ένα κύμα διέρχεται από σημειακή οπή τότε αυτομάτως δημιουργούνται νέα κύματα μεταβλητού μήκους. Έτσι πλέον η ακτίνα του φωτός δεν μπορεί να θεωρείται ευθεία γραμμή, αλλά καμπύλη. Δεν πρόκειται για πρόβλημα του φακού αλλά για το γνωστό φαινόμενο της διάθλασης. Το γεγονός αυτό αν δεν αντιμετωπιστεί οδηγεί σε αυξημένα προβλήματα διαστρωφών στην εικόνα. Για τον λόγο αυτό κάθε ψηφιακή μηχανή βαθμονομείται πριν από την εκτέλεση κάθε πτήσης. Όπως στις αναλογικές ψηφιακές μηχανές οι παράμετροι του εσωτερικού προσανατολισμού, έτσι και στις ψηφιακές η διαφορά έγκειται στον αριθμό των παραμέτρων που κάθε φορά απαιτούνται. Ο αριθμός αυτός ποικίλει από μηχανή σε μηχανή. Για την Ultra Cam Xr απαιτούνται περισσότερες παράμετροι από ότι στη DMC.

Οι R. Passini και K. Jacobsen το 2008 στο Πεκίνο παρουσίασαν μια συγκριτική μελέτη μεταξύ των ανωτέρω μηχανών. Χρησιμοποιήθηκαν εικόνες ίσου μεγέθους εδαφοψηφίδας από τρία διαφορετικά πεδία δοκιμών στα οποία είχαν μετρηθεί φωτοσταθερά με ακρίβεια ± 2 cm. Οι εικόνες ελέγχθηκαν για την ραδιομετρική τους οξύτητα και τη γεωμετρική τους ακρίβεια.

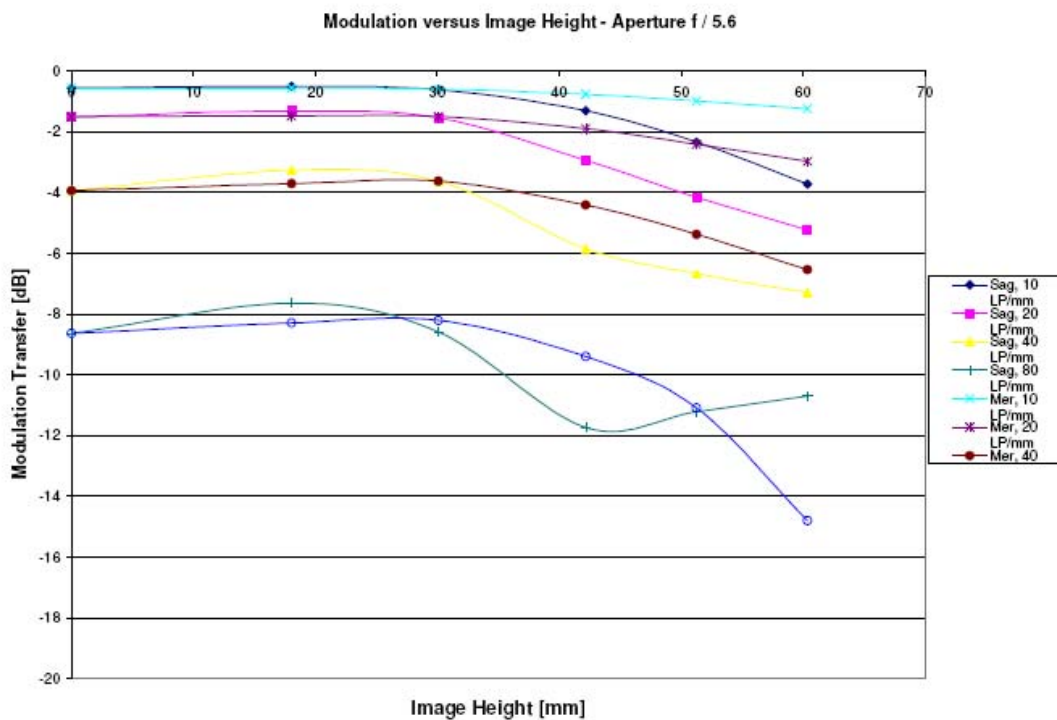
Η ραδιομετρική οξύτητα ελέγχθηκε μέσω της του δείκτη MTF (Modulation Transfer Function). Η συνάρτηση αυτή αποτελεί ουσιαστικά το μέτρο πιστότητας της εικόνας. Είναι ο λόγος της αντίθεσης ενός αντικειμένου στην εικόνα προς την αντίθεση του ίδιου αντικειμένου στην πραγματικότητα. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συνάρτηση αυτή στις ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης είναι το σύστημα φακών (εστιακή απόσταση και διάμετρος διαφράγματος) καθώς και η μεταβλητότητα του συστήματος με τη διαφορά θερμοκρασίας. Στα γραφήματα 3-1 και 3-2 παρουσιάζονται οι τιμές της ανωτέρω συνάρτησης σε διάφορες συχνότητες επί της εικόνας (lp/mm) σε συνάρτηση με την απόσταση από το κέντρο του προς μελέτη αντικείμενου. (Jacobsen, K., 2008). Αντί της DMC παρουσιάζεται το γράφημα της RMK-D η οποία χρησιμοποιεί το ίδιο σύστημα φακών.

Από την άμεση σύγκριση των δύο γραφημάτων διαπιστώνεται ότι η DMC

παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιογένεια για διαφορετικές χωρικές συχνότητες με αισθητά υψηλότερες τιμές MTF που σημαίνει οξύτερη εικόνα. Έρευνες για τη μεταβλητότητα των MTF της Ultracam Χρ ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας δεν βρέθηκαν.



Γράφημα 3-1



Γράφημα 3-2

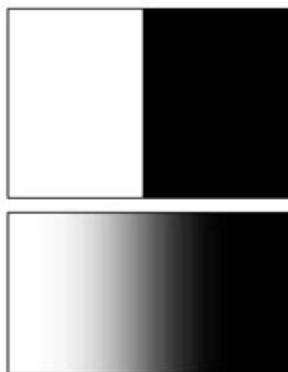
Ένας από τους λόγους για τους οποίους διαπιστώνεται η διαφοροποίηση αυτή ίσως είναι το διαφορετικό σύστημα φακών ($f/4$ έναντι $f/5.6$).

Άμεση συνέπεια των ανωτέρω αποτελεί η διαφορά στον συντελεστή πραγματικού μεγέθους εικονοστοιχείου (effective pixel size). Ο συγκεκριμένος συντελεστής προκύπτει από ανάλυση ακμών (edge analysis) επί της εικόνας. Συγκριτικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

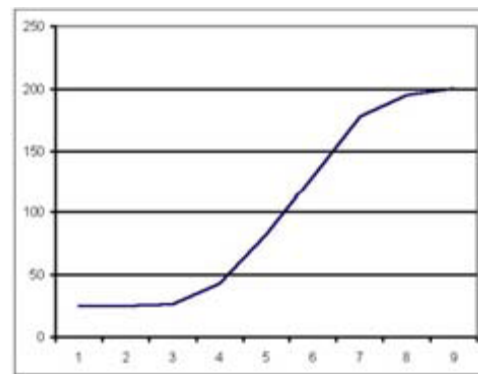
camera	Image type	Factor for effective pixel size
DMC	pansharpned	0.92
UltraCamX	pansharpned	1.23

Η εικόνα μιας ιδανικής ακμής παρουσιάζεται στο επάνω μέρος της εικόνας 3-2. Μετά τη φωτογράφησή

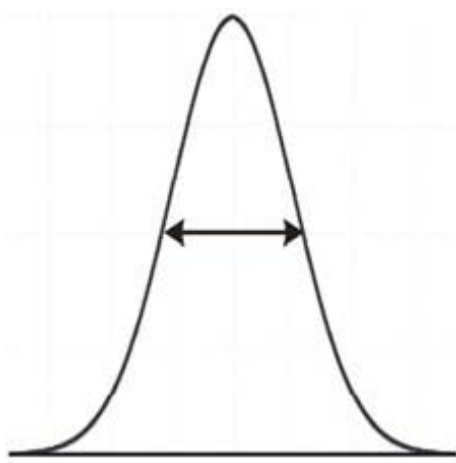
Πίνακας 3-1 της η ακμή απεικονίζεται όπως το κάτω μέρος της εικόνας 3-1. Η



Εικόνα 3-1: Επάνω ιδανική ακμή, κάτω ακμή επί της εικόνας



Εικόνα 3-2: Τονικό Profile κάθετης τομής επί της εικόνας



Εικόνα 3-3: Συνάρτηση Σημειακής Διάθλασης

διαφοροποίηση αυτή οφείλεται κυρίως στη κυματική φύση του φωτός η οποία οδηγεί σε φαινόμενα διάθλασης. Η διάθλαση εντοπίζεται στο ραδιομετρικό profile της ακμής καμπυλώνοντας τη. Όσο μεγαλύτερη είναι η καμπύλωση αυτή τόσο το εικονοστοιχείο δεν καταγράφει αληθή ποσότητα πληροφορίας, δηλαδή όσο μικρό και να είναι το φυσικό μέγεθος της εικονοψηφίδας δεν οδηγεί στην αύξηση της ανάλυσης της εικόνας. Η πληροφορία που καταγράφεται περιορίζεται από:

1. Τα φαινόμενα διάθλασης – το σύστημα φακών
2. Την αποτελεσματικότητα εφαρμογής του συστήματος αντιστάθμισης εμπρόσθιας κίνησης του αεροσκάφους
3. Τη μεταβλητότητα του συστήματος φακών ανάλογα με τη θερμοκρασία.

Οι συντελεστές που έχουν εξαχθεί για τις παραπάνω μηχανές ουσιαστικά οδηγούν σε μεταβολή της ωφέλιμης περιοχής φωτογράφισης από κάθε μηχανή. Η βασική σχέση που συνδέει το μέγεθος του pixel με το αντίστοιχο μέγεθος της εδαφοψηφίδας είναι:

$$GSD = PS * \frac{H_{fl}}{f} \quad (1) \text{ με } GSD \text{ το μέγεθος της εδαφοψηφίδας, } PS \text{ το φυσικό μέγεθος}$$

του pixel στο ccd, H_{fl} το ύψος πτήσης και f την εστιακή απόσταση της μηχανής. Δεδομένου του μεγέθους της εδαφοψηφίδας είναι προφανές ότι μία εικόνα της Ultracam Xp καλύπτει μεγαλύτερη περιοχή από μία εικόνα της DMC. Με βάση τις διαστάσεις των τελικώς παραγόμενων εικόνων σε pixels, τα εμβαδά κάλυψης σε μια κατακόρυφη λήψη με ίδιο μέγεθος εδαφοψηφίδας (GSD) για τις δύο μηχανές θα ήταν:

$$E_{UCMxp} = 195776100 * GSD \quad (1) \text{ και } E_{DMC} = 106168320 * GSD \quad (2)$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις παραπάνω εξισώσεις διαπιστώνεται ότι

$$E_{UCMxp} = 1.85 E_{DMC} \quad (3)$$

Από την εξίσωση 3 διαπιστώνεται ότι για κάθε εικόνα που λαμβάνει η Ultracam Xp απαιτούνται 1.85 εικόνες της DMC για να καλύψουν. Η διαφοροποίηση κατά τη πτήση εισέρχεται στο ύψος πτήσης όπου η UltraCam Xp θα πρέπει να πετάξει σε μεγαλύτερο ύψος από την DMC.

Με δεδομένο ότι οι δύο πτήσεις πραγματοποιούνται στο ίδιο ύψος είναι προφανές ότι η DMC εμφανίζει μικρότερο μέγεθος εδαφοψηφίδας καλύπτοντας μικρότερη περιοχή ανά εικόνα από την Ultracam Xp.

Η σύγκριση των ανωτέρω μηχανών σε ότι αφορά τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα που παρουσιάζουν κατά την ορθοδιόρθωση παρουσιάζονται εκτενώς από τους R. Passini, K. Jacobsen στη δημοσίευσή τους το 2008 με τίτλο «ACCURACY ANALYSIS OF LARGE SIZE DIGITAL AERIAL CAMERAS». Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι το βελτιωμένο σύστημα φακών της DMC οδηγεί σε χαμηλότερα επίπεδα σφάλματος κατά X,Y,Z από ότι η Ultracam X. Μάλιστα η Ultracam X εμφανίζεται χειρότερη κατά τον υπολογισμό των υψομέτρων από την RC30 και τις σαρωμένες εικόνες.

Συνοψολογίζοντας τα ανωτέρω διαπιστώνεται ότι η DMC υπερτερεί της Ultracam Χρ τόσο στα συστήματα φακών όσο και στα σφάλματα αεροτριγωνισμού. Φαίνεται ότι η σύνθεση της τελικής εικόνας από πολλές αρχικές δημιουργεί διαστροφές οι οποίες δεν εξαλείφονται ούτε με τη αυτοβαθμονόμηση αλλά ούτε και με τα τρέχοντα παραμετρικά μοντέλα. Παρόλα αυτά συντελεστής οικονομικότητας της Ultracam Χρ είναι προφανής. Μιας και η επένδυση για την αγορά ψηφιακής μηχανής αεροφωτογράφισης εμπεριέχει αρκετά μεγάλο ρίσκο, η επιλογή της Ultracam Χρ κρίνεται βέλτιστη.

3.3 Σύγκριση Ψηφιακών Μηχανών Αεροφωτογράφισης και Δορυφορικών Δεκτών

Αν και η σύγκριση μεταξύ δορυφορικών εικόνων και εικόνων από ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης κρίνεται εκ πρώτης όψεως αδύνατη, η ποικιλία των εφαρμογών, η συνεχώς μειούμενη ανάλυση των πρώτων και το μεγάλο εύρος αναλύσεων που επιτυγχάνονται με τις δεύτερες, την καθιστούν εφικτή.

Με βάση τις χωρικές αναλύσεις οι δορυφορικές εικόνες αποτελούν μοναδική οικονομική και ποιοτική λύση για έργα που απαιτούν εδαφοψηφίδα μεγαλύτερη του 1μ.. Από την άλλη για εφαρμογές που απαιτούν μέγεθος εδαφοψηφίδας μικρότερο του 0,5μ., η λύση των ψηφιακών μηχανών αεροφωτογράφισης αποτελεί πλέον μονόδρομο.

Οι δύο τύποι δεκτών παράγουν ψηφιακά προϊόντα με τη δυνατότητα απεικόνισης πολυφασματικών καναλιών. Η εσωτερική γεωμετρία των δεκτών είναι δεδομένη,

πολύ καλά γνωστή, ενώ συνεχώς παραμετροποιείται μέσω διαδικασιών αυτοβαθμονόμησης. Από ραδιομετρικής απόψεως η ομοιογένεια, η αξιοπιστία και η σταθερότητα θεωρείται δεδομένη σε όλο το εύρος της κάλυψης. Πάρα ταύτα η επιλογή μεταξύ των δύο τύπων δεκτών κρίνεται από τον οικονομικό και τον χρονικό παράγοντα. Οι δορυφορικοί δέκτες απαιτούν προγραμματισμό για κάθε λήψη. Ο προγραμματισμός αυτός γίνεται δυσκολότερος όταν πρόκειται για στερεοσκοπικές λήψεις. Τόσο η αδυναμία χρονικού προγραμματισμού όσο και το υψηλό κόστος λήψης οδηγούν πολλές φορές σε αδιέξοδα. Από την άλλη η λήψεις με ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης προσφέρουν άμεσα στερεοσκοπικές λήψεις πολύ καλής ποιότητας ραδιομετρικής και χωρικής. Επίσης η χωρική τους ανάλυση προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε έργου, ενώ η δορυφορικοί δέκτες έχουν δεδομένη ανάλυση. Από πλευράς ακριβείας γεωαναφοράς είναι προφανές ότι οι ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης υπερέχουν. Παράλληλα με τη χρήση GNSS/IMU συστημάτων αμέσου γεωαναφοράς μειώνεται ο χρόνος μέχρι τη παραγωγή τελικών προϊόντων και το κόστος μέτρησης φωτοσταθερών μειώνεται αισθητά καθώς αυτά χρησιμοποιούνται ως σημεία ελέγχου.

Σε ότι αφορά τα πνευματικά δικαιώματα των δορυφορικών εικόνων αυτά ανήκουν αποκλειστικά στον πάροχο και η εξαγορά τους αποτελεί αναβάθμιση της άδειας χρήσης με υπέρογκο κόστος. Οι εικόνες από ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης είναι διαπραγματεύσιμες ως προς την ιδιοκτησία τους με κόστος το οποίο συμπεριλαμβάνεται στο γενικότερο κόστος κάθε έργου.

Από πλευράς ποιότητας οι εικόνες από ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης είναι υψηλότερης ραδιομετρικής ανάλυσης (12-14bit dynamic range) ενώ οι αντίστοιχες δορυφορικές πιο χαμηλής (8-11bit dynamic range). Οι δορυφορικές εικόνες μειονεκτούν ως προς τη νεφοκάλυψη και τις διαστροφές που προκύπτουν λόγω της ατμοσφαιρικής διάθλασης. Μία ψηφιακή αεροφωτογράφιση προγραμματίζεται σε περιόδους μη νεφοκάλυψης με τις επιδράσεις λόγω ατμόσφαιρας να βρίσκονται στο ελάχιστο.

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για μεγαλύτερη ανάλυση εικόνων θα οδηγήσει σταδιακά στην ανάληψη ενός μεγαλύτερου μεριδίου της αγοράς

εικόνων από τις ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης έναντι των δορυφορικών.

4 ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΙ ΕΝΑΝΤΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ

Γενικά

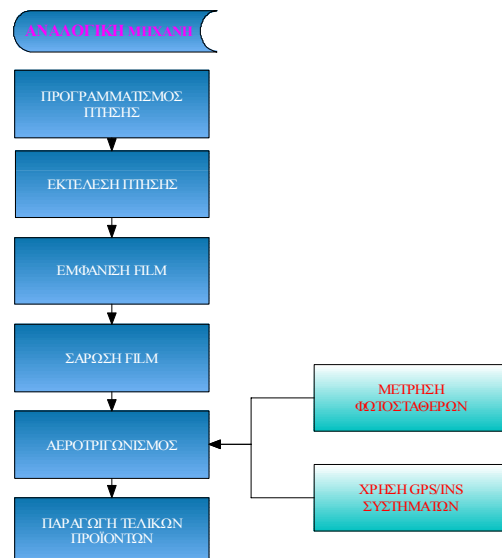
Με την εμφάνιση των πρώτων ψηφιακών δεκτών αεροφωτογράφισης ξεκίνησε ένας παγκόσμιος διάλογος για το αν οι αναλογικές μηχανές μπορούν και πώς να αντικατασταθούν από τις ψηφιακές. Η ανωτέρω σύγκριση επικεντρώνεται στον τεχνικό και τον οικονομικό τομέα. Στον τεχνικό τομέα τίθεται εξετάζεται το αν και κατά πόσο το προϊόντα των ψηφιακών προϊόντων είναι τουλάχιστον εφάμιλλα από ραδιομετρικής και γεωμετρικής άποψης με τα αναλογικά. Παράλληλα αναλύονται οι διαφοροποιήσεις στη γραμμή παραγωγής τελικών προϊόντων στη μια και στην άλλη περίπτωση. Ο ανωτέρω προβληματισμός οδηγεί στο οικονομικό σκέλος της σύγκρισης. Μιας και οι ψηφιακοί δέκτες αεροφωτογράφισης αποτελούν μία μεγάλη επένδυση για κάθε εταιρία, εξετάζεται το ρίσκο της επένδυσης αυτής καθώς και ο χρόνος απόσβεσής της. Σε ότι αφορά την ελληνική πραγματικότητα, αναλύεται ο ρόλος της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού στην όλη διαδικασία καθώς δια νόμου εμπλέκεται σε κάθε αεροφωτογράφιση μέσω της διαβάθμισης του συλλεγόμενου υλικού.

4.1 Ανάλυση Διαγράμματος Ροής Εργασιών Αναλογικών Δεκτών Αεροφωτογράφισης

Το διάγραμμα ροής εργασιών των αναλογικών δεκτών σε μια αεροφωτογράφιση αποτελεί μια πάγια διαδικασία η οποία έχει βελτιστοποιηθεί μέσω της μακροχρόνιας εφαρμογής της και της υιοθέτησης εργαλείων που ανέπτυξε η τεχνολογία (Γυροσκοπικές Βάσεις, GPS/IMU συστήματα). Διαγραμματικά η συγκεκριμένη Ροή εργασιών παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4-1.

Τα γενικά στάδια τα οποία περιλαμβάνονται στο συγκεκριμένο διάγραμμα είναι:

1. Ο προγραμματισμός πτήσης
2. Η εκτέλεση της Πτήσης



Διάγραμμα 4-1: Ροή Εργασιών Αναλογικών Μηχανών

3. Η εμφάνιση του film
4. Η σάρωση του film
5. Ο αεροτριγωνισμός
6. Η εξαγωγή τελικών προϊόντων.

Επισημαίνεται ότι για την εκτέλεση του αεροτριγωνισμού είναι απαραίτητη η μέτρηση φωτοσταθερών. Η ποσότητα και η θέση τους εξαρτάται από την ύπαρξη ή μη συστημάτων αμέσου γεωαναφοράς που συνεπάγονται τη καταγραφή δεδομένων για τον ακριβή υπολογισμό των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού για κάθε λαμβανόμενη φωτογραφία. Στη περίπτωση ύπαρξης, τα φωτοσταθερά χρησιμοποιούνται ως σημεία ελέγχου της όλης διαδικασίας.

Πριν ξεκινήσει η ανάλυση των ανωτέρω σταδίων είναι απαραίτητος ο καθορισμός της υλικοτεχνικής υποδομής που διατίθεται. Μεταξύ των πλήρως ψηφιακών και αναλογικών μηχανών υπήρξε ένα στάδιο όπου ο προγραμματισμός, η εκτέλεση, ο έλεγχος και η αξιολόγηση της πτήσης πραγματοποιούνταν ηλεκτρονικά ενώ αναλογικά πραγματοποιούνταν μόνο η λήψη. Η ύπαρξη τέτοιου είδους εργαλείων βελτιώνει κατά πολύ τη παραγωγικότητα και την ποιότητα των αποτελεσμάτων των αναλογικών μηχανών. Για τον λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη η θεώρηση τέτοιου είδους εργαλείων ως δεδομένη.

Με βάση την ανωτέρω θεώρηση, ο προγραμματισμός πτήσης πραγματοποιείται πλέον ηλεκτρονικά. Έτσι επί χαρτών υποβάθρου οριοθετείται η περιοχή προς αεροφωτογράφιση και με δεδομένη τη κλίμακα τελικών προϊόντων και την εστιακή απόσταση του συστήματος φακών της μηχανής εξάγεται η κλίμακα αεροφωτογράφισης, το ύψος πτήσης και η ανάλυση σάρωσης των αναλογικών εικόνων. Η πλάγια και κατά μήκος επικάλυψη ορίζεται συνήθως 10 % και 60 % αντίστοιχα. Με βάση τα ανωτέρω δεδομένα προκύπτουν τα αναμενόμενα κέντρα λήψης καθώς και τα προσεγγιστικά περιγράμματα κάθε εικόνας καθώς και η ταχύτητα πτήσης του αεροσκάφους. Κατά τον προγραμματισμό πτήσης ορίζονται και οι λεπτομερειακές παράμετροι πτήσης όπως η ώρα εκτέλεσης προς αποφυγή έντονων σκιάσεων ενώ λαμβάνονται υπόψη και παράγοντες χαμηλής νέφωσης που θεωρούνται απαγορευτικοί.

Το σύνολο των ανωτέρω δεδομένων εισάγεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή επί του αεροσκάφους. Κατά την εκτέλεση της αεροφωτογράφισης ο χειριστής της μηχανής έχει τη δυνατότητα ελέγχου επί οθόνης την κατάσταση εκτέλεσης της πτήσης σε σχέση με τον προγραμματισμό. Ο πιλότος του αεροσκάφους μέσω ειδικής οθόνης προσαρμόζει τη πτήση με βάση το συνταχθέν σχέδιο πτήσης. Τα ανωτέρω πραγματοποιούνται μέσω λογισμικών διαχείρισης και ελέγχου πτήσεων.

Τα ανωτέρω λογισμικά συνδέονται σε πραγματικό χρόνο με συστήματα GPS/IMU του αεροσκάφους προβάλλοντας τη θέση του επί οθόνης σε πραγματικό χρόνο. Τα αδρανειακά συστήματα (IMU) καταγράφουν μέσω μέτρησης διαφορικών επιταχύνσεων σε τριεσορθογώνιο σύστημα τις γωνιακές αποκλίσεις της μηχανής με αποτέλεσμα την άμεση επιβολή διορθώσεων μέσω της γυροσκοπικής βάσης (κυρίως στη γωνία κ) και καταγραφής των τιμών των γωνιών ω , ϕ , κ για κάθε εικόνα. Με τη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται τόσο αξιολόγηση της πτήσης σε πραγματικό χρόνο όσο και άμεση καταγραφή των στοιχείων εξωτερικού προσανατολισμού. Αυτό συνεπάγεται τη μείωση του κινδύνου επανάληψης της πτήσης καθώς οποιαδήποτε διόρθωση μπορεί να πραγματοποιηθεί εν πτήσει και στη μείωση του κόστους μέτρησης φωτοσταθερών (γνωστός εξωτερικός προσανατολισμός). Μια ακόμη λεπτομέρεια κατά την εκτέλεση της πτήσης αποτελεί η αυτονομία. Οι σύγχρονες αναλογικές μηχανές διαθέτουν γρήγορους μηχανισμούς αλλαγής film οι οποίοι επιτρέπουν την εν πτήση αλλαγή τους παρέχοντας σχετική αυτονομία κατά τη πτητική αεροφωτογραφική διαδικασία.

Μετά τη εκτέλεση της αεροφωτογράφισης ακολουθεί η διαδικασία φωτογραφικής επεξεργασίας του film προς εξαγωγή αρνητικών ή διαθετικών. Η διαδικασία αυτή επιβάλλει την ύπαρξη συγκεκριμένου χώρου (σκοτεινού θαλάμου) εξοπλισμένο με τις ανάλογες εγκαταστάσεις όργανα και φωτοχημικές ουσίες για την εμφάνιση του film. Το προσωπικό που ασχολείται με τη διαδικασία απαιτείται να είναι εξαιρετικά εξειδικευμένο και έμπειρο καθώς το οποιοδήποτε σφάλμα έχει μεγάλη επίπτωση στη ομαλή ροή εργασιών. Η διαδικασία αυτή αν και αρκετά χρονοβόρα παλαιότερα, πλέον έχει αυτοματοποιηθεί ως ένα σημείο ενώ παρέχεται η δυνατότητα του «outsourcing» σε κάθε εταιρεία. Ο ποιοτικός έλεγχος των προϊόντων κρίνεται επιβεβλημένος πριν από τη συνέχιση της διαδικασίας. Παρά το γεγονός της

αυτοματοποίησης η εμφάνιση του film ως μέρος της ροής εργασιών επιβαρύνει το κόστος του όλου έργου.

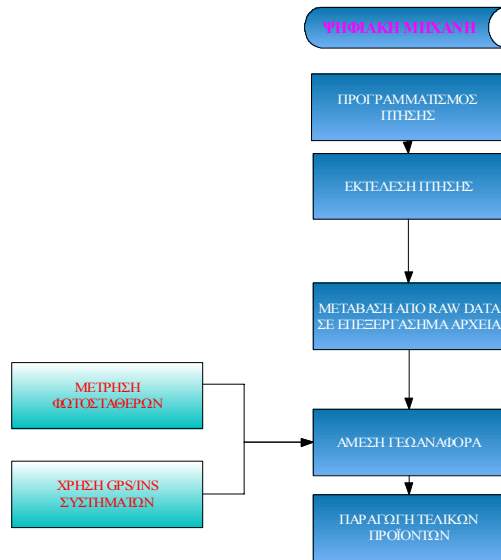
Μετά την εμφάνιση του film ακολουθεί η σάρωσή του. Οι σύγχρονοι επιτραπέζιοι φωτογραμμετρικοί σαρωτές αποτελούν ιδιαίτερα αξιόπιστα μηχανήματα με δυνατότητα σάρωσης σε ακρίβεια $\pm 2 \mu\text{m}$. Η εγκατάστασή τους απαιτεί τη διαμόρφωση χώρου με σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας καθώς και την απασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού με κατοχή του απαραίτητου φωτογραμμετρικού υποβάθρου. Οι σαρωτές αυτοί διαθέτουν συστήματα σάρωσης ρολού film επιταχύνοντας τη διαδικασία. Η αυτοματοποιημένη σάρωση κάθε αρνητικού ή διαθετικού ή θετικού επιβάλει τη ραδιομετρική διόρθωσή του. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα επίπονη και χρονοβόρα καθώς παρά τις όποιες αυτοματοποιήσεις η εξέταση της καθεμίας ξεχωριστά και η επέμβαση επί των ραδιομετρικών ιστογραμμάτων δεν μπορεί να παραληφθεί.

Η τελική διαδικασία μετά τη σάρωση είναι ο αεροτριγωνισμός. Στην περίπτωση της ύπαρξης GPS/IMU συστημάτων τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού προκύπτουν από την επίλυση των GPS δεδομένων. Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων αντίστοιχης ακρίβειας με τις απαιτήσεις της αεροφωτογράφισης, επιβάλλεται η μετεπεξεργασία των δεδομένων και η ύπαρξη σταθμού βάσης στο έδαφος σε μία απόσταση όχι μεγαλύτερη των 50 km από το σημείο λήψης κάθε φωτογραφίας. Κατά την μετεπεξεργασία επιλύονται βάσεις μέσω της Real Time Kinematic μεθόδου και εξάγονται οι συντεταγμένες X_0, Y_0, Z_0 του σημείου λήψης κάθε φωτογραφίας. Τα στοιχεία $\omega_0, \phi_0, \kappa_0$ προκύπτουν από τις καταγραφές του IMU συστήματος για τη συγκεκριμένη θέση και χρονική στιγμή. Στη περίπτωση αυτή τα φωτοσταθερά χρησιμοποιούνται μόνον ως σημεία ελέγχου του αεροτριγωνισμού. Αν το GPS/IMU σύστημα δεν υπάρχει τότε η όλη ροή εργασιών περιλαμβάνει τον εντοπισμό και μέτρηση φωτοσταθερών διαδικασία που επιβαρύνει σε χρόνο και κόστος την όλη διαδικασία.

Μετά τον αεροτριγωνισμό ακολουθεί η παραγωγή ορθοφωτοχαρτών, η εξαγωγή
ΨΜΑ κ.α

4.2 Ανάλυση Διαγράμματος Ροής Εργασιών Ψηφιακών Δεκτών Αεροφωτογράφισης

Το διάγραμμα ροής ψηφιακών δεκτών αεροφωτογράφισης παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4-2. Τα στάδια γραμμής παραγωγής για τις ψηφιακές μηχανές αεροφωτογράφισης διαφέρουν από εκείνα των αναλογικών δεκτών. Αυτά είναι τα ακόλουθα:



1. Προγραμματισμός Πτήσης
2. Εκτέλεση Πτήσης
3. Μετατροπή δεδομένων από την αρχική μορφή λήψης σε τελική επεξεργάσιμη μορφή
4. Διαδικασία Αμέσου Γεωαναφοράς
5. Παραγωγή τελικών προϊόντων

Διάγραμμα 4-2: Ροή Εργασιών Ψηφιακών Μηχανών

Ο προγραμματισμός πτήσης, δεδομένων των λογισμικών και των υπολογιστικών συστημάτων που προαναφέρθηκαν, πραγματοποιείται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Η διαφοροποίηση στις ψηφιακές μηχανές έγκειται στο γεγονός ότι η αυξημένη αυτοματοποίηση των διαδικασιών καθιστά την ύπαρξη των ανωτέρω συστημάτων υποχρεωτική και όχι προαιρετική. Με την αγορά μιας ψηφιακής μηχανής το σύνολο των ανωτέρω ηλεκτρονικών βοηθημάτων προσφέρεται ως συνοδευτικό του προϊόντος με αποτέλεσμα την οικονομικότητα στην αγορά ενός πλήρους συστήματος. Το συγκριτικό οικονομικό πλεονέκτημα σε σχέση την αγορά των προϊόντων αυτών εξατομικευμένα είναι αρκετά μεγάλο. Επιπρόσθετα η επιλογή γραμμικού σαρωτή καθιστά αναγκαία τη χρήση των GPS/IMU συστημάτων καθώς τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού απαιτούνται για την αναδόμηση της εικόνας. Βασικό στοιχείο κατά τον προγραμματισμό πτήσης καθίσταται απευθείας το μέγεθος της εδαφοψηφίδας. Με βάση αυτό και την εστιακή απόσταση της μηχανής καθορίζεται το ύψος πτήσης. Η κατά μήκος και κατά πλάτος επικάλυψη σε συνδυασμό με τη ρυθμιζόμενη ταχύτητα λήψης οδηγούν στη ταχύτητα του αεροσκάφους.

Κατά τη εκτέλεση της πτήσης, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένα, ελέγχεται το αν και κατά πόσο ακολουθείται ο προγραμματισμός μέσω των λογισμικών διαχείρισης πτήσεων. Η δυνατότητα αυτή μειώνει το ρίσκο και κατά συνέπεια το συνολικό κόστος μιας σειράς εναέριω ψηφιακών λήψεων. Σε σχέση με τις αναλογικές, οι ψηφιακές μηχανές εξαιτίας του μικρού μεγέθους ccd που διαθέτουν δεν μπορούν να επιτύχουν με μιας μεγάλες επικαλύψεις. Για τον σκοπό αυτό κάθε γραμμή πτήσης δύναται να επαναληφθεί με στόχο την επιθυμητή επικάλυψη. Κατά τη διάρκεια της πτήσης το σύνολο των DGPS/IMU συστημάτων καταγράφει δεδομένα για τον υπολογισμό των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού. Η αποθηκευτική αυτονομία δεδομένων διασφαλίζεται με τη χρήση εναλλασσόμενων δίσκων μεγάλης χωρητικότητας οι οποίοι εναλλάσσονται εντός λίγων δευτερολέπτων.

Μετά την εκτέλεση των λήψεων ακολουθεί η διαδικασία μετατροπής από μητρικά ανεπεξέργαστα δεδομένα σε εικόνες άμεσα αξιοποιήσιμες. Αν και η εσωτερική δομή και διαδρομή των εικόνων διαφέρει από εικόνα σε εικόνα, η γενικότερη ροή δεδομένων είναι κοινή. Όταν πραγματοποιείται μια λήψη ψηφιακής μηχανής, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής, τον αριθμό των αισθητήρων και του τρόπου λήψης των πολυφασματικών εικόνων, αποθηκεύονται στα αντίστοιχα μέσα τόσες εικόνες όσα και τα ccd της μηχανής. Η πληροφορία των εικόνων αυτών αποθηκεύεται σε μορφή που να χρησιμοποιεί τον λιγότερο δυνατό όγκο χωρίς απώλειες. Τα προϊόντα αυτά είναι **επιπέδου 00**. Το σύνολο των εικόνων αυτών σε εν πτήσει διαδικασία αποσυμπιέζονται με σκοπό να δώσουν εικόνες **επίπεδου 0**. Οι συγκεκριμένες εικόνες μετά από ποιοτικό έλεγχο και κατεβαίνουν στο γραφείο για περαιτέρω επεξεργασία. Ο ποιοτικός έλεγχος και το κατέβασμα πραγματοποιείται αυτοματοποιημένα με τη χρήση συγκεκριμένων λογισμικών ανά μηχανή. Τα συγκεκριμένα λογισμικά απαιτούν πολυπύρηνους Η/Υ με μεγάλη επεξεργαστική ισχύ οι οποίοι πρέπει να είναι συνδεδεμένοι με δίσκους μέσω γρήγορων καλωδιώσεων (FireWire) ώστε να επιταχύνεται το κατέβασμα. Έτσι προκύπτουν οι εικόνες **επιπέδου 1**. Μέσω των δεδομένων από το GPS/IMU σύστημα και τις παραμέτρους αυτοβαθμονόμησης της μηχανής οι εικόνες – συνιστώσες (Panchromatic και RGBNInf) συνενώνονται και διορθώνονται ραδιομετρικά για να δώσουν τη πρώτη τελικά εικόνα **επιπέδου 2**. Οι εικόνες επιπέδου 2 μέσω κυρίως διαδικασίας pansharpening δίνουν έγχρωμα σύνθετα **επιπέδου 3** τα οποία και ορθοδιορθώνονται. Η μεταφορά των δεδομένων από το

αεροσκάφος στο γραφείο διαπιστώνεται ότι είναι μια χρονοβόρα διαδικασία που αρκετοί μελετητές σε Ελλάδα και εξωτερικό επιμένουν ότι διαρκεί όσο η σάρωση ενός film.

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει την ορθοδιόρθωση των ψηφιακών εικόνων. Η άμεση γεωαναφορά αποτελεί κανόνα στις ψηφιακές εικόνες. Η ύπαρξη φωτοσταθερών δεν είναι επιβεβλημένη παρά μόνο για λόγους ελέγχου του αυτόματου αεροτριγωνισμού.

4.3 Ροή Εργασιών Αναλογικής έναντι Ροής Εργασιών Ψηφιακών

Μελετώντας τις παραπάνω παραγράφους εξάγεται το συμπέρασμα ότι η αυτοματοποίηση που εισάγει στη διαδικασία η ψηφιακή μηχανή μικραίνει κατά πολύ το χρόνο και το κόστος μέχρι την παραγωγή ορθοφωτοχαρτών, ΨΜΑ κ.α. προϊόντων. Λαμβάνοντας δε υπόψη ότι μέχρι πριν λίγα χρόνια η διαδικασία άμεσου γεωαναφοράς δεν είχε εισαχθεί στις αναλογικές μηχανές, τότε η ροή εργασιών των ψηφιακών απλά υπερτερεί.

Αναλυτικότερα, η διαδικασία εμφάνισης του film είναι μια διαδικασία που δεσμεύει χώρο, χρόνο και ανθρώπινο δυναμικό. Το σύνολο των προηγούμενων οδηγεί σε αύξηση του κόστους παραγωγής. Οι ψηφιακές μηχανές συμπεριλαμβάνουν το συγκεκριμένο στάδιο στη διαδικασία μετατροπής των αρχείων από το ένα επίπεδο στο άλλο. Η αποθήκευση των παραγόμενων αναλογικών εικόνων καθώς και των αρνητικών αποτελεί μία ακόμη παράμετρο. Τα αρνητικά για να μπορέσουν να διατηρηθούν στην απαιτούμενη ποιότητα επιβάλλουν την αποθήκευσή τους σε χώρους ελεγχόμενης θερμοκρασίας και υγρασίας. Αλλιώς παρουσιάζουν παραμορφώσεις που εμφανίζονται ως διαστροφές στη τελική σαρωμένη εικόνα. Αντίθετα οι ψηφιακές εικόνες αποθηκεύονται άπαξ. Η συνεχώς αυξανόμενη χωρητικότητα των ψηφιακών μέσων αποθήκευσης μειώνει το κόστος αποθήκευσης των ψηφιακών εικόνων.

Αν και η σάρωση των αρνητικών ή διαθετικών ή θετικών αποτελεί μία σχεδόν αυτοματοποιημένη διαδικασία, η μη ύπαρξη της θα συνέφερε καλύτερα. Ο φωτογραμμετρικός σαρωτής είναι ένα μηχάνημα αρκετά ευαίσθητο. Απαιτεί σταθερή θερμοκρασία και υγρασία έτσι ώστε τα οπτομηχανικά μέρη του να μην υφίσταται

διαστολές και συστολές. Παράλληλα ανά τακτά χρονικά διαστήματα απαιτεί συντήρηση με αποτέλεσμα τη διακοπή της γραμμής παραγωγής. Κάθε σαρωμένη εικόνα πρέπει να ελέγχεται από εξειδικευμένο προσωπικό ώστε να ρυθμίζεται η ραδιομετρία στο βέλτιστο σημείο. Αντίθετα οι ψηφιακές μηχανές παρακάμπτουν τη διαδικασία αυτή με την ευθεία ψηφιακή καταγραφή του ορατού και υπερέυθρου φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ραδιομετρία των εικόνων ρυθμίζεται αυτοματοποιημένα καθώς κάθε τμήμα του φάσματος συλλέγεται από διαφορετικό ccd. Έτσι κατά τη διεξαγωγή του pansharpening και τη δημιουργία του έγχρωμου σύνθετου μέσω αλγορίθμων ενίσχυσης εικόνας συνθέτει δεδομένα διακριτών χρωματικών συνιστωσών και όχι δεδομένα που έχουν προέλθει από ανάλυση τόνου επί τυπωμένου υλικού. Όπως θα αναλυθεί και αργότερα τα αρνητικά απεικονίζουν τόνους με ραδιομετρική ανάλυση 8 bit λόγω της χημικής σύνθεσης των φωτοευαίσθητων υλικών και της χρωματικής σύνθεσης επί της εικόνας. Αντίθετα οι ψηφιακοί δέκτες μπορούν να ανιχνεύουν χρωματική πληροφορία ανά κανάλι στα 12 bit η οποία με ενίσχυση του σήματος μπορεί να δώσει εικόνες στα 16 bit ανά κανάλι. Πάτα ταύτα ο οπτικός ποιοτικός έλεγχος δεν αντικαθίσταται ποτέ, όμως οι παρεμβάσεις του είναι περιορισμένες σε σχέση με τον αριθμό των εξεταζόμενων εικόνων.

Η ραδιομετρική υπεροχή των ψηφιακών εικόνων συμβάλει και στη γρηγορότερη και ακριβέστερη επίλυση μοντέλων αεροτριγωνισμού μέσω της αυτόματης αναγνώρισης περισσότερων και ορθότερων σημείων σύνδεσης μεταξύ των εικόνων. Σε αυτό συμβάλει και η καλή γνώση των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού για κάθε εικόνα. Παρόλη όμως την ευχρηστία των προϊόντων αυτών για την ίδια περιοχή, το ίδιο μέγεθος εδαφοψηφίδας και τον ίδιο αριθμό φωτοσταθερών μόνο ή DMC και η ADS80 παρουσίασαν καλύτερα αποτελέσματα από την αναλογική RC30. (R. Passini, K. Jacobsen, 2008)

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω επισημαίνεται ότι η αυτοματοποίηση των διαδικασιών μέσω των ψηφιακών εικόνων σημαίνει οικονομία σε χώρο, χρόνο και ανθρώπινο δυναμικό άρα και σε χρήμα.

4.4 Η Συμμετοχή της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού στη ροή εργασιών Αεροφωτογράφισης

Η Γ.Υ.Σ αποτελεί βάση του αρ. 13 Ν.Δ 1013/1971 (ΦΕΚ 204 Α) τον επίσημο φορέα ελέγχου και επίβλεψης πάσης φύσεως αεροφωτογράφισης στην ελληνική επικράτεια. Με βάση το αρ. 11 Ν. 3257/2004 (ΦΕΚ 143 Α) που αποτελεί τροποποίηση του ανωτέρω άρθρου, η Γ.Υ.Σ αναλαμβάνει την ευθύνη για τον χαρακτηρισμό κάθε είδους γεωγραφικού υλικού, όπως αυτό ορίζεται στην παράγραφο 1 του συγκεκριμένου άρθρου, ως εμπιστευτικού ή μη πριν τη δημοσιοποίηση ή χρήση του με κάθε τρόπο. Η παράληψη μιας τέτοιου είδους διαδικασίας από τον εκάστοτε φορέα γεωγραφικού υλικού επιφέρει ποινές φυλάκισης και χρηματικές ποινές βάσει της παραγράφου 7.

Η παράγραφος 5 του ίδιου άρθρου επιβάλλει τη παρουσία φωτοναυτίλου – αξιωματικού της Γ.Υ.Σ – σε κάθε αεροφωτογράφιση που εκτελείται εντός του Ελλαδικού χώρου. Τα ανωτέρω σε συνδυασμό με τις διατάξεις περί εμπιστευτικότητας του γεωγραφικού υλικού, καθιστούν της ΓΥΣ ως αναπόσπαστο τμήμα της διαδικασίας αεροφωτογράφισης.

Πριν από κάθε αεροφωτογράφιση ενημερώνεται η ΓΥΣ και προγραμματίζει τη παρουσία φωτοναυτίλου στη πτήση. Μετά την εκτέλεση της πτήσης το σύνολο του υλικού μεταφέρεται από το αεροσκάφος στις εγκαταστάσεις της ΓΥΣ όπου και το επεξεργάζονται έμπειρα άτομα της υπηρεσίας. Με τον όρο επεξεργασία, νοείται η επιλογή και απόκρυψη από τις φωτογραφίες ή εικόνες περιοχών στρατηγικής εθνικής σημασίας. Η ανωτέρω διαδικασία ονομάζεται διαβάθμιση των φωτογραφιών ή των εικόνων.

Η διαδικασία της διαβάθμισης, κυρίως παλαιότερα αλλά και σήμερα σε μεγάλο βαθμό, εφαρμοζόταν επί των αρνητικών των film καθώς το σύνολο των απεικονίσεων ήταν αναλογικό. Συγκεκριμένοι υπάλληλοι της ΓΥΣ, έχοντας υπόψη τους τις διαβαθμισμένες περιοχές μέσω τυπωμένων χαρτών, εφάρμοζαν τεχνικές φωτοερμηνείας και κατά προσέγγιση αναγνώρισης των διαβαθμισμένων περιοχών επί των αρνητικών. Στις συγκεκριμένες περιοχές πραγματοποιούνταν απόξεση της

φωτοευαίσθητης επιφάνειας με σκοπό την απόκρυψη του στόχου. Η συγκεκριμένη διαδικασία εφαρμόζεται ακόμη και σήμερα για το σύνολο των αναλογικών προϊόντων αεροφωτογράφισης.

Η έλευση των δορυφορικών εικόνων αρχικά και των ψηφιακών μηχανών αργότερα για τη χρήση τους σε έργα επί του ελλαδικού χώρου δημιούργησε αλλαγή των παραμέτρων διαβάθμισης. Η ΓΥΣ ψηφιοποίησε τα πολύγωνα των διαβαθμισμένων περιοχών στο ΕΓΣΑ 87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987) παράγοντας ένα πολυγωνικό θεματικό επίπεδο το οποίο ανανεώνεται συνεχώς. Οι δορυφορικές εικόνες μετά από την ορθοδιόρθωσή τους κατέληγαν στη γεωγραφική υπηρεσία στρατού προς διαβάθμιση. Με την υπέρθεση των πολυγώνων διαβάθμισης, οι τόνοι των περιοχών ενδιαφέροντος αντικαθίστανται αυτόματα από μηδενικές ή κενές τιμές.

Σε ότι αφορά τις ψηφιακές εικόνες από εναέριους ψηφιακούς δέκτες, αυτές μεταφέρονται σε στη ΓΥΣ μέσω των σκληρών δίσκων αποθήκευσης επί του αεροσκάφους. Εξαιτίας του μεγάλου όγκου δεδομένων η ΓΥΣ προτείνει την εγκατάσταση τμήματος της κάθε αναδόχου εταιρείας εντός της ΓΥΣ με στόχο την ολοκλήρωση των διαδικασιών ορθοδιόρθωσης σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Εν συνεχεία οι ορθοδιορθωμένες εικόνες διαβαθμίζονται όπως και οι δορυφορικές και τελικά εξάγονται από τη υπηρεσία. Παρόλα αυτά, οι μέθοδοι ανάκτησης δεδομένων από σχεδόν οποιοδήποτε μέσο καταγραφής, οδήγησε αρχικώς τη ΓΥΣ στη καταστροφή των σκληρών δίσκων. Στη συνέχεια εφαρμόζονται τακτικές μορφοποίησης δίσκων σε χαμηλό επίπεδο (low level format) έτσι ώστε να διαγραφεί κάθε δυνατή πληροφορία.

Τα αποτελέσματα από την παρέμβαση αυτή της ΓΥΣ στη διαδικασία αεροφωτογράφισης είναι πολλαπλά τόσο σε οικονομικό όσο και σε ποιοτικό επίπεδο. Η ραδιομετρική ποιότητα κάθε εικόνας εξαρτάται σε ένα μεγάλο βαθμό από τη χωρική κατανομή των τόνων που απεικονίζονται. Μια βίαιη επέμβαση στη κατανομή αυτή των τόνων οδηγεί σε σφάλματα τους αλγόριθμους ενίσχυσης ιστογραμμάτων και σε εσφαλμένη ραδιομετρία εικόνων. Για την αποφυγή τέτοιου είδους σφαλμάτων, σε κάθε εικόνα που εφαρμόζονται αλγόριθμοι ενίσχυσης ιστογραμμάτων οι τόνοι των διαβαθμισμένων περιοχών δεν πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν. Στην περίπτωση που

οι τιμές των περιοχών αυτών είναι κενές (null) τότε είναι δυνατός από αποκλεισμός τους από τον υπολογισμό των στατιστικών της εικόνας, όπως ονομάζονται. Στη περίπτωση όμως που οι τιμές των περιοχών αυτών είναι μηδενικές, αυτοματοποιημένος αποκλεισμός τους δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια. Έτσι αυτοί αποκλείονται με αποκοπή των τιμών στα άκρα του ιστογράμματος με ότι αποτέλεσμα αυτό μπορεί να επιφέρει στη ραδιομετρία της εικόνας. Η παραπάνω διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρα και συμβάλει στην αύξηση του κόστους του όλου έργου.

Το αίτημα της ΓΥΣ για εγκατάσταση τμημάτων των εταιρειών εντός των δικών της εγκαταστάσεων συμβάλει δραματικά στην αύξηση του κόστους παραγωγής. Η μετεγκατάσταση τμήματος εταιρείας σε μια άλλη περιοχή συνεπάγεται διπλάσιο κόστος σε υλικοτεχνική υποδομή καθώς λογισμικά και υπολογιστές με τις ίδιες δυνατότητες θα υπάρχουν τόσο στην εταιρεία όσο και στη ΓΥΣ. Παράλληλα η εσωτερική αλληλουχία της ροής εργασιών, η παρακολούθηση του ποιοτικού ελέγχου και της παραγωγικότητας της διαδικασίας χάνεται. Το γεγονός αυτό οδηγεί χωρίς αμφιβολία σε ποιοτική υποβάθμιση των τελικών προϊόντων η οποία αποτιμάται σε κόστος. Ειδικότερες λειτουργικές λεπτομέρειες της όλης διαδικασίας που απορρέουν από το στρατιωτικό χαρακτήρα της υπηρεσίας δυσχεραίνουν την κατάσταση. Η υποχρεωτική παρουσία στο χώρο εργασίας επιβλέποντα με στρατιωτική ιδιότητα και η προσαρμογή των χρηστών στη δική του παρουσία στον χώρο συμβάλλει στην επιβράδυνση της διαδικασίας. Επιπρόσθετα η υποχρεωτική τήρηση του στρατιωτικού ωραρίου εργασίας δε συμβαδίζει πάντοτε με το ελεύθερο ωράριο εργασίας των ιδιωτικών εταιρειών. Έτσι αρκετές ανθρωποώρες σπαταλούνται αυξάνοντας το συνολικό κόστος του έργου.

Η ΓΥΣ εν κατακλείδι στη προσπάθειά της να προασπίσει τα συμφέροντα του ελληνικού κράτους δημιουργεί αρκετές δυσκολίες στη ροή εργασιών πολύ σημαντικών έργων. Μιας και οι δορυφορικοί δέκτες μπορούν να συλλέγουν πληροφορίες – εικόνες ανά πάσα στιγμή και να τις διαθέτουν σε κάθε ενδιαφερόμενο αγοραστή χωρίς διαβάθμιση στο εξωτερικό, η διαβάθμιση των εντός των συνόρων παραγόμενων προϊόντων δεν αποφέρει οφέλη. Αντίθετα στοχοποιεί περιοχές επιφέροντας αντίθετα αποτελέσματα από τα αναμενόμενα. Η κατάργηση τέτοιου

είδους διαδικασιών αποτελεί πραγματικά αναπτυξιακή κίνηση η οποία οδηγεί στη μείωση τους κόστους παράγωγης εικόνων υποβάθρων σε λιγότερο χρόνο και με καλύτερη ποιότητα.

4.5 Σύγκριση τελικών προϊόντων Αναλογικών και Ψηφιακών Δεκτών Αεροφωτογράφισης

Τα τελικά προϊόντα των δύο δεκτών προέρχονται από διαφορετικών διαστάσεων φωτοευαίσθητες επιφάνειες. Οι μεν αναλογικές μηχανές παράγουν αρνητικά διαστάσεων 23x23 cm, οι δε ψηφιακές παράγουν ψηφιακές εικόνες ανάλογα με τον αριθμό και το μέγεθος του ccd που διαθέτει . Σε κάθε περίπτωση το μέγεθος των ψηφιακών εικόνων είναι μικρότερο από εκείνο των αναλογικών.

Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί μια σύγκριση σε επίπεδο χωρικής ανάλυσης εικόνων, θα πρέπει να η χωρική ανάλυση των αναλογικών εικόνων να μετατραπεί σε μέγεθος εικονοστοιχείου σάρωσης. Οι αναλογικές φωτογραφίες εμφανίζουν χωρική ανάλυση έως 40 ζευγών γραμμών ανά χιλιοστό (lp/mm). Κάθε ζεύγος γραμμών έχει διάσταση 25 μm . Με βάση τον συντελεστή Kell κάθε ζεύγος γραμμών πρέπει να σαρώνεται σε $2\sqrt{2}$ pixel. Συνεπώς το μέγεθος εικονοστοιχείου σάρωσης θα πρέπει να είναι περί τα 9 μm . Στην πραγματικότητα εξαιτίας της περιορισμένης ραδιομετρικής οξύτητας των αναλογικών φωτογραφιών οι αναλογικές εικόνες σαρώνονται περί τα 10 με 12 μm . Οι ψηφιακές εικόνες εμφανίζουν χωρική ανάλυση που ποικίλει από μηχανή σε μηχανή και κυμαίνεται από 6 μm και άνω. (Franz W. Leberl, Roland Perko, 2002). Αν και εκ πρώτης όψεως οι ψηφιακές εικόνες εμφανίζονται υψηλότερης ανάλυσης, αυτή δε σημαίνει ότι οδηγεί σε καλύτερης ποιότητας αποτέλεσμα. Όπως και μεταξύ των ψηφιακών μηχανών έτσι μεταξύ αναλογικής και ψηφιακής θα πρέπει να υπολογιστεί ο

UltraCamX	1.23
RC30	1.43
Πίνακας 4-1	

συντελεστής αποτελεσματικότητας εικονοστοιχείου. Αυτοί παρουσιάζονται στον πίνακα 4-1. Οι συγκεκριμένοι συντελεστές ενισχύουν το συμπέρασμα ότι η χωρική ανάλυση των ψηφιακών εικόνων είναι καλύτερη των αναλογικών.

Από πλευράς ραδιομετρικής ανάλυσης οι ψηφιακές υπερτερούν των αναλογικών

καθώς οι μεν αποθηκεύουν δεδομένα σε 12 bit τόνους ενώ οι δε σε 8bit. Το γεγονός επίσης ότι οι ψηφιακές συλλέγουν πληροφορίες σε 4 κανάλια (RGBInf) ενώ οι αναλογικές σε 3 (RGB) ή (RGInf). Το πλεονέκτημα αυτό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την επιλογή μηχανής καθώς το τηλεπισκοπικό πεδίο εφαρμογών που απαιτεί πολυφασματικές λήψεις είναι αρκετά ευρύ ενώ η ανάγκη για υψηλότερες αναλύσεις μεγαλώνει.

Σε ότι αφορά τα σφάλματα γεωαναφοράς ψηφιακών και αναλογικών εικόνων αυτές αναλύονται διεξοδικά σε αρκετές έρευνες μια εκ των οποίων είναι εκείνη των R. Passini, K. Jacobsen το 2008. Σ' αυτήν διαπιστώνεται ότι τόσο οριζοντιογραφικά όσο και υψομετρικά, η ακρίβεια της αναλογικής μηχανής είναι καλύτερη από της ψηφιακής με πολλαπλούς επιφανειακούς αισθητήρες ενώ η αντίστοιχη ακρίβεια των γραμμικών σαρωτών είναι καλύτερη. Για την επιλογή μεταξύ αναλογικής και ψηφιακής μηχανής κρίνεται απαραίτητη η ανάλυση ρίσκου για τυχόν κινδύνους που μπορεί να προκύψουν καθώς και μια οικονομική προσέγγιση της περιόδου απόσβεσης της επένδυσης.

5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ

Γενικά

Το γεγονός ότι οι ψηφιακοί δέκτες αεροφωτογράφισης οδηγούν σε οικονομικότερες λύσεις από τις αναλογικές μηχανές, διαφαίνεται από το συντομότερο διάγραμμα ροής εργασιών. Τόσο τα λιγότερα στάδια όσο και οι λιγότεροι ανθρώπινοι συντελεστές που χρησιμοποιούνται οδηγούν σε δραματική μείωση του κόστους παραγωγής. Επιπρόσθετα η αυξημένη χωρική και ραδιομετρική ανάλυση σε συνδυασμό με την ποικιλία πολυφασματικών δεκτών των ψηφιακών μηχανών, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μετάβαση από την αναλογική στη ψηφιακή εποχή είναι επιβεβλημένη. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα επιχειρηθεί μια ανάλυση του βασικού κοστολογίου αεροφωτογράφισης με στόχο τον καθορισμό ενός χρονικού διαστήματος απόσβεσης της επένδυσης.

5.1 Οικονομικά Μεγέθη Αεροφωτογράφισης

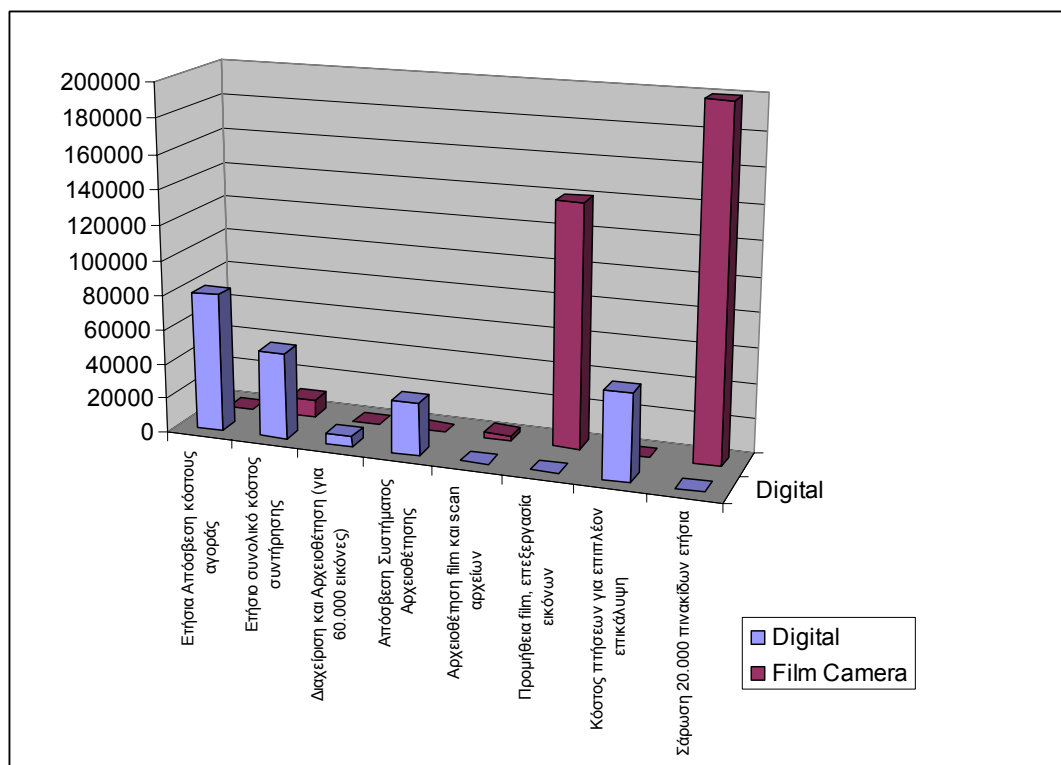
Η πρακτική χρήση μια ψηφιακής μηχανής αεροφωτογράφισης καθώς και τα συγκρίσιμα οικονομικά μεγέθη σε σχέση με την αναλογική παρουσιάζονται στον πίνακα 5-1. Με βάση τα δεδομένα του πίνακα, θεωρείται δεδομένη η ύπαρξη αναλογικής μηχανής ενώ αναλύεται η αγορά και χρήση μιας ψηφιακής και τίθεται ποσό ετήσιας απόσβεσης.

	Ψηφιακή Μηχανή	Αναλογική Μηχανή
Ετήσια Απόσβεση κόστους αγοράς	80000 \$	Δεν καθορίστηκε
Ετήσιο συνολικό κόστος συντήρησης	50000 \$	10000 \$
Διαχείριση και Αρχαιοθέτηση (για 60.000 εικόνες)	6000 \$	-
Απόσβεση Συστήματος Αρχαιοθέτησης	30000 \$	-
Αρχαιοθέτηση film και scan αρχείων	-	3000 \$
Προμήθεια film, επεξεργασία εικόνων	-	140000 \$
Κόστος πτήσεων για επιπλέον επικάλυψη	50000 \$	-
Σάρωση 20.000 πινακίδων ετήσια	-	200000 \$
Συνολικό Ετήσιο κόστος	216000 \$	353000 \$

Πίνακας 5-1: Ετήσιο Κόστος Αναλογικών και Ψηφιακών Μηχανών (F. Leber11, J.Thurgood, 2003)

Παρατηρώντας τον πίνακα διαπιστώνεται, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι τα κόστη των που καθιστούν την αναλογική μηχανή λιγότερο συμφέρουσα ως προς την αναλογική είναι τα κόστη προμήθειας film και επεξεργασίας των φωτογραφιών σε συνδυασμό με το κόστος σάρωσης. Μόνο το άθροισμα των δύο προηγούμενων, είναι υψηλότερο από το συνολικό κόστος για τη χρήση μιας ψηφιακής μηχανής. Στο γράφημα 5-1 παρουσιάζονται τα συγκριτικά κόστη μεταξύ των δύο μηχανών.

Από πλευράς ψηφιακής μηχανής εμφανίζονται νέα έξοδα σε συστήματα αρχαιοθέτησης καθώς και σε επιπρόσθετες ώρες πτήσεις οι οποίες απαιτούνται για να



Γράφημα 5-1

επιτευχθεί η κατά μήκος κυρίως επικάλυψη. Παράλληλα το κόστος ετήσιας συντήρησης της ψηφιακής μηχανής είναι 5 φορές μεγαλύτερο από εκείνο της αναλογικής. Το σύνολο του ανωτέρω κοστολογίου δεν είναι τέτοιο που να ξεπερνά το συνολικό ετήσιο κόστος μια αναλογικής ροής εργασιών αεροφωτογράφισης. Πρέπει επίσης να επισημανθεί το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του κοστολογίου της ψηφιακής μηχανής αποτελεί κόστος απόσβεσης υλικοτεχνικής υποδομής η οποία αποτελεί πάγιο κεφάλαιο της κάθε εταιρείας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την αύξηση της κερδοφορίας με το πέρασμα του χρόνου καθώς οι επενδύσεις θα έχουν αποσβεσθεί με αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της κερδοφορίας.

Αντίθετα το είδος των εξόδων στην αναλογική μηχανή, τα καθιστούν ανελαστικά. Πρόκειται για δαπάνες οι οποίες δεν αναμένεται να σταματήσουν αλλά συνεχώς θα αποτελούν πάγιο έξοδο αναλογικά με τον όγκο εργασίας. Οι ανελαστικές αυτές δαπάνες αυξάνουν την ανελαστικότητα της τιμής προϊόντος η οποία εξαρτάται από εξωεταιρικούς συντελεστές. Έτσι μία αύξηση των πρώτων υλών (film, χημικά) ή μία αύξηση των τιμών συντήρησης των επιτραπέζιων σαρωτών ή μία αύξηση των

ημερομισθίων εξειδικευμένου προσωπικού είτε μειώνουν τη κερδοφορία είτε αυξάνουν τη τιμή τελικού προϊόντος.

Γίνεται λοιπόν κοινώς αντιληπτό ότι η αγορά μιας ψηφιακής μηχανής είναι αρκετά πιο συμφέρουσα από τη συντήρηση μια αναλογικής. Δεδομένο βέβαια για τις ανωτέρω αναλύσεις θεωρείται το εύρος των εργασιών και η ύπαρξη των κατάλληλων ανθρώπων.

5.2 Ανάλυση Ρίσκου και Προοπτικές Απόσβεσης

Ως ρίσκο ορίζεται η πιθανότητα να συμβεί ένα συγκεκριμένο γεγονός κατά τη διεξαγωγή ενός έργου. Όταν το συγκεκριμένο γεγονός επιφέρει κάποια δυσμενή μεταβολή στη ροή ενός έργου τότε ονομάζεται κίνδυνος. Η κατηγοριοποίηση της επίδρασης κάποιου κινδύνου επί τη πιθανότητα να συμβεί ο κίνδυνος αυτός αποτελεί το μέτρο του ρίσκου για τον συγκεκριμένο κίνδυνο. Έτσι αναλύοντας τα διαγράμματα ροής για τις αναλογικές και ψηφιακές εικόνες προκύπτουν τα οι κίνδυνοι και τα ρίσκα των παρακάτω πινάκων.

Στάδιο Εργασίας	Γεγονός	Πιθανότητα	Κόστος	Ρίσκο
Προγραμματισμός Πτήσης	Λανθασμένος Προγραμματισμός	ελαχίστη	πολύ μεγάλο	ελάχιστο
Εκτέλεση Πτήσης	Μηχανικά Προβλήματα Αεροσκάφους	ελαχίστη	πολύ μεγάλο	ελάχιστο
	Προβλήματα Μηχανής	μικρή	πολύ μεγάλο	μικρό
	Κακή Ραδιομετρία εικόνων	μετρία	μεγάλο	μέτριο
Εμφάνιση film	Προβλήματα Υλικοτεχνικής Υποδομής	μικρή	μέτριο	μικρό
	Αστοχία Χημικών	μικρή	μέτριο	μικρό
	Πρόβλημα Ανθρωπίνων Πόρων	μετρία	μέτριο	μέτριο
Σάρωση film	Προβλήματα Υλικοτεχνικής Υποδομής	μετρία	μέτριο	μέτριο
	Πρόβλημα Ανθρωπίνων Πόρων	μετρία	μικρό	μικρό
Αεροτριγωνισμός	Πρόβλημα Ανθρωπίνων Πόρων	μετρία	μέτριο	μέτριο

	Προβλήματα Υλικοτεχνικής Υποδομής	μετρία	μέτριο	μέτριο
--	-----------------------------------	--------	--------	--------

Πίνακας 5-2: Ανάλυση Ρίσκου Ροής Εργασιών Αναλογικής Μηχανής Αεροφωτογράφισης

Στάδιο Εργασίας	Γεγονός	Πιθανότητα	Κόστος	Ρίσκο
Προγραμματισμός Πτήσης	Λανθασμένος Προγραμματισμός	Ελαχίστη	Πολύ Μεγάλο	Ελάχιστο
Εκτέλεση Πτήσης	Μηχανικά Προβλήματα Αεροσκάφους	Ελαχίστη	Πολύ Μεγάλο	Ελάχιστο
	Προβλήματα Μηχανής	Μικρή	Πολύ Μεγάλο	Μικρό
	Κακή Ραδιομετρία Εικόνων	Ελαχίστη	Μεγάλο	Ελάχιστο
	Προβλήματα Αποθήκευσης Ψηφιακών Δεδομένων	Ελαχίστη	Πολύ Μεγάλο	Ελάχιστο
Μετάβαση Από Αρχικά Σε Επεξεργάσιμα Αρχεία	Προβλήματα Καταστροφής Αρχείων	Ελαχίστη	Πολύ Μεγάλο	Ελάχιστο
Άμεση Γεωαναφορά	Προβλήματα Υλικοτεχνικής Υποδομής	Μετρία	Μέτριο	Μέτριο

Πίνακας 5-3: Ανάλυση Ρίσκου Ροής Εργασιών Ψηφιακής Μηχανής Αεροφωτογράφισης

Μελετώντας τους ανωτέρω πίνακες εξάγεται αρχικώς το συμπέρασμα ότι το συνολικό ρίσκο για την αναλογική μηχανή χαρακτηρίζεται ως μέτριο ενώ το αντίστοιχο της ψηφιακής ως ελάχιστο. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε ποικιλία παραγόντων. Αρχικά το σύνθετον της αναλογικής ροής εργασιών την καθιστά περισσότερο επιρρεπή σε κινδύνους με αποτέλεσμα την αύξηση του ρίσκου. Επιπρόσθετα η ανάμειξη του ανθρωπίνου παράγοντα στη διαδικασία αυξάνει το ρίσκο και μάλιστα όσο πιο εξειδικευμένη είναι η εργασία στην οποία απασχολείται το άτομο τόσο υψηλότερο και το ρίσκο.

Από την άλλη οι ψηφιακές μηχανές παρουσιάζουν μειωμένο ρίσκο. Αυτό συμβαίνει διότι οι διαδικασίες είναι αυστηρά καθορισμένες και πλήρως αυτοματοποιημένες. Η επίδραση του ανθρωπίνου παράγοντα μειώνεται δραστικά με αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου εκτέλεσης του έργου αλλά και του ρίσκου. Το συγκεκριμένο όμως ρίσκο για να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα απαιτεί καλή συντήρηση της υλικοτεχνικής

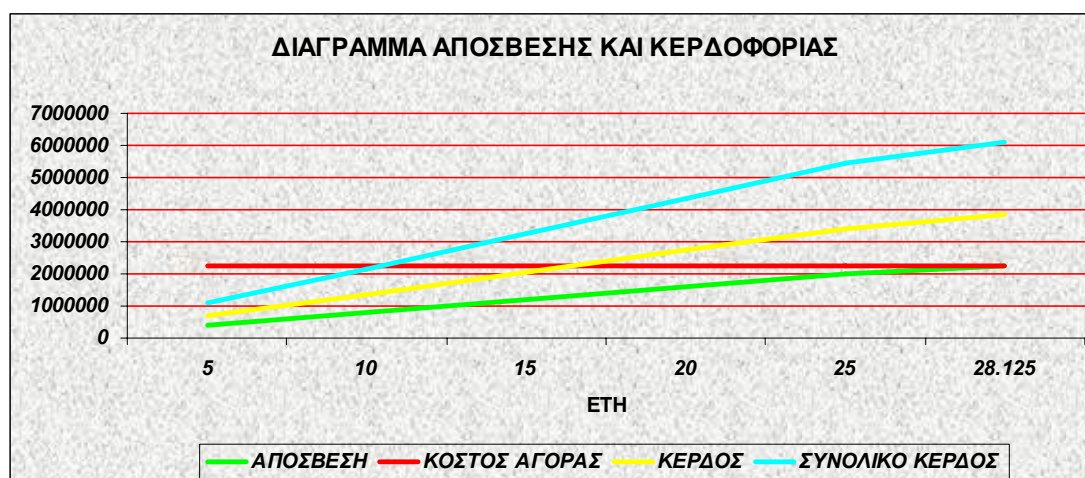
υποδομής επιδέξιους χειρισμούς κατά τη χρήση τους.

Μετά τη διεξοδική ανάλυση τεχνικών και μέρους των οικονομικών μερών επιβάλλεται να τεθεί ένας χρονικός ορίζοντας εντός του οποίου η επένδυση σε μια ψηφιακή μηχανή θα αποσβεσθεί με αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της κερδοφορίας της επιχείρησης.

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα 5-1 το κέρδος από τη χρήση ψηφιακής έναντι αναλογικής μηχανής αεροφωτογράφισης μόνο από τη χρήση της ίδιας της μηχανής και χωρίς να ληφθούν υπόψη τα κέρδη από την επιτάχυνση των διαδικασιών αεροτριγωνισμού και παραγωγής ορθοφωτοχαρτών κ.α. κυμαίνεται περί τις 137000 \$ ετησίως. Από τα δεδομένα του πίνακα 5-1 παράγεται ο πίνακας 5-4 ο οποίος αποτελεί προβολή των συγκεκριμένων τιμών στο μέλλον με δεδομένη τη ίδια λειτουργικότητα της μηχανής και την ίδια κερδοφορία.

ΕΤΗ	ΑΠΟΣΒΕΣΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	ΚΕΡΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ
5	400000	2250000	685000	1085000
10	800000	2250000	1370000	2170000
15	1200000	2250000	2055000	3255000
20	1600000	2250000	2740000	4340000
25	2000000	2250000	3425000	5425000
28.125	2250000	2250000	3853125	6103125

Πίνακας 5-4: Προβολή Δεδομένων Κερδοφορίας πίνακα 5-1



Γράφημα 5-2: Χρόνος Απόσβεσης – Εξέλιξη Κερδοφορίας

Στο γράφημα 5-2 οπτικοποιείται η εξέλιξη της απόσβεσης και της κερδοφορίας με τη χρήση της ψηφιακής μηχανής. Παρατηρείται ότι ο χρόνος απόσβεσης της μηχανής βάση του ποσού που ορίζεται ως απόσβεση διαμορφώνεται στα 28.125 χρόνια(τομή πράσινης και κόκκινης γραμμής). Υπολογίζεται όμως ότι βάσει των συνολικών καθαρών κερδών (δεν λαμβάνονται υπόψη οι αποσβέσεις) η επένδυση θα έχει αποσβεσθεί περί τα 14 χρόνια από την υλοποίησή της. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται μέγιστη και αυξανόμενη κερδοφορία από τα 14 χρόνια κι έπειτα.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία κινήθηκε στα πλαίσια της συλλογής στοιχείων με στόχο τη σύγκριση αναλογικών και ψηφιακών δεκτών. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια αποτύπωσης της αναγκαιότητας και του οικονομικού σκέλους της μετάβασης από τις αναλογικές στις ψηφιακές μηχανές.

Οι αναλογικές μηχανές αεροφωτογράφισης κατέχουν ακόμη και σήμερα την πρωτοκαθεδρία στη παγκόσμια αγορά αεροφωτομηχανών. Για πολλά χρόνια τόσο η αξιοπιστία των μηχανών όσο και η πολύ καλή γνώση των διαφόρων σταδίων γραμμής παραγωγής είχαν δημιουργήσει ένα κλίμα ασφάλειας και ένα συνεχές κανάλι ροής αεροφωτογραφιών προς κάθε ενδιαφερόμενο. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις σε χωρική ανάλυση καθώς και η απαίτηση πολυφασματικών εικόνων αποτελούν τα δύο σημεία που ουσιαστικά οριοθετούν την αρχή του τέλους των αναλογικών μηχανών. Τα πρώτα σημεία έχουν ήδη αρχίσει να διαφαίνονται καθώς οι εταιρείες παραγωγής film αεροφωτογραφίσεων σταματούν τη παραγωγή τους με πρώτη τη Kodak.

Από την άλλη μεριά οι Ψηφιακές Μηχανές αεροφωτογράφισης (γραμμικών και επιφανειακών αισθητήρων) δεν βρίσκονται σε θέση να καλύψουν πλήρως το κενό των αναλογικών. Αν και ραδιομετρικά ανώτερα προϊόντα, το μικρό εύρος κάλυψης των ψηφιακών μηχανών οδηγεί είτε σε γραμμικούς αισθητήρες είτε σε πολλαπλά επιφανειακά ccd με αποτέλεσμα τα προϊόντα αυτά να περιλαμβάνουν διαστροφές οι οποίες οδηγούν σε εναπομείναντα σφάλματα γεωαναφοράς. Παρόλα αυτά το μέγεθος των συγκεκριμένων σφαλμάτων δεν είναι απαγορευτικό για τις τρέχουσες ανάγκες και απαιτήσεις της αγοράς.

Σε ότι αφορά τα οικονομικά μεγέθη, η εμπειρία των έργων που έχουν διενεργηθεί καταδεικνύει την οικονομικότητα των ψηφιακών δεκτών αεροφωτογράφισης. Αν και η τιμή τους είναι αρκετά υψηλή, η συνεχής λειτουργικότητα και χρήση οδηγεί σε σχετικά περιορισμένους χρόνους απόσβεσης.

Σε ότι αφορά τον ελλαδικό χώρο, είμαστε μια περιοχή με περιορισμένα πεδία δράσης για συνεχή αξιοποίηση τέτοιου είδους αντικειμένων. Χρόνιες αγκυλώσεις συστημάτων οδηγούν σε εκτίναξη του κόστους των έργων εις βάρος των εργοδοτών. Παρόλα αυτά η γεωστρατηγική μας θέση αποτελεί το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των ελληνικών εταιρειών κυρίως για τη διεκδίκηση αγορών όπως εκείνες των χωρών της Αφρικής. Με τέτοιες προϋποθέσεις η αγορά μιας ψηφιακής αεροφωτομηχανής κρίνεται επιβεβλημένη.

Υ.Γ Αν Και Το Blueray Είναι Εδώ, Οι Εραστές Του Φωτός Θα Μετρούν Σε Βυνίλιο.

Ευρετήριο Πινάκων –Εικόνων – Γραφημάτων- Σχημάτων

Πίνακας 1-1: Κατηγοριοποίηση Αναλογικών Μηχανών Βάσει Φακών και Χρήσεων	11
Πίνακας 1-2.....	14
Πίνακας 1-3.....	18
Πίνακας 2-1.....	26
Πίνακας 2-2.....	27
Πίνακας 2-3.....	28
Πίνακας 2-4.....	30
Πίνακας 2-5.....	30
Πίνακας 2-6.....	31
Πίνακας 2-7.....	32
Πίνακας 2-8: Πίνακας Μέσων Τετραγωνικών Σφαλμάτων για την ADS80	35
Πίνακας 2-9.....	36
Πίνακας 2-10.....	39
Πίνακας 2-11.....	40
Πίνακας 3-1.....	47
Πίνακας 4-1.....	62
Πίνακας 5-1: Ετήσιο Κόστος Αναλογικών και Ψηφιακών Μηχανών (F. Leberl1, J.Thurgood, 2003).....	64
Πίνακας 5-2: Ανάλυση Ρίσκου Ροής Εργασιών Αναλογικής Μηχανής Αεροφωτογράφισης	67
Πίνακας 5-3: Ανάλυση Ρίσκου Ροής Εργασιών Ψηφιακής Μηχανής Αεροφωτογράφισης	67
Πίνακας 5-4: Προβολή Δεδομένων Κερδοφορίας πίνακα 5-1	68
Εικόνα 1-1: Η πρώτη καταγεγραμμένη φωτογραφία 1827, Joseph Niceph	6
Εικόνα 1-2: Φαινομενικά άδειος δρόμος του Παρισιού	7
Εικόνα 1-3: Η πρώτη αυτόματη αεροφωτομηχανή	8
Εικόνα 1-4: Μηχανή K-17	9
Εικόνα 1-5: Μηχανή K-18	9
Εικόνα 1-6: Μηχανή K-19B	9
Εικόνα 1-7: Σκαρίφημα Οπτομηχανικών Μερών Αναλογικής Μηχανής Αεροφωτογράφισης	12
Εικόνα 1-8: Η RC30 με το χειριστήριο	13
Εικόνα 1-9: Το σύστημα Αεροφωτογράφισης RC 30	14
Εικόνα 1-10: Η RMK TOP	15
Εικόνα 1-11: Τα βασικά μέρη της RMK TOP	15
Εικόνα 1-12: Άξονες Περιστροφής της φωτομηχανής	16
Εικόνα 1-13:Στοιχεία Επί Αναλογικής Αεροφωτογραφίας	19
Εικόνα 2-1: Φακοί της Ultracam -Χρ	22
Εικόνα 2-2: Το κύριο σώμα της Ultracam - Χρ.....	22
Εικόνα 2-3 :Το επανατροφοδοτούμενο σύστημα αποθήκευσης της Ultracam - Χρ ...	22
Εικόνα 2-4: Το ταυτόχρονο και ομοκεντρικό σύστημα λήψης της Ultracam Χρ	23
Εικόνα 2-5: Οι 9 πανχρωματικές εικόνες του μωσαϊκού της Ultracam Χρ.....	23
Εικόνα 2-6 :Το επανατροφοδοτούμενο σύστημα αποθήκευσης της Ultracam - Χρ ...	25
Εικόνα 2-7:Το λογισμικό Ultramap	26
Εικόνα 2-8: Η DMC της Z/I INTEGRAPH	27
Εικόνα 2-9: Διάταξη των φακών στη DMC	28

Εικόνα 2-10: Τομή κατά μήκος. Διακρίνεται η γωνία κλίσης των πανχρωματικών φακών.....	28
Εικόνα 2-11: Γνωστή Εσωτερική Γεωμετρία της Μηχανής.....	29
Εικόνα 2-12: Σύνθεση Τελικής Εικόνας.....	29
Εικόνα 2-13: Η ADS80.....	31
Εικόνα 2-14: Ένας ΤηλεΦακός και λιγιστά μέρη.....	32
Εικόνα 2-15: Σύστημα Tatrachroid.....	33
Εικόνα 2-16: Σάρωση σε τρεις τομές.....	33
Εικόνα 2-17: Η JAS - 150.....	36
Εικόνα 2-18: Τρόπος Λήψης Jas - 150.....	37
Εικόνα 2-19: Η 3-DAS-1.....	39
Εικόνα 2-20: Τρόπος συλλογής πληροφορίας 3-DAS-1.....	40
Εικόνα 3-1: Επάνω ιδανική ακμή, κάτω ακμή επί της εικόνας.....	47
Εικόνα 3-2: Τονικό Profile κάθετης τομής επί της εικόνας.....	47
Εικόνα 3-3: Συνάρτηση Σημειακής Διάθλασης.....	47
Σχήμα 1-1.....	11
Σχήμα 2-1: Διάγραμμα Ροής Δεδομένων της JAS 150.....	38
Γράφημα 3-1.....	46
Γράφημα 3-2.....	47
Γράφημα 5-1.....	65
Γράφημα 5-2: Χρόνος Απόσβεσης – Εξέλιξη Κερδοφορίας.....	68

Βιβλιογραφία

- 1) 3-DAS-1, Conclusion made by Scientific and Research Institute of Geodesy and Cartography Concerning 3-DAS-1 Digital Camera Availability for Creation of Orthophotoplans 1:1000, 1:2000, 1:5000 and 1:10000 scale.
- 2) ADS80, Brochure, Leica-Geosystems GmbH.
- 3) Aerial Photo Lab: Scanning Catalog.
- 4) Alamus, R. & Kornus, W. & Riesinger, I.: DMC Geometric Performance Analysis.
- 5) Chikatsu, H. & Ohdake, T.: Ubiquitous Digital Photogrammetry by Consumer Grade Digital Camera.
- 6) Cramer, M. (2005): Digital Airborne Cameras-Status and Future.
- 7) Cramer, M. (2006): Calibration and Validation of Digital Airborne Camera.
- 8) Cramer, M. (2006): The EuroSDR Network on Digital Camera Calibration and Validation.
- 9) Cramer, M. (2007): European Digital Airborne Camera Certification-EuroDAC2.
- 10) Cramer, M. (2008): The EuroSDR Approach on Digital Airborne Camera Calibration and Certification.
- 11) Cramer, M., (2007): European Digital Airborne Camera Certification-EuroDAC2.
- 12) Cramer, M.,: Digital Airborn Camera Performance-The DGPF Test.
- 13) Cramer, M.: Calibration and Validation of Digital Airborne Cameras.
- 14) Deuter, M. (2008): The Unexpected Demise of High-Resolution Satellite Imagery.
- 15) Digital Mapping Camera System, Datasheet View.
- 16) DimacWide+, Brochure, Dimacsystems.
- 17) Dörstel, C. : DMC -Practical Experiences and Photogrammetric System Performance.
- 18) Dörstel, D. & Jacobsen, K. & Stallmann, D.: DMC-Photogrammetric Accuracy-Calibration Aspects and Generation of Synthetic DMC Images.
- 19) EuroSDR (2007): Project Digital Camera Calibration and Validation.
- 20) EuroSDR (2008): EuroDAC2 Core Team Meeting at IGN Saint Mandé.
- 21) Fricker, P. & Sandau, R.: Development of an Airborne Digital Sensor for Photogrammetric and Remote Sensing Applications
- 22) Fricker, P. (2001): ADS40-Progress in Digital Aerial Data Collection.
- 23) Fricker, P., et. al. (1999): Digital Photogrammetric Cameras: Possibilities and Problems.
- 24) Fritsch D. & Spiller R., Eds. (1999): Applications and Market for Digital Airborne Cameras.
- 25) Georgi, C. (2005) et. al.,: Jas: The Next Generation Digital Aerial Scanner.
- 26) Grejner-Brzezinska, D. (2001): Direct Sensor Orientation in Airborne and Land-based Mapping Applications.
- 27) Gruber, M., et. al.: The all Digital Photogrammetric Workflow: Redundancy and Robustness.
- 28) Gruber, M., et. al.: UltraCamx, the Large Format Digital Aerial Camera System by Vexcel Imaging/Microsoft.
- 29) Heier, H. & Hinz, A.: A Digital Airborne Camera System for Photogrammetry and Thematic Applications.
- 30) Hinz, A. & Dörstel, C. & Heier, H. (2000): Digital Modular Camera: System Concept and Data Processing Workflow.
- 31) Honkavaara, E. et. al (2008): Calibrating Digital Photogrammetric Airborne Imaging Systems in a Test Field.

- 32) Honkavaara, E. et. al: Evaluation of Resolving Power and MTF of DMC.
- 33) Honkavaara, E. & Markelin, L. (2007): Radiometric Performance of Digital Image Data Collection-A Comparison of ADS40, DMC, UltraCamD and Emerge DSS.
- 34) Jacobsen, K. (2008): Tells the Number of Pixels the Truth?-Effective Resolution of Large Size Digital Frame Cameras.
- 35) Jacobsen, K.: Effective Resolution of Digital Frame Images.
- 36) Jacobsen, K.: Geometric Handling of Large Size Digital Airborne Frame Camera Images.
- 37) JAS 150s, Brochure, Jenoptik.
- 38) Johnson, S. (2007): 2006-2016 Asian Remote Sensing Market Study.
- 39) Johnston, K. (2008): Data Processes & Standards for Orthophoto Generation in North Carolina.
- 40) Kamper, J. (2008): From Analog to Digital Aerial Imageproduction. Experiences from NMA-Image-Productions Based on Eu-Tender.
- 41) Kocaman, S. & Gruen, A.: Experiences with the Orientation and Calibration of Aerial Linear Array CCD Sensors.
- 42) Kodak (2009): Kodak Aerial and Entertainment Imaging Films, Chemicals, Filters and Services.
- 43) Kodak: Aerial Imaging Product Catalog.
- 44) Kornus, W. et. al: Tests and Performance Analysis of the DMC at the Cartographic Institute of Catalonia (ICC).
- 45) Kraus, K. (2009): Cameras.
- 46) Kraus, K., "Φωτογραμμετρία"(τ. 1), Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2003.
- 47) Ladstädter, R. Gruber, M. (2008): Geometric Aspects Concerning the photogrammetric Workflow of the Digital Aerial Camera UltraCamx.
- 48) Landtwin, S., et. al. (2008): Simultaneous Data Acquisition With Airborne Lidar and Large-Format Digital Camera.
- 49) LaRocque, B.: Digital Mapping Camera (DMC).
- 50) Leberl, F. & Gruber, M.: Flying the New Large Format Digital Aerial Camera Ultracam.
- 51) Leberl, F. & Perko, R.: Novel Concepts for Aerial Digital Cameras.
- 52) Leberl, F. & Thurgood, J.: The Promise of Softcopy Photogrammetry Revisited.
- 53) Leberl, F., et. al (2003): The UltraCam Large Format Aerial Digital Camera System.
- 54) Leica Geosystems: Leica ADS80 Airborne Digital Sensor.
- 55) Lemmens, M. (2006): Digital Aerial Cameras.
- 56) Li, J., et. al, (2008): SWDC-4 Large Format Digital Aerial Camera System.
- 57) Luxen, M. & Förstner, W.: Characterizing Image Quality: Blind Estimation of the Point Spread Function from a Single Image.
- 58) Madani, M. & Shkolnikov, I.: Increasing Geometric Accuracy of DMC's Virtual Images.
- 59) Microsoft Vexcel, UltraCamX, Data Flow Concept.
- 60) Microsoft Vexcel: UltraCam-Xp Technical Specifications.
- 61) Mondell, C. & Hepner, G. & Williamson, R. (2006): 10 Year Industry Forecast.
- 62) Mondell, C. & Hepner, G. & Williamson, R. (2006): 10-Year Remote Sensing Industry Forecast.
- 63) Nagdev, A. (2004): Georeferencing Digital Camera Images Using Internal Camera Model
- 64) NC Geographic Information Coordinating Council (2004): Digital Orthophotos.

- 65) Neumann, K. (2003): Aerial Mapping Cameras-Digital Versus Film the Benefits of a New Technology.
- 66) Neumann, K. (2008): Trends for Digital Aerial Mapping Cameras.
- 67) Neumann, K.J.: Operational Aspects of Digital Aerial Mapping Cameras.
- 68) Olsen, B.P., et. al.: Evaluation of Digital Aerial Sensors in an Operational Mapping Environment.
- 69) Pacey, R. & Fricker, P. (2005): Forward Motion Compensation (FMC)-Is It the Same in the Digital Imaging World?
- 70) Passini, R. & Jacobsen, K. (2008): Accuracy Analysis of Large Size Digital Aerial Cameras.
- 71) Passini, R. & Jacobsen, K. : Accuracy and Radiometric study on Very High Resolution Digital Camera Images.
- 72) Passini, R. & Jacobsen, K.: Accuracy Analysis of Large Size Digital Aerial Cameras.
- 73) Perko, R. & Klaus, A. & Gruber, M.: Quality Comparison of Digital and Film-based Images for Photogrammetric Purposes.
- 74) Perko, R.: Digital Pansharping Versus Full Color Film: A Comparative Study.
- 75) Petrie, G. (2007): Airborne Digital Data Capture Systems.
- 76) Petrie, G. (2008): Systematic Oblique Aerial Photography Using Multiple Digital Cameras.
- 77) Petrie, G. (2009): Cicade & Dimac Systems.
- 78) Petrie, G., et. al, Airborne Digital Imaging Technology: A New Overview.
- 79) Potter, R. & Freeburn, M. (2006): Direct Digital Imagery with the Z/I Imaging Digital Mapping Camera (DMC).
- 80) RC30, Brochure, Leica- Geosystems GmbH.
- 81) RMK TOP, Brochure: Aerial Survey Camera System.
- 82) Rohrbach, A. (2009): Leica-Airborne Digital Sensors (ADS80, ALS60).
- 83) Rohrbach, A. : Leica-3rd Generation Airborne Digital Sensors.
- 84) Scholz, S. & Gruber, M.: Radiometric and Geometric Quality Aspects of the Large Format Aerial Camera UltraCam Xp.
- 85) Scholz, S.: Color Characterization for Aerial Cameras.
- 86) Schroth, R. (2007): Large Format Digital Cameras for Aerial Survey of Geospatial Information.
- 87) Souchon, J-P., et. al.: Is There an Ideal Digital Aerial Camera?
- 88) Stensaas, G. & Lee, G. (2008): Driving Toward a Worldwide Acceptance Procedure for Digital Airborne Sensors.
- 89) Talaya, J., et. al.: Analyzing DMC Performance in a Production Environment.
- 90) Thomas, A.: Aerial Photography.
- 91) Use of Intergraph's DMC Digital Cameras as Alternative for VHR Satellites, Z/I Intergraph.
- 92) Vorovencii, I. (2007): Aspects Regarding Digital Cameras Used in Aerial Photogrammetry.
- 93) Wehrli, H., et. al: Introduction of the 3-Das-1 Digital Aerial Scanner.
- 94) Wiechert, A. & Gruber, M. : Vexcel Imaging GmbH-Innovating in Photogrammetry: UltraCamXp, UltraCamLp and UltraMap.
- 95) Zhao, S>, et. al (2008): Twice-Imaging Airborne Camera System with Distributed Sensors.
- 96) Δεμιρίδη, Ε.: Ψηφιακά Συστήματα Λήψης Εικόνων.
- 97) Πατιάς, Π., "Εισαγωγή στη Φωτογραμμετρία", εκδ. Ζητη, Θεσσαλονίκη, 1991.

«Σύγκριση Αναλογικών Και Ψηφιακών Μηχανών Αεροφωτογράφισης. Η Οικονομική Προέκταση
Της Μετάβασης»
Αναστάσιος Χρ. Καλόγρηας Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π

98) ΦΕΚ 143/24-06-04/Αρ.13.