



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ ΓΕΟΕΥΕ-1 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Διπλωματική Εργασία

Εκπόνηση:

Μαρία Τερέζα Ιωάννου

Επιβλέπων Καθηγητής:
Ανδρέας Γεωργόπουλος

Αθήνα, Μάρτιος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ ΓΕΟΕΥΕ-1 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Διπλωματική Εργασία

Εκπόνηση:
Μαρία Τερέζα Ιωάννου

Επιβλέπων Καθηγητής:
Ανδρέας Γεωργόπουλος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 26 Μαρτίου του 2013.

.....
Α. Γεωργόπουλος
Καθηγητής

.....
Χ. Ιωαννίδης
Αναπληρωτής Καθηγητής

.....
Β. Νάκος
Καθηγητής

Αθήνα, Μάρτιος 2013

.....
(Υπογραφή)

ΙΩΑΝΝΟΥ ΜΑΡΙΑ ΤΕΡΕΖΑ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Μαρία Τερέζα Ιωάννου, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία, δεν θα μπορούσα παρά να αφιερώσω μερικά λόγια εκφράζοντας την ευγνωμοσύνη μου προς τους ανθρώπους οι οποίοι συνεισέφεραν, ο καθένας με τον δικό του τρόπο, στην αποπεράτωσή της.

Αρχικά, ευχαριστώ ιδιαίτερος τον καθηγητή και επιβλέποντα της διπλωματικής μου, τον κ. Ανδρέα Γεωργόπουλο, για την ανάθεση αυτού του θέματος, μα κυρίως για τη συνεχή καθοδήγηση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια του τελευταίου έτους. Οι συμβουλές του, η άμεση ανταπόκριση σε όλους μου τους προβληματισμούς και ο χρόνος που μου διέθετε συνέβαλαν καθοριστικά στην επιτυχία της εργασίας.

Φυσικά η συμμετοχή μου στην εργασία της Αντιπάρου δεν θα πραγματοποιούνταν χωρίς τη συμμετοχή του κ. Γ. Μακρή, Επιστημονικού Συνεργάτη του Ε.Μ.Π., με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί διάλογοι λειτούργησαν καταλυτικά στην τελική επιλογή μου να ασχοληθώ με αυτό το θέμα. Τον ευχαριστώ πολύ για τη συνοδεία της ομάδας εργασίας στην Αντίπαρο, τη συνεισφορά του στις εργασίες πεδίου, και την υποστήριξη τις στιγμές που βαδίζαμε, σε άγνωστα για εμάς, μονοπάτια.

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου επίσης προς τον κ. Χ. Ιωαννίδη, Αναπληρωτή Καθηγητή, για την ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφερε το περασμένο έτος. Εκτιμώ ιδιαίτερα το ενδιαφέρον που εξέφρασε για το θέμα μου, τις διαρκείς συζητήσεις, και την προθυμία του να με κατευθύνει και να μου επιλύσει όλες τις προκύπτουσες απορίες.

Στη συνέχεια οφείλω να ευχαριστήσω τα άτομα του Εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας της ΣΑΤΜ, τα οποία με βοήθησαν σε καθημερινή βάση σε τεχνικό, θεωρητικό αλλά και ψυχολογικό επίπεδο κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής, με τις συμβουλές, την κατανόηση, και την ενθάρρυνσή τους. Συγκεκριμένα ευχαριστώ πολύ την κα. Σοφία Σοϊλέ, Αγρονόμο και Τοπογράφο Μηχανικό, την κα. Σέβη Ταπεινάκη, Υπ. Διδάκτορα και Αγρονόμο και Τοπογράφο Μηχανικό, και την Ινώ Παπαγεωργάκη, Αγρονόμο και Τοπογράφο Μηχανικό.

Επιπλέον ευχαριστώ τον Δήμαρχο Αντιπάρου Ι. Λεβεντάκη και τον κ. Κ. Γρίσπο, καθώς επίσης όλα τα άτομα και τις επιχειρήσεις που υποστήριξαν την ομάδα κατά τη διάρκεια της επίσκεψης που πραγματοποιήθηκε τον Μαΐο του 2012. Ευχαριστώ τις δύο συμφοιτήτριές μου, την Έλλη Κακαβούλη και τη Ρόζα Μυγιάκη για την άψογη συνεργασία στα αρχικά στάδια της διπλωματικής, στις εργασίες στην Αντίπαρο, και την ψυχολογική υποστήριξη στην Αθήνα. Ευχαριστώ τον κ. Θ. Ζέρβα για τη σημαντική συμβολή του στις παρατηρήσεις ΗΕΡΟΣ, τον κ. Ε. Καραμπέλα και την Κτηματολόγιο Α.Ε. για την παροχή του υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή της διπλωματικής, και τον κ. Ε. Σταμπουλόγλου και την ΦΩΤΟΠΟ Α.Ε. για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου διέθεσε. Επίσης ευχαριστώ και τον κ. Γ. Λαθουράκη, Αγρονόμο και Τοπογράφο Μηχανικό, για την τεχνική συμβολή του στο αρχικό στάδιο της επεξεργασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ τους φίλους μου που κατά τη διάρκεια του τελευταίου έτους, και όχι μόνο, με ενθαρρύνουν με τη θετική τους ενέργεια, ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο την επιμονή και την υπομονή μου. Τέλος, μα πάνω απ' όλους, ευχαριστώ την οικογένειά μου, και κυρίως τους γονείς και τις αδερφές μου, για την υποστήριξή τους, και για όλα όσα μου έχουν προσφέρει τα τελευταία εικοσιτέσσερα χρόνια.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία χαρακτηρίζεται από μια ιδιαιτερότητα. Εντοπίζεται στον τρόπο που ορίστηκε το ειδικό αυτό θέμα. Προτού οριστεί επακριβώς ο σκοπός της εργασίας, σημειώνεται ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε προσελκύσει η περιοχή της Νήσου Αντιπάρου. Το ενδιαφέρον αυτό οφειλόταν στον ιστορικό ρόλο του νησιού, από την εποχή της Αρχαιότητας έως και τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, αλλά και στο πλούσιο τουριστικό και παράλληλα οικονομικό δυναμικό του στη σύγχρονη εποχή. Θεωρήθηκε ότι ο μοναδικός τρόπος διερεύνησης των παραπάνω στοιχείων θα ήταν η πραγματοποίηση μελετών, οι οποίες θα θέτουν ως στόχο τη συλλογή, επεξεργασία, διαχείριση, και κατοπινή ανάδειξη των απαραίτητων πληροφοριών, με σκοπό τη μετέπειτα ορθολογική αξιοποίηση των στοιχείων από την Τοπική Αυτοδιοίκηση, στοχεύοντας στην τουριστική, οικονομική, αλλά και πολιτιστική ανάπτυξη της περιοχής.

Ως βασικό εργαλείο, για την επίτευξη αυτού του στόχου και την καθοδήγηση των επόμενων εργασιών, τέθηκε ο γενικός αλλά πλήρης χάρτης του νησιού, ο οποίος μέχρι πρότινος δεν είχε δημιουργηθεί. Γι' αυτόν τον λόγο, συγκροτήθηκε μια ομάδα τριών ατόμων, με σκοπό τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για τη σύνταξή του. Λόγω της πληθώρας στοιχείων που προέρχονταν από διαφορετικές πηγές, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις παρουσιάζαν αλληλοεπικαλύψεις, κρίθηκε αναγκαία η μετάβαση στο νησί για την επιτόπια αναζήτηση και αποσαφήνιση των συγκεκριμένων στοιχείων. Εκεί πραγματοποιήθηκαν ξεναγήσεις στη ξηρά αλλά και στη θάλασσα, διάλογοι με ντόπιους κατοίκους, αλλά και αρκετές ανεξάρτητες περπατητικές διαδρομές για την εξερεύνηση στοιχείων, για τα οποία δεν είχε προηγηθεί η καταγραφή. Επιπλέον, το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας προμηθεύτηκε ορθοφωτογραφίες του 2007 από την Κτηματολόγιο Α.Ε., και δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης Geoeye-1, με ημερομηνία λήψης τον Δεκέμβριο του 2011, για την άμεση συλλογή και ενημέρωση των μεταβαλλόμενων στοιχείων.

Στη συνέχεια και παράλληλα με τη σύνταξη του χάρτη, ανατέθηκε το παρόν θέμα αυτής της διπλωματικής. Θεωρήθηκε ότι οι διαθέσιμες εικόνες θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν τον σκοπό μιας μελέτης με διαφορετικό, λιγότερο αντικειμενοστραφές, αντικείμενο. Με αφορμή την αγορά των δορυφορικών εικόνων αλλά και την προμήθεια των αναλογικών ορθοφωτογραφιών για την παραγωγή ενός προϊόντος, αναπτυξιακού αλλά και ενημερωτικού χαρακτήρα, γεννήθηκε το ερώτημα της δυνατότητας των δύο παρόμοιων προϊόντων να εξυπηρετήσουν ισάξια αυτό το εγχείρημα, αλλά και της οικονομικής διάστασης ενός τέτοιου έργου. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη κανείς το γεγονός ότι η εταιρεία παροχής των ορθοφωτογραφιών, τις χρησιμοποιεί ως χαρτογραφικό υπόβαθρο για την εκπλήρωση του στόχου της, θεωρήθηκε ότι το παραπάνω ερώτημα δύναται να γενικευτεί. Το αποτέλεσμα του παραπάνω σκεπτικού είναι αυτή η διπλωματική εργασία, η οποία αρχικά μελετάει διεξοδικά τη διαδικασία παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου της περιοχής μελέτης από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1, καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο που την υποστηρίζει. Στη συνέχεια επιχειρείται η εξαγωγή συμπεράσματος για την τελικά συμφέρουσα τεχνική παραγωγής, προσεγγίζοντας τη μεθοδολογία μιας οικονομοτεχνικής μελέτης.

Παρόλο που, όπως και θα διαπιστωθεί, το τελικό θέμα της παρούσας διπλωματικής δεν ασχολείται διεξοδικά με την περιοχή μελέτης αυτή καθαυτή, η ιστορία, ο πολιτισμός και οι άνθρωποι μιας περιοχής αποτελούν τον απώτερο στόχο για ικανοποίηση σε οποιαδήποτε μελέτη που έχει υπόβαθρο μια γεωγραφική ενότητα. Εξάλλου σε αυτούς τους παράγοντες οφείλονται οι ενέργειες του Εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας, οι οποίες εν τέλει οδήγησαν και στη διαμόρφωση αυτού του θέματος. Ως εκ τούτου, αρχικά θα δοθεί έμφαση σε στοιχεία που αφορούν την περιοχή μελέτης, με σκοπό την επιπρόσθετη επίγνωση σχετικά με τον αποδέκτη οποιασδήποτε απόφασης έχει και χωρική υπόσταση.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	i
Πρόλογος	iii
Περιεχόμενα	v
Κατάλογος Πινάκων	ix
Κατάλογος Διαγραμμάτων	ix
Κατάλογος Εικόνων	x
Περίληψη.....	1
Abstract	3
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Στοχος της Εργασίας	7
1.2 Διάρθρωση της Εργασίας	7
1.3 Η Περιοχή Μελετης.....	8
1.2.1 Γενικές Πληροφορίες.....	8
1.2.2 Μορφολογία και Περιβάλλον	10
1.2.3 Ιστορικά Στοιχεία	10
1.2.4 Το Σπήλαιο της Αντιπάρου	11
1.2.5 Οικονομικό Δυναμικό.....	12
1.2.5 Υποδομές και Συγκοινωνίες.....	12
2 Ο ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ GEOEYE-1	15
2.1 Εισαγωγή.....	17
2.2 Γενικά περί Δορυφορικών Απεικονίσεων	17
2.2.1 Ιστορική Εξέλιξη	17
2.2.2 Σχετικά με την Geoeye	18
2.2.3 Οι Δορυφόροι της Geoeye	18
2.3 Λειτουργικά Στοιχεία του Δορυφόρου	20
2.3.1 Η Εκτόξευση	20
2.3.2 Είδη Δορυφορικών Τροχιών.....	21
2.3.3 Χαρακτηριστικά της Τροχιάς του Δορυφόρου Geoeye-1	22
2.3.4 Προσδιορισμός της Τροχιάς του Δορυφόρου Geoeye-1.....	23
2.3.5 Το Σύστημα Σάρωσης.....	24
2.3.6 Φασματική και Ραδιομετρική Διακριτική Ικανότητα.....	26
2.3.7 Χωρική Διαχωριστική Ικανότητα	27
2.3.8 Η Γεωαναφορά των Δορυφορικών Απεικονίσεων	27
2.3.9 Τα Προϊόντα του Geoeye-1	29
2.3.10 Σύγκριση με Άλλους Δορυφόρους.....	32

3 Η ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	33
3.1 Εισαγωγή.....	35
3.2 Η Γεωαναφορά των Εικόνων	35
3.2.1 Αυστηρά Μαθηματικά Μοντέλα.....	36
3.2.2 Προσεγγιστικά Μαθηματικά Μοντέλα	36
3.3 Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	37
3.3.1 Τεχνικές Συσχέτισης.....	37
3.3.2 Μέθοδοι Αναπαράστασης και Κατανομής Δεδομένων ΨΜΕ	39
3.3.3 Ακρίβεια Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	40
3.4 Ψηφιακή Διαφορική Αναγωγή.....	40
3.5 Επανασύσταση Εικόνας.....	41
3.5.1 Μέθοδος της Πλησιέστερης Γειτνίασης	41
3.5.2 Διγραμμική Παρεμβολή	42
3.5.3 Δικυβική Παρεμβολή	42
3.6 Σύνθεση Ορθοφωτομωσαϊκού και Ποιοτικός Έλεγχος.....	43
4 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΠΑΡΟ	45
4.1 Εισαγωγή.....	47
4.2 Η Περιοχή Μελέτης.....	47
4.3 Προγραμματισμός Εργασιών.....	48
4.3.1 Προγραμματισμός και Απόκτηση των Δορυφορικών Εικόνων Geosye-1	48
4.3.2 Προ-επεξεργασία των Αρχικών Δορυφορικών Εικόνων	49
4.3.3 Επιλογή Φωτοσταθερών	51
4.3.4 Διαθέσιμος Εξοπλισμός	52
4.4 Υλοποίηση Φωτοσταθερών και Επίλυση Δικτύου.....	53
4.5 Γεωαναφορά και Προσανατολισμός Εικόνων	55
4.6 Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	59
4.7 Παραγωγή Ορθοφωτογραφίας	60
4.8 Σύνθεση του Ορθοφωτομωσαϊκού	60
4.9 Εξαγωγή του Τρισδιάστατου Μοντέλου της Περιοχής	61
4.10 Προβλήματα.....	62
4.10.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους	62
4.10.2 Τελική Ορθοφωτογραφία.....	63
5 ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ	65
5.1 Εισαγωγή.....	67
5.2 Δεδομένα Ελέγχου	67
5.3 Τεχνικές Προδιαγραφές Χαρτογραφικών Υποβάθρων	68
5.3.1 Προδιαγραφές Ορθοφωτογραφιών (LSO)	68
5.3.2 Προδιαγραφές Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους.....	70

5.4 Έλεγχος Ορθοφωτογραφιών	70
5.4.1 Ισχύουσα Τεχνική Βάσει των Προδιαγραφών	70
5.4.2 Με Αφαίρεση	72
5.5 Έλεγχος Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	75
5.5.1 Με Σημεία Ελέγχου	75
5.5.2 Με Αφαίρεση	75
5.6 Παρατηρήσεις.....	76
5.7 Συμπεράσματα	77
6 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	79
6.1 Εισαγωγή.....	81
6.2 Αποστολή της Κτηματολόγιο Α.Ε.	81
6.3 Το Χαρτογραφικό Υπόβαθρο	82
6.4 Η Οδηγία INSPIRE και το Κτηματολόγιο	83
6.5 Οικονομική Διάσταση	83
6.6 Δόμηση Σεναρίων	84
6.7 Νομικό Πλαίσιο	85
6.8 Κόστος Υποβάθρου βάσει του Ν. 3316/05 με Αναλογικές Αεροφωτογραφίες.....	85
6.8.1 Εκτίμηση Κόστους Παραγωγής Χαρτογραφικού Υποβάθρου στην Περιοχή Μελέτης	85
6.8.2 Αναγωγή Κόστους σε Επίπεδο Χώρας.....	88
6.9 Κόστος Υποβάθρου βάσει του Ν. 3316/05 με Δορυφορικές Εικόνες Geoeye-1	89
6.9.1 Εκτίμηση Κόστους Υποβάθρου στην Περιοχή Μελέτης.....	89
6.9.2 Αναγωγή Κόστους σε Επίπεδο Χώρας.....	91
6.10 Σύγκριση Μεθόδων με Εφαρμογή του Ν. 3316/05.....	92
6.11 Εκπτώσεις στο Κόστος του Υποβάθρου	94
6.11.1 Έκπτωση στις Αεροφωτογραφίες για την Περιοχή Μελέτης.....	94
6.11.2 Έκπτωση στις Αεροφωτογραφίες για την Επικράτεια.....	95
6.11.3 Έκπτωση στις Δορυφορικές Εικόνες.....	95
6.12 Προβληματισμοί	97
6.12.1 Νέες Τεχνικές Προδιαγραφές.....	98
6.12.2 Σύγκριση Προϊόντων	98
6.12.3 Ελάχιστο Μέγεθος Δορυφορικής Λήψης.....	99
6.12.4 Οργανισμός Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος	100
6.13 Αξιολόγηση.....	101
6.13.1 Γενικά.....	101
6.13.2 Στόχος και Υποστόχοι	102
6.13.3 Κριτήρια Αξιολόγησης	102
6.13.4 Ανάλυση SWOT.....	103

6.13.5 Πολυκριτηριακή Ανάλυση	105
6.14 Συμπεράσματα	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109

Κατάλογος Πινάκων

Κεφάλαιο 2

Πίνακας 2.1 Παράμετροι τροχιάς του Geosye-1	23
Πίνακας 2.2 Τιμές Προϊόντων Geosye-1 (Πηγή: Geosye Inc.)	30
Πίνακας 2.3 Συγκριτικά Χαρακτηριστικά Άλλων Τηλεπισκοπικών Δορυφόρων	32

Κεφάλαιο 4

Πίνακας 4.1 Ορια περιοχής μελέτης (Προσεγγιστικά)	48
Πίνακας 4.2 Συντεταγμένες και RMS των μετρημένων φωτοσταθερών όπως επιλύθηκαν στο πρόγραμμα Spectra Precision	55
Πίνακας 4.3 Εναπομένοντα Σφάλματα Σημείων Ελέγχου (m)	58
Πίνακας 4.4 Διορθωτικές Παράμετροι Γεωαναφοράς	58

Κεφάλαιο 5

Πίνακας 5.1 Συντεταγμένες και RMS Σημείων Ελέγχου	67
Πίνακας 5.2 Στατιστικά μεγέθη οριζοντιογραφικού ελέγχου ορθοφωτομωσαϊκού από δορυφορικές εικόνες	71
Πίνακας 5.3 Στατιστικά μεγέθη οριζοντιογραφικού ελέγχου ορθοφωτομωσαϊκού της Κτηματολόγιο Α.Ε.	71
Πίνακας 5.4 Στατιστικά μεγέθη ελέγχου υψομετρικής ακρίβειας ΨΜΕ, παραγόμενου από δορυφορικές εικόνες	75
Πίνακας 5.5 Στατιστικά μεγέθη ελέγχου υψομετρικής ακρίβεια ΨΜΕ, της Κτηματολόγιο Α.Ε.	75

Κεφάλαιο 6

Πίνακας 6.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά του μοντέλου μηχανής Zeiss RMK Top 15	86
Πίνακας 6.2 Συντελεστές αναγωγής για το κόστος της παραγωγής, πλην του σταδίου των λήψεων, με βάση την μορφολογία του εδάφους (Κανονισμός Ν. 3316/05)	88
Πίνακας 6.3 Προϋπολογισμός κόστους παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου Εθνικού Κτηματολογίου για την Επικράτεια (Πηγή:Καράμπελας, Ε., 2008)	95
Πίνακας 6.4 Τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης για τα δύο εναλλακτικά σενάρια σε τρεις συνδυασμούς βαρών	107

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Κεφάλαιο 6

Διάγραμμα 6.1 Ποσοστιαία Συμμετοχή των Επιμέρους Σταδίων στο Συνολικό Κόστος Παραγωγής Υποβάθρου από Αναλογικές Αεροφωτογραφίες	89
---	----

Διάγραμμα 6.2 Εμπειρικά ποσοστά οικονομικής συμμετοχής των επιμέρους σταδίων στο κόστος της παραγωγής του υποβάθρου	90
Διάγραμμα 6.3 Ποσοστιαία Συμμετοχή των Επιμέρους Σταδίων στο Συνολικό Κόστος Παραγωγής Υποβάθρου από Δορυφορικές Εικόνες για την Περιοχή Μελέτης.....	91
Διάγραμμα 6.4 Ποσοστιαία Συμμετοχή των Επιμέρους Σταδίων στο Συνολικό Κόστος Παραγωγής Υποβάθρου από Δορυφορικές Εικόνες για την Επικράτεια	92
Διάγραμμα 6.5 Συνολικό Κόστος Παραγωγής: Ν. Αντίπαρος	92
Διάγραμμα 6.6 Συνολικό Κόστος Παραγωγής: Επικράτεια.....	93
Διάγραμμα 6.7 Σύγκριση των Κοστών των Επιμέρους Σταδίων της Παραγωγής Υποβάθρου: Ν. Αντίπαρος	93
Διάγραμμα 6.8 Σύγκριση των Κοστών των Επιμέρους Σταδίων Παραγωγής Υποβάθρου: Επικράτεια.....	93
Διάγραμμα 6.9 Συνολικά κόστη παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου με έκπτωση για την περιοχή μελέτης	96
Διάγραμμα 6.10 Συνολικό κόστος παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου με έκπτωση για την Επικράτεια.....	96
Διάγραμμα 6.11 Οικονομική συμμετοχή των σταδίων της παραγωγής του υποβάθρου με αεροφωτογραφίες στο συνολικό κόστος για την Επικράτεια	96
Διάγραμμα 6.12 Οικονομική συμμετοχή των σταδίων της παραγωγής του υποβάθρου με δορυφορικές εικόνες στο συνολικό κόστος για την Επικράτεια	97

Κατάλογος Εικόνων

Κεφάλαιο 1

Εικόνα 1.1 Νήσος Αντίπαρος, Δεσποτικόν, και Στρογγυλό [1]	9
Εικόνα 1.2 Είσοδος Ενετικού Κάστρου [2].....	9
Εικόνα 1.3 Γραφική Αναπαράσταση του Κάστρου [3]	9
Εικόνα 1.4 Το Σπήλαιο της Αντιπάρου [4]	12
Εικόνα 1.5 Νέος παραλιακός δρόμος που οδηγεί στον οικισμό του Αγίου Γεωργίου [5]	13

Κεφάλαιο 2

Εικόνα 2.1 Φωτογραφία του δορυφόρου Geoeye-1 [6]	19
Εικόνα 2.2 Η πρώτη δημοσιευμένη δορυφορική λήψη του Geoeye-1 από την Google [7]	20
Εικόνα 2.3 Η Εκτόξευση του Geoeye-1 από το όχημα Delta II στις 6 Σεπτεμβρίου του 2007 [8]	21
Εικόνα 2.4 Αναπαράσταση ηλιοσύγχρονης, σχεδόν πολικής, τροχιάς [9]	22
Εικόνα 2.5 Φωτογραφία των αισθητήρων αστεριών [10].....	23
Εικόνα 2.6 Σχηματική Αναπαράσταση του επίγειου συστήματος ελέγχου για τον δορυφόρο Geoeye-1 [11]	24

Εικόνα 2.7 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος “push-broom” [12]	24
Εικόνα 2.8 Σχηματική αναπαράσταση της δημιουργίας δορυφορικής σκηνής με δέκτη τύπου “push-broom” [13]	25
Εικόνα 2.9 Απλοποιημένη Αναπαράσταση της τεχνολογίας CCD [14]	26
Εικόνα 2.10 Απεικόνιση αντικειμένου με διαφορετική διαχωριστική ικανότητα [15]	27
Εικόνα 2.11 Σχήμα που αναπαριστά την μέθοδο συλλογής στερεοζεύγους από τον δορυφόρο Geoeye-1 [16]	29
Εικόνα 2.12 Απεικόνιση Geoeye-1 της Ρώμης με χωρική ανάλυση 0,50 m [17]	30
Εικόνα 2.13 Απεικόνιση της Ν. Σαντορίνης από τον δορυφόρο Geoeye-1 με χωρική ανάλυση 0,50 m [18]	31
Εικόνα 2.14 Τρισδιάστατο Μοντέλο του Αεροδρομίου του San Diego στη Καλιφόρνια από εικόνες Geoeye-1 με ανάλυση 0,50 m [19]	31
Εικόνα 2.15 Δορυφορική Εικόνα Geoeye-1 από πλημμύρα στο Tennessee με χωρική ανάλυση 0,50 m [20]	32

Κεφάλαιο 4

Εικόνα 4.1	47
Εικόνα 4.2	47
Εικόνα 4.3	47
Εικόνα 4.4 RGB Δείγμα Δορυφορικών Εικόνων Geoeye-1 (βόρειο τμήμα)	49
Εικόνα 4.5 RGB Δείγμα Δορυφορικών Εικόνων Geoeye-1 (νότιο τμήμα)	49
Εικόνα 4.6	50
Εικόνα 4.7	50
Εικόνα 4.8	50
Εικόνα 4.9 Εικόνα εξόδου μετά απο τη συγχώνευση των παραπάνω καναλιών	50
Εικόνα 4.10	51
Εικόνα 4.11	51
Εικόνα 4.12 Τμήμα της έγχρωμης εικόνας εξόδου χωρικής ανάλυσης 0,50 m, μετά από τη συγχώνευση	51
Εικόνα 4.13 Σκαρίφημα Επιλεγμένων Φωτοσταθερών από τις δορυφορικές εικόνες	52
Εικόνα 4.14 Θέσεις των μετρημένων σημείων (φωτοσταθερά-σημεία ελέγχου)	53
Εικόνα 4.15 Δίκτυο επίλυσης βάσεων GPS στο <i>Spectra Precision</i>	54
Εικόνα 4.16 Επιφάνεια Διαχείρισης <i>Project</i> στο LPS	56
Εικόνα 4.17 Επιλογή μοντέλου δέκτη	56
Εικόνα 4.18 Εισαγωγή εικόνων και αρχείων γεωαναφοράς	56
Εικόνα 4.19 Σκόπευση Φωτοσταθερών στο LPS	57
Εικόνα 4.20 Ορισμός παραμέτρων ΨΜΕ στο LPS	59
Εικόνα 4.21 Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων	60
Εικόνα 4.22 Ισοϋψείς καμπύλες	60
Εικόνα 4.23 Ρύθμιση Παραμέτρων Ορθοαναγωγής στο LPS	60

Εικόνα 4.24 Εξισορρόπηση ιστογραμμάτων εικόνας	61
Εικόνα 4.25 Ρύμιση επιπέδων συνιστωσών	61
Εικόνα 4.26 Τρισδιάστατη Απεικόνιση Περιοχής Μελέτης	62
Εικόνα 4.27 Τμήμα Τρισδιάστατης Απεικόνισης Περιοχής Μελέτης	62
Εικόνα 4.28 Γραμμές Αλλαγής Κλίσης (break lines)	63
Εικόνα 4.29 Τραβημένες περιοχές λόγω εσφαλμένου ΨΜΕ στην αριστερή εικόνα του νότιου τμήματος	63

Κεφάλαιο 5

Εικόνα 5.1 Κατονομή Σημείων Ελέγχου στην περιοχή μελέτης	68
Εικόνα 5.2 Οριζοντιογραφικός έλεγχος ορθοφωτομωσαικού δορυφορικών εικόνων σε περιβάλλον ArcMap	71
Εικόνα 5.3 Οριζοντιογραφικός έλεγχος ορθοφωτομωσαικού της Κτηματολόγιο Α.Ε. σε περιβάλλον ArcMap	72
Εικόνα 5.4 Χωριό της Αντιπάρου από την ορθοφωτογραφία της Κτηματολόγιο Α.Ε.	73
Εικόνα 5.5 Χωριό της Αντιπάρου από την ορθοφωτογραφία των εικόνων Geosye-1 ...	73
Εικόνα 5.6 Αποτέλεσμα Αφαίρεσης της Εικόνας 5.5 από την Εικόνα 5.4 στο περιβάλλον ArcMap.....	74
Εικόνα 5.7.....	74
Εικόνα 5.8.....	74
Εικόνα 5.9.....	74
Εικόνα 5.10.....	74
Εικόνα 5.11.....	74
Εικόνα 5.12.....	74
Εικόνα 5.13 Αποτέλεσμα αφαίρεσης των δύο ψηφιακών μοντέλων εδάφους στο ArcMap.....	76
Εικόνα 5.14 Τμήμα ορθοφωτογραφίας Κτηματολόγιο Α.Ε.	76
Εικόνα 5.15 Αντίστοιχο τμήμα ορθοφωτογραφίας από εικόνες Geosye-1	76

Κεφάλαιο 6

Εικόνα 6.1 Ενδεικτικό Σκαρίφημα Προγραμματισμού Πτήσης [21]	87
---	----

Περίληψη

Από την παλαιολιθική εποχή, ο χάρτης λειτουργεί για τον άνθρωπο ως ουσιαστικό εργαλείο, με κύρια αποστολή τη συμβολή του στις δραστηριότητες πλοήγησης, κατάκτησης, καταγραφής και γενικότερα της αναπαράστασης οποιασδήποτε χωρικής οντότητας. Στον εικοστό πρώτο αιώνα όμως, διαπιστώνεται ότι ο χάρτης αποτελεί αναπόσπαστο μέσον επικοινωνίας που χρησιμοποιείται και εφαρμόζεται σε πληθώρα επιστημών, συχνά λειτουργώντας και ως υπόβαθρο για υποδομές δεδομένων, βελτιστοποιώντας τον τρόπο αντίληψης των φυσικών, κοινωνικοοικονομικών, πολιτικών, και άλλων ειδών φαινομένων. Με την πάροδο του χρόνου και τις επιστημονικές εξελίξεις, κυρίως στον τομέα των μαθηματικών και της πληροφορικής, η διαδικασία δημιουργίας ενός χάρτη και της οπτικοποίησης των στοιχείων με χωρική υπόσταση, έχει λάβει σημαντικότερο ρόλο στο σύνολο των επιστημονικών κλάδων που διαχειρίζονται πληροφορίες με γεωγραφική αναφορά.

Στην παρούσα διπλωματική, εξετάζεται μια πτυχή του ρόλου του χάρτη ως δημοσιονομικό αναπτυξιακό εργαλείο στο εγχείρημα του Εθνικού Κτηματολογίου. Στην ειδική αυτή περίπτωση, ο χάρτης έχει ως υπόβαθρο την ορθοφωτογραφία, ένα φωτογραμμετρικό προϊόν το οποίο εξυπηρετεί παράλληλα τις τιθέμενες προδιαγραφές γεωμετρικής αλλά και ποιοτικής φύσης, καθώς, όπως περιγράφεται απλά, είναι η ορθή προβολή μιας φωτογραφικής απεικόνισης. Σε αυτό το υπόβαθρο γίνεται επίθεση των απαραίτητων και ειδικών πληροφοριών που συνδέονται με την εκάστοτε εφαρμογή, που σε αυτήν την περίπτωση, αποτελούνται από διανυσματικά κτηματολογικά στοιχεία.

Αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι σήμερα, η εταιρεία υπεύθυνη για την παραγωγή αυτών των υποβάθρων, η Κτηματολόγιο Α.Ε., εφαρμόζει την τεχνική αυτή με αναλογικές αεροφωτογραφίες. Με αφορμή τη διαθεσιμότητα των δορυφορικών εικόνων που προμηθεύτηκε το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας για τις ανάγκες ενημέρωσης του χάρτη της Νήσου Αντιπάρου, τέθηκε ως στόχος αρχικά η σύγκριση της μεθόδου αλλά και των αποτελεσμάτων της παραγωγής ορθοφωτογραφίας από τα δύο διαφορετικά είδη εικόνων. Στη συνέχεια, με δεδομένη την ίση αποδοτικότητα των δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης και των αεροφωτογραφιών στο ζητούμενο εγχείρημα, επιχειρήθηκε η οικονομοτεχνική αξιολόγηση των μεθόδων για την εξαγωγή συμπεράσματος για την τελικά συμφέρουσα τεχνική παραγωγής για την Κτηματολόγιο Α.Ε., και κατ' επέκταση για το κράτος.

Λήφθηκαν υπόψη οι οικονομικές παράμετροι που εκτιμήθηκαν κατά την κοστολόγηση των δύο μεθόδων τόσο στην κλίμακα της περιοχής μελέτης όσο και σε κλίμακα επιπέδου χώρας, συνυπολογίζοντας τις έντονες διαφορές που υπεισέρχονται κατά την αναγωγή αυτή. Εκτός από τις οικονομικές παραμέτρους, εντοπίστηκαν ποιοτικές διαφορές και εκφράστηκαν εξωγενείς προβληματισμοί για τις δύο μεθόδους με αποτέλεσμα την εξαγωγή τελικού συμπεράσματος μέσω της διεξαγωγής πολυκριτηριακής ανάλυσης, που αποτελεί και εργαλείο ποιοτικής αξιολόγησης.

Metric and Economic evaluation of Geoeye-1 imagery for Large Scale Orthophoto Production

Maria Teresa Ioannou

Diploma Thesis

March 2013

Abstract

Since the Paleolithic ages, maps have served as valuable instruments with a main purpose of aiding people in their navigational and conquering activities, defining any element which could be visually represented in two dimensional space. In the twenty-first Century, however, maps have been established as an integral medium of communication, used and applied in a variety of sciences, often functioning as a background for data infrastructure, improving the mode of perception of physical, socioeconomic, political and other types of phenomena. Throughout the years and the scientific progress mainly in the fields of mathematics and informatics, the process of making maps has acquired a crucial role within many fields of science which manage information with geographical reference.

In this dissertation, an aspect of the role of maps as an administrative developmental tool for the National Cadastre of Greece is examined. For this special case, maps are formed using orthophotos as a background, which consist of products of photogrammetric processing, simultaneously meeting geometric but also qualitative specifications, since they result from the orthorectification of raster imagery. Onto this orthophoto background, the layers of the necessary georeferenced information in vector format are applied, meeting the needs of each specific application, which in this case consists of property and ownership data.

It is well known that today, the company responsible for the production of these backgrounds in Greece, Ktimatologio S.A., applies the orthorectification technique utilizing analogue aerial photographs. Due to the availability of two Geoeye-1 stereopairs in the Laboratory of Photogrammetry, for the needs of updating the map of the island of Antiparos, the goal was set of firstly conducting a metric and qualitative comparison of the method and of the yielded results, from the production of the orthophoto for the two different types of imagery. Secondly, following the confirmation of the equal efficiency of the two methods to meet the set specifications of the company, a feasibility study was attempted, with the aim of inferring which of the two methods was the more advantageous for the company in question, and for the state of Greece, in extension.

The economic parameters which were estimated during the cost analysis were deduced both on the study area scale and on the national scale, taking into account the major differences which participate in such estimations. Apart from the economic parameters, qualitative differences were identified and extraneous considerations were expressed for each of the two methods. Finally, a conclusion was formed through the conduct of Multi-criteria Analysis, a qualitative approach for decision making problems.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Στοχος της Εργασίας

Μπορεί να θεωρηθεί ότι η παρούσα διπλωματική εξυπηρετεί πολλαπλό σκοπό. Αρχικά η παραγωγή ορθοφωτογραφίας από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1, με ημερομηνία λήψης τον Δεκέμβρη του 2011, τέθηκε ως προϋπόθεση για την ενημέρωση του χάρτη της Νήσου Αντιπάρου, αφού οι λήψεις των εικόνων της ορθοφωτογραφίας της Κτηματολόγιο Α.Ε. χρονολογούνται το 2007. Δεύτερον, θεωρήθηκε ότι οι διαθέσιμες εικόνες θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν περαιτέρω για την εξαγωγή πορίσματος σχετικά με τον βαθμό απόδοσης αυτών των εικόνων, οι οποίες προκύπτουν από δύο διακριτές μεθόδους, τόσο σε τεχνικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο.

Κατά το πρώτο στάδιο της εργασίας, στόχος ήταν η ανάπτυξη της μεθοδολογίας της παραγωγής ορθοφωτογραφίας από δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης. Το στάδιο αυτό αποτελείται από δύο φάσεις. Η πρώτη φάση αφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο που καθοδηγεί τη διαδικασία της παραγωγής της ορθοφωτογραφίας, και το οποίο υποστηρίζεται από την επιστήμη της Φωτογραμμετρίας. Η δεύτερη φάση αναπτύσσει την εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε, για την περιοχή μελέτης της Νήσου Αντιπάρου. Σε αυτό το στάδιο τονίζονται οι τεχνικές διαφορές που υπεισέρχονται κατά τη διαδικασία παραγωγής ορθοφωτογραφίας για τις δύο μεθόδους. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας αναμένεται να συμβάλει μεταγενέστερα με ουσιαστικό ρόλο στη σύνταξη του χάρτη του νησιού.

Στη συνέχεια αναπτύσσεται το δεύτερο στάδιο, το οποίο πραγματεύεται την εναλλακτική χρήση δορυφορικών εικόνων στη θέση των αεροφωτογραφιών για την παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου. Στόχος αυτού του σταδίου είναι η εξαγωγή του συμπεράσματος αν θα συμφέρει την εταιρεία Κτηματολόγιο Α.Ε., τόσο σε οικονομικό όσο και σε τεχνικό επίπεδο να αγοράζει δορυφορικές εικόνες για τη συνέχεια και ολοκλήρωση του έργου της. Ο παραπάνω στοχός δύναται να επιτευχθεί μόνο με τη διεξαγωγή μελέτης, η οποία εμπλέκει παράγοντες που αυξάνουν σε σημαντικό βαθμό την πολυπλοκότητα του παραπάνω ζητήματος, και που δεν είναι δυνατόν να διερευνηθούν πλήρως στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας. Γι' αυτόν τον λόγο, θα εξεταστούν οι γνωστές και προσβάσιμες τεχνικές, θεσμικές, οικονομικές και άλλες παράμετροι που κρίνεται ότι επηρεάζουν τη διαδικασία λήψης απόφασης ενός μελετητή, λαμβάνοντας υπόψη την υποκειμενικότητα που υφίσταται σε τέτοιου είδους περιπτώσεις.

1.2 Διάρθρωση της Εργασίας

Λαμβάνοντας κανείς υπόψη τα προαναφερθέντα, επιχειρήθηκε μια μορφή διάρθρωσης της διπλωματικής που να επιτυγχάνει τη σαφή και αναλυτική περιγραφή και παρουσίαση όλων όσων μελετήθηκαν και εφαρμόστηκαν για την εκπλήρωση των παραπάνω στόχων. Στο **Κεφάλαιο 2**, περιλαμβάνεται η περιγραφή όλων των μερών και λεπτομερειών του δορυφόρου Geoeye-1 που αφορούν στον δέκτη, τη διαδικασία λήψης εικόνας, την εταιρεία παροχής και τα προϊόντα της εταιρείας παροχής που είναι διαθέσιμα στην αγορά. Συγκεκριμένα, γίνεται εκτενής ανάλυση των τεχνολογιών που εφαρμόστηκαν για τη λειτουργία του δορυφορικού συστήματος λήψης εικόνων υψηλής ανάλυσης. Αναφέρονται οι δορυφόροι της εταιρείας Geoeye οι οποίοι προηγήθηκαν και ακολουθούν την εκτόξευση του Geoeye-1, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και οι εφαρμογές που εξυπηρετούν.

Στο **Κεφάλαιο 3** αναπτύσσεται η φωτογραμμετρική τεχνική που αποτελεί το υπόβαθρο για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας από δορυφορικές εικόνες. Σε αυτή συμπεριλαμβάνεται η διαδικασία γεωαναφοράς, η παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, η μονοεικονική

διαδικασία της ψηφιακής διαφορικής αναγωγής, καθώς και η μέθοδος επανασύστασης που διαμορφώνει την τελική ορθοφωτογραφία. Τέλος περιγράφεται η διαδικασία σύνθεσης του ορθοφωτομωσαϊκού και του ποιοτικού ελέγχου. Τονίζονται επίσης τα σημεία διαφοράς στη διαδικασία που προκύπτουν από τη χρήση δορυφορικών εικόνων έναντι αναλογικών αεροφωτογραφιών.

Το **Κεφάλαιο 4** ασχολείται με την κύρια εφαρμογή της παρούσας διπλωματικής. Δημιουργείται ορθοφωτογραφία της Νήσου Αντιπάρου από δορυφορικές εικόνες υψηλής ευκρίνειας Geoeye-1. Περιγράφονται όλα τα στάδια που συμμετείχαν στην παραγωγή, από τον προγραμματισμό των εργασιών πεδίου μέχρι και την τελική εξαγωγή του προϊόντος, με τη χρήση του λογισμικού *Erdas Imagine LPS*. Επισημαίνονται οι ακρίβειες που επετεύχθησαν, τα προβλήματα που προέκυψαν καθώς επίσης οι διαδικασίες που εκτελέθηκαν για την επίλυσή τους.

Στόχος του **Κεφαλαίου 5** είναι η παρουσίαση και χρήση των προδιαγραφών που τίθενται από την εταιρεία Κτηματολόγιο Α.Ε. ως προς την παράδοση των ορθοφωτοχαρτών και ψηφιακών μοντέλων εδάφους, προς τους αναδόχους των έργων παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου. Αρχικά παρατίθενται όλες οι προδιαγραφές, με διάκριση ανάμεσα σε αυτές που λήφθηκαν υπόψη στη συγκεκριμένη εφαρμογή και σε αυτές δεν ληφθηκαν υπόψη, λόγω της περιπτότητάς τους για το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται αυτές οι προδιαγραφές για την αξιολόγηση των προϊόντων που προέρχονται από την Κτηματολόγιο Α.Ε. και των προϊόντων που παρήχθησαν από την εφαρμογή του Κεφαλαίου 4. Επιπλέον χρησιμοποιούνται κατάλληλα εργαλεία από το περιβάλλον λογισμικού ESRI Arc Map για τη σύγκριση των προϊόντων μεταξύ τους.

Το **Κεφάλαιο 6**, το οποίο αποτελεί και το τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής, αξιοποιεί τα πορίσματα του Κεφαλαίου 5 σχετικά με τη δυνατότητα των διαφορετικού τύπου εικόνων να ικανοποιήσουν τις τεχνικές απαιτήσεις της αναθέτουσας αρχής, με σκοπό τη διεξαγωγή μιας οικονομοτεχνικής αξιολόγησης. Στόχος του κεφαλαίου είναι η εξαγωγή συμπεράσματος, με την εφαρμογή εργαλείων ποιοτικής αξιολόγησης, σχετικά με την πιο συμφέρουσα από τις δύο μεθόδους. Πραγματοποιείται κοστολόγηση των δύο διαδικασιών, σε δύο κλίμακες, ακολουθώντας, σε μια περίπτωση, το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο, και στη δεύτερη περίπτωση, τους κανόνες της εμπειρίας που διέπουν το κόστος αυτών των έργων στην πραγματικότητα. Αναλύονται οι τεχνικές και εξωγενείς παράμετροι που θεωρήθηκε ότι μπορούν να επηρεάσουν τέτοιου είδους αποφάσεις. Τέλος, πραγματοποιείται πολυκριτηριακή ανάλυση με τη χρήση βαρών και τη διαμόρφωση διαφορετικών σεναρίων, έτσι ώστε να σχηματιστεί μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για τη βέλτιστη μέθοδο παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου.

1.3 Η Περιοχή Μελέτης

1.2.1 Γενικές Πληροφορίες

Ο Δήμος Αντιπάρου είναι νησί του Νότιου Αιγαίου και χωροθετείται στον Νομό Κυκλάδων. Ιδρύθηκε το 1914 ως κοινότητα αλλά προήχθη σε Δήμο το 2010 με την εφαρμογή του Νόμου Καλλικράτη. Παλαιότερα ήταν ενωμένη με την Πάρο αλλά πλέον απέχει περίπου ένα ναυτικό μίλι νοτιοδυτικά από αυτήν. Χωρίζονται τα δύο νησιά μέσω ενός ρηχού στενού μέσου βάθους 4,5 m, το οποίο ονομάζεται Αμφίγειο. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 38 km² με μέγιστο μήκος περίπου 12,5 km, σε κατεύθυνση από Βορρά προς Νότο, και μέγιστο πλάτος περίπου 5,5 km με το μήκος των ακτών να αγγίζει τα 57 km.



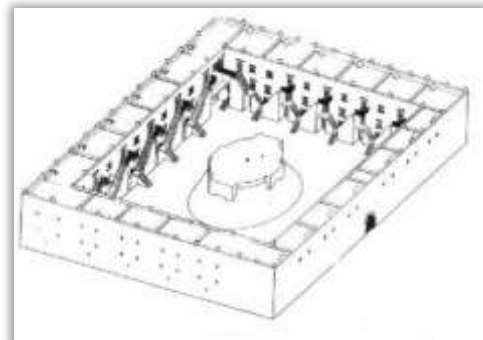
Εικόνα 1.1 Νήσος Αντίπαρος, Δεσποτικόν, και Στρογγυλό [1]

Η Αντίπαρος περιβάλλεται από πολυάριθμα μικρά νησιά. Προς Βορρά εντοπίζονται ο Κάβουρας, το Διπλό, και οι βράχοι Κόκκινος Τούρλος και Μαύρος Τούρλος. Στη βορινή είσοδο του στενού συναντούνται το Γαϊδουρονήσι (αλλιώς Ν. Όρος), ο Σάλιαγκος, και τα Μπουρντάρια. Σημειώνεται ότι το νησί Μπουρντάρια αποκαλείται επίσης Ρεματονήσι και είναι ιδιοκτησία Γουλανδρή. Πιο νότια βρίσκονται τα Παντερονήσια, πέντε σε πλήθος, ενώ νοτιοδυτικά του νησιού συναντούνται τα μεγαλύτερα από τα γειτονικά νησιά, το Δεσποτικό και το Στρογγυλό. Ανάμεσα στο Δεσποτικό και την Αντίπαρο βρίσκεται το Τσιμιντήρι. Εκτός από τα Μπουρντάρια, τα υπόλοιπα γειτονικά νησιά παραμένουν ακατοίκητα και ορισμένα χρησιμοποιούνται για βοσκοτόπια. Κάποια από αυτά, όπως το Δεσποτικό και ο Σάλιαγκος θεωρούνται ύψιστης αρχαιολογικής σημασίας.

Ο κύριος οικισμός του νησιού, «Χωριό», όπως ονομάζεται, βρίσκεται στα βόρεια του νησιού. Σε αυτήν την περιοχή βρίσκονται το λιμάνι, το Κάστρο, καθώς και οι δημόσιες υπηρεσίες του νησιού. Ο οικισμός αναπτύχθηκε περιμετρικά του ιστορικού κέντρου στο ενετικό Κάστρο, που βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο του νησιού. Στο νοτιοδυτικό άκρο της Αντιπάρου αναπτύσσεται ο παραθεριστικός οικισμός του Αγίου Γεωργίου, ο οποίος εντάχθηκε στο σχέδιο πόλεως τη δεκαετία του '70 από σύλλογο χρυσοχόων. Ανατολικά του Αγίου Γεωργίου συναντάται ο οικισμός του Σωρού, και πιο βόρεια βρίσκεται ο Κάμπος της Αντιπάρου, περιοχή με διάσπαρτες κατοικίες, η οποία συνδέθηκε με τον παραλιακό δρόμο που διέρχεται από το Απάντημα και τα Γλυφά στα ανατολικά, μέσω έργων οδοποιίας. Ο συνολικός πληθυσμός των μόνιμων κατοίκων του νησιού, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, έφτανε στους 1.211. (Ε.Σ.Υ.Ε., 2013)



Εικόνα 1.2 Είσοδος Ενετικού Κάστρου [2]



Εικόνα 1.3 Γραφική Αναπαράσταση του Κάστρου [3]

1.2.2 Μορφολογία και Περιβάλλον

Η Αντίπαρος βρίσκεται περίπου στο κέντρο του συμπλέγματος των Κυκλάδων, και ως εκ τούτου παρουσιάζει σε μεγάλο βαθμό τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν αυτή την περιοχή όσον αφορά στο περιβάλλον και τις μορφολογικές του ιδιότητες. Το τοπίο είναι χαρακτηριστικό των Κυκλάδων με ξηρό κλίμα, ελάχιστη βλάστηση, λόφοι με κέδρους και θάμνους, καθώς επίσης λιτά αρχιτεκτονικά σχήματα στις οικιστικά αναπτυσσόμενες περιοχές. Στο βόρειο τμήμα, το έδαφος μπορεί να θεωρηθεί πιο ομαλό και πεδινό αλλά περίπου στο κέντρο του νησιού συναντάται ο Προφήτης Ηλίας, η πιο υψηλή κορυφή του με υψόμετρο 301 m. Από το ύψωμα του Προφήτη Ηλία και πιο νότια, το ανάγλυφο του νησιού μπορεί να θεωρηθεί αρκετά έντονο. Στο δυτικό τμήμα οι ακτές είναι ομαλές και αμμώδεις ενώ παρατηρείται έντονη αντίθεση στην ανατολική ακτή από βραχώδεις εκτάσεις και μικρούς όρμους. Η παρουσία φρυγάνων είναι έντονη σε όλο το νησί, καθώς και στα γειτονικά. Η περιοχή της Φανερωμένης, το Δεσποτικό, και το Στρογγυλό είναι κηρυγμένες περιοχές Natura και φιλοξενούν ποικιλία υδρόβιων πτηνών, εκ των οποίων ορισμένα κατατάσσονται στα απειλούμενα είδη. Περιοχές Natura έχουν κηρυχτεί επίσης οι υγρότοποι στο βόρειο άκρο του νησιού καθώς επίσης τα Παντερονήσια.

Όσον αφορά στην εδαφική σύσταση, το μεγαλύτερο ποσοστό των πετρωμάτων της Αντιπάρου χαρακτηρίζονται ως ηφαιστειογενή και ιζηματογενή. Στο κεντρικό τμήμα του νησιού επικρατούν τα ιζηματογενή και τα μεταμορφωμένα πετρώματα, όπως γνεύσιοι, μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι, μάρμαρα, εναλλαγές μαρμάρων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, χλωριτικών σχιστολίθων και φυλλίτων, ενώ στο Βόρειο και Νότιο τμήμα, καθώς και στα νησιά Διπλό, Δεσποτικό και Στρογγυλό επικρατούν τα ηφαιστειογενή πετρώματα, όπως λάβες, οφιδιανός, περλίτης, και ηφαιστιακοί τόφοι. Σημειώνεται ότι αυτά τα ηφαιστειογενή πετρώματα είναι νεότερα καθώς βρίσκονται σε μια τοξοειδή ηφαιστιακή ζώνη που ενεργοποιήθηκε σε νεότερη εποχή, και περιλαμβάνει επίσης τα νησιά Αίγινα, Πόρο, Αντίμηλο, Μήλο, Κίμωλο, Πόλυβο, Σπυριδονήσια, Σαντορίνη, Νίσυρο, και Πάτμο. Όσον αφορά στα μεταλλεύματα της Αντιπάρου, έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη θειούχου μολύβδου, θειούχου ψευδάργυρου, χαλαζία, οξειδίων του μαγγανίου, θειϊκού βáriου, σιδηρομεταλλευμάτων και άλλων ορυκτών. (Καλούδας, 1962)

1.2.3 Ιστορικά Στοιχεία

Μια σημαντική αφορμή προσέλευσης ενδιαφέροντος για τη δημιουργία ενός πλήρους χάρτη της Αντιπάρου αποτελεί η πλούσια ιστορία της. Η μακραίωνη ιστορική της πορεία συνδέεται άμεσα με τη γειτνίασή της με την Πάρο, με την οποία παλαιότερα αποτελούσαν μαζί ένα σύνολο. Σύμφωνα με τις αρχαιολογικές έρευνες, ο Σάλιαγκος, ο οποίος αποτελούσε τον συνδετικό κρίκο ανάμεσα στα νησιά, καθώς ήταν μια χαμηλή χερσόνησος του ισθμού που ένωνε την Πάρο με την Αντίπαρο, ήταν ο πρώτος τόπος εγκατάστασης πληθυσμού στις Κυκλάδες τη Λίθινη Εποχή, και ως εκ τούτου αποτελεί τον παλαιότερο οικισμό των Κυκλάδων. Η μεγάλη ανάπτυξη των πρωτοκυκλαδικών πολιτισμών της Πάρου, της Αντιπάρου και του Δεσποτικού συνεχίστηκε την τρίτη χιλιετία π.Χ.. Οι πρώτες ανασκαφές που πραγματοποιήθηκαν το 19^ο αιώνα αποκάλυψαν νεκροταφεία, κεραμική και ειδώλια της Πρωίμης Εποχής του Χαλκού στις περιοχές Απάντημα, Σωρό, Πεταλίδες και Κρασάδες. Στο Δεσποτικό, στις περιοχές Λιβιάδι και Ζουμπάρια, ανακαλύφθηκαν τάφοι, ενώ στην περιοχή Χειρόμυλοι βρέθηκαν ίχνη προϊστορικού οικισμού. Στο Στρογγυλό σώζονται ερείπια νεολιθικού οικισμού και στον Κάβουρα βρέθηκαν ειδώλια της Πρωτοκυκλαδικής περιόδου.

Παρόλα αυτά διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχουν πολλές σημαντικές καταγραφές σχετικά με την Αντίπαρο κατά τη διάρκεια της Αρχαιότητας. Θεωρούταν τμήμα της Πάρου και ονομαζόταν «Ωλιάρος» (δασώδες βουνό) ενώ οι αναφορές στο Δεσποτικό γίνονταν με την ονομασία «Πρεπέσινθος». Αξιοσημείωτες αρχαιότητες δεν υπάρχουν στο νησί, το οποίο πρέπει να ήταν σχετικά έρειμο. Εντούτοις πραγματοποιούνται αυτή την εποχή ανασκαφές στο Δεσποτικό, οι

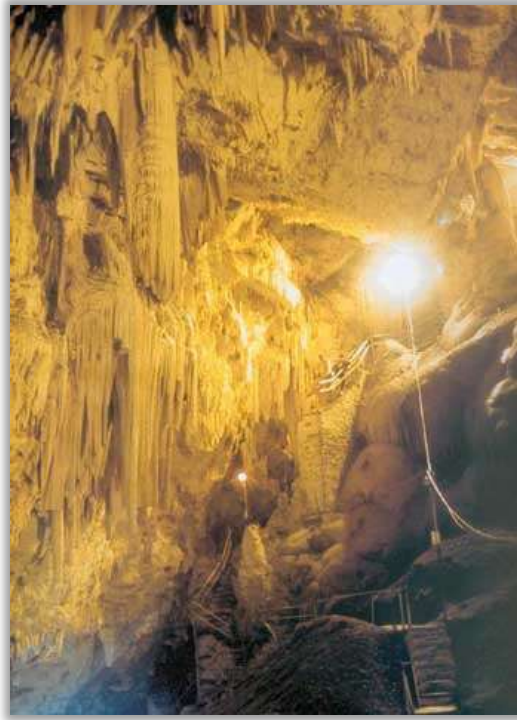
οποίες ενδέχεται να μεταβάλλουν αυτήν την εικόνα αφού έχει αποκαλυφθεί μοναδικό αρχαϊκό ιερό το οποίο λειτουργούσε από τον 7^ο αιώνα π.Χ. έως και τα Ρωμαϊκά χρόνια.

Κατά τους Βυζαντινούς χρόνους και την Οθωμανική περίοδο, σύμφωνα με τις ιστορικές καταγραφές, το νησί ήταν στόχος περιοδικών επιδρομών από τους πειρατές που χρησιμοποιούσαν τους κολπίσκους για ορμητήρια, ώσπου σχεδόν ερημώθηκε. Από το 1207 μέχρι και το 1537, η Αντίπαρος έγινε κτήση των Ενετών. Αξιοσημείωτο γεγονός ήταν η κατασκευή του Κάστρου το 1440 από τον Λορεντάνο, το οποίο σταδιακά εξελίχθηκε στο πιο σημαντικό οικισμό του νησιού. Το 1537, η Αντίπαρος μαζί με άλλα νησιά των Κυκλάδων, κατελήφθη από τον Χαϊρεντίν Μπαρμπαρόσα και εντάχθηκε ολοκληρωτικά στην Οθωμανική Αυτοκρατορία το 1566, όπου παρέμεινε μέχρι το 1821. Εξαίρεση αποτέλεσε το διάστημα 1770-1774, όταν καταλήφθηκε από το ρωσικό στόλο των αδερφών Ορλώφ και έγινε ξανά στόχος πειρατικών επιδρομών. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί η σημαντική συνεισφορά των κατοίκων στους αγώνες απελευθέρωσης του νησιού, οι οποίοι ήταν από τους πρώτους που συμμετείχαν στην Ελληνική Επανάσταση, στην αντίσταση κατά των Γερμανών την περίοδο του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, όταν έγινε μυστική βάση για τους Συμμάχους.

Αξίζει να γίνει μια αναφορά και στα μεταλλεία της Αντιπάρου καθώς υπάρχουν στοιχεία που φανερώνουν την εκμετάλλευσή τους στο παρελθόν. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα διαπιστώθηκε ότι η Ελληνική Μεταλλευτική Εταιρεία είχε πραγματοποιήσει εργασίες στην Αντίπαρο. Ενώ στη συνέχεια επιχείρησαν κι άλλες μεταλλευτικές εταιρείες να εκμεταλλευτούν τα κοιτάσματα, το 1900 η Γαλλική Εταιρεία Λαυρίου αγόρασε το σύνολο των μεταλλείων. Αυτή επιμελήθηκε την εγκατάσταση σημαντικών υποδομών, όπως κτίρια, γραφεία, μηχανές, και σιδηρόδρομους για τη μεταφορά των μεταλλευμάτων σε βαγόνια. Την εποχή από το 1902 έως το 1920, εξωρύχθησαν περίπου 46.000 τόνοι μεταλλευμάτων και το 1926, η Ανώνυμη Εταιρεία μεταλλείων και εμπορίας μεταλλευμάτων ανέλαβε την εκμετάλλευσή των μεταλλείων της Αντιπάρου μέχρι το 1931. Από το 1952 έως το 1956, η εταιρεία «Αιγαίον», εξόρυξε τα εναπομείνοντα κοιτάσματα μολύβδου. Έκτοτε δεν έχει παρατηρηθεί κάποια δραστηριότητα εκμετάλλευσής των κοιτασμάτων. (Καλούδης, 1962)

1.2.4 Το Σπήλαιο της Αντιπάρου

Το γνωστό Σπήλαιο της Αντιπάρου αποτελεί αδιαμφισβήτητα το πιο σημαντικό τουριστικό αξιοθέατο του νησιού με διεθνή φήμη, λόγω του πλούσιου αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, των φαντασμαγορικών σταλαγμιτών και σταλακτιτών, και της ουσιαστικής σύνδεσής με σημαντικά ιστορικά γεγονότα. Βρίσκεται στη νοτιοανατολική περιοχή του νησιού, στον λόφο του «Αϊ Γιάννη του Σπηλιώτη», με υψόμετρο 177 m από τη μέση στάθμη της θάλασσας και βάθος πάνω από 100 m. Η πρόσβαση θεωρείται αρκετά δύσβατη, καθώς πραγματοποιείται μέσω τσιμεντένιας σκάλας 411 σκαλοπατιών. Στην είσοδο του σπηλαίου βρίσκεται ένας πελώριος σταλαγμίτης που καταγράφεται ως ο αρχαιότερος της Ευρώπης με ηλικία 45 εκατομμυρίων ετών. Στο εσωτερικό του σπηλαίου εντοπίζονται επιγραφές που σηματοδοτούν τη χρήση του χώρου ως καταφύγιο στο παρελθόν. Συγκεκριμένα υπάρχουν επιγραφές που, κατά την παράδοση θεωρείται ότι δημιουργήθηκαν από συνωμότες κατά της ζωής του Μεγάλου Αλεξάνδρου, οι οποίοι ανακαλύφθηκαν και αναζήτησαν καταφύγιο στο Σπήλαιο της Αντιπάρου. Έχουν επίσης ανακαλυφθεί επιγραφές από τον Βασιλιά Όθωνα και από τον αρχαιολόγο Μαρκήσιο Ντε Ντοβαντέλ, Γάλλο πρέσβη της Κωνσταντινούπολης, ο οποίος διέμεινε τρεις ημέρες με πεντακόσιους συντρόφους του ενώ λειτούργησε στην Αγία Τράπεζα την ημέρα των Χριστουγέννων.



Εικόνα 1.4 Το Σπήλαιο της Αντιπάρου [4]

1.2.5 Οικονομικό Δυναμικό

Η οικονομία του νησιού είναι στενά συνδεδεμένη με τον τουρισμό, ο οποίος ακμάζει κυρίως την θερινή περίοδο, από το Πάσχα έως τον Οκτώβριο. Εκείνη την περίοδο οι κάτοικοι απασχολούνται κυρίως στα εμπορικά καταστήματα, στα κέντρα εστίασης και διαμονής του νησιού. Κατά τη διάρκεια της μη τουριστικής περιόδου, οι κάτοικοι επιδοτούνται από τον ΟΑΕΔ ή δραστηριοποιούνται με τεχνικές ή χειρονακτικές εργασίες. Η κτηνοτροφία, η γεωργία και η αλιεία επίσης συνεισφέρουν σημαντικά στην τοπική οικονομία του νησιού. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι μεγάλο ποσοστό του προϋπολογισμού του Δήμου για τα ετήσια έσοδα προέρχεται από τα προβλεπόμενα έσοδα και τις επισκέψεις στο Σπήλαιο από τουρίστες.

1.2.5 Υποδομές και Συγκοινωνίες

Όσον αφορά στην υλική υποδομή του νησιού, παρατηρείται ότι αρκετές ανάγκες των κατοίκων δεν καλύπτονται από τις υπάρχουσες υπηρεσίες και υποδομές του νησιού. Πιο συγκεκριμένα, λειτουργεί ένα Δημοτικό Σχολείο στο Χωριό της Αντιπάρου αλλά στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, οι μαθητές μεταφέρονται στο σχολείο της Πάρου. Οι κάτοικοι εξυπηρετούνται από το υγειονομικό της Σύρου και την αγορά της Πάρου. Παρόλα αυτά, σημειώνεται ότι λειτουργούν στο νησί ένα «Πολυδύναμο» Ιατρείο, το Δημαρχείο, καθώς επίσης ένα Κέντρο Εξυπηρέτησης Πολιτών. Η μεταφορά των απορριμάτων του νησιού πραγματοποιείται σε ειδικό χώρο στην Πάρο, ενώ ο βιολογικός καθαρισμός και το αποχετευτικό σύστημα έχουν ενταχθεί στο ΕΣΠΑ με ανάδοχο την Εγνατία Οδό.

Η μεταφορά από και προς το νησί είναι εφικτή μέσω μετάβασης στο λιμάνι της Παροικιάς της Πάρου. Στην Παροικιά υπάρχουν δρομολόγια για το λιμάνι της Αντιπάρου. Εναλλακτικά λειτουργούν ΚΤΕΛ για τη μετάβαση επιβατών στο λιμάνι της Πούντας της Πάρου, για την μεταφορά στο λιμάνι της Αντιπάρου εντός δέκα λεπτών. Υπάρχουν δύο κύριοι οδικοί άξονες. Ο παλαιότερος συνδέει το Χωριό με τον οικισμό του Αγίου Γεωργίου, μέσω του Κάμπου. Ο νεότερος άξονας είναι παραλιακός δρόμος που συνδέει πάλι το Χωριό με τον Άγιο Γεώργιο. Εντός της Αντιπάρου κυκλοφορούν ΚΤΕΛ της δημοτικής συγκοινωνίας, ενώ οι μετακινήσεις στο ιστορικό κέντρο γίνονται με ποδήλατο ή με τα πόδια.



Εικόνα 1.5 Νέος παραλιακός δρόμος που οδηγεί στον οικισμό του Αγίου Γεωργίου [5]

Ο ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ ΓΕΟΕΥΕ-1

2.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η παρούσα ενότητα ασχολείται με τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο λειτουργίας των τηλεπισκοπικών δορυφορικών συστημάτων, και συγκεκριμένα του δορυφόρου Geoeye-1. Οι εικόνες που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή της παρούσας διπλωματικής είναι αποτέλεσμα αυτού του λειτουργικού συστήματος, γι' αυτό και κρίθηκε απαραίτητη η πλήρης κατανόηση της διαδικασίας δημιουργίας τους, καθώς και της εξελικτικής πορείας του συστήματος.

2.2 Γενικά περί Δορυφορικών Απεικονίσεων

2.2.1 Ιστορική Εξέλιξη

Το πρώτο βήμα στην ιστορία των δορυφορικών απεικονίσεων πραγματοποιήθηκε τη δεκαετία του 1960 με την εκτόξευση του πρώτου κατασκοπευτικού δορυφόρου από τις ΗΠΑ ως αντίδραση στην εκτόξευση του Sputnik I από τη Σοβιετική Ένωση. Συλλέχθηκαν πρωτοποριακές εικόνες Σοβιετικών εδαφών, οι οποίες μέχρι το 1995 διατηρήθηκαν απόρρητες. Οι δηλώσεις του Προέδρου των ΗΠΑ, Lyndon Johnson, το 1967 σηματοδοτήσαν την αφετηρία του ερευνητικού χαρακτήρα των δορυφορικών λήψεων, αφού τονίστηκε ιδιαίτερα η σημασία της επιστημονικής εμβάθυνσης στον τομέα της Τηλεπισκόπησης έναντι των τότε κρατικών συμφερόντων.

Κατόπιν, την δεκαετία του 1970, η κυβέρνηση των ΗΠΑ λάνσαρε το πρώτο πολιτικό πρόγραμμα δορυφόρων, το *ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite-1)*, το οποίο κατόπιν μετονομάστηκε *Landsat*. Για πρώτη φορά στην ιστορία των δορυφορικών λήψεων, οι παραγόμενες εικόνες ήταν διαθέσιμες για χρήση από πολίτες.

Από τη Γαλλία το 1986, ο πρώτος δορυφόρος *SPOT* εκτοξεύτηκε και κατέγραψε την καταστροφή από το πυρηνικό ατύχημα του Τσερνόμπιλ. Οι εικόνες αυτές δημοσιεύτηκαν στη διεθνή κοινότητα μόλις 10 ημέρες μετά. Επίσης την ίδια χρονιά, το Γενικό Συμβούλιο του Ο.Η.Ε. υιοθέτησε τις «Αρχές της Τηλεπισκόπησης», οι οποίες εξασφάλισαν το δικαίωμα πτήσης τηλεπισκοπικών δορυφόρων πάνω από οποιοδήποτε κράτος με την προϋπόθεση τα δεδομένα να είναι διαθέσιμα στο εκάστοτε κράτος αμερόληπτα και με λογικούς οικονομικούς όρους.

Αργότερα, το 1992, μέσω της 5^{ης} Οδηγίας για την Εθνική Διαστημική Πολιτική ("National Space Policy Directive 5"), που υπογράφηκε από τον τότε Πρόεδρο των ΗΠΑ George H. W. Bush, επαναδιατυπώθηκε η σημασία του προγράμματος Landsat σχετικά με την πολιτική χρήση των δορυφορικών εικόνων. Επιπλέον ψηφίστηκε το Σύμφωνο της Εδαφικής Τηλεπισκόπησης (Land Remote Sensing Policy Act) το οποίο προωθούσε την πολιτική χρήση των δορυφορικών εικόνων με σκοπό την ανάπτυξη της βιομηχανίας ταυτόχρονα με τη διατήρηση της εθνικής ασφαλείας των ΗΠΑ. Η 23^η Οδηγία της Προεδρικής Απόφασης (PDD-23), που υπογράφηκε από τον τότε Πρόεδρο των ΗΠΑ Bill Clinton, έδωσε κίνητρα στις Αμερικανικές εταιρείες για την εκτόξευση ανταγωνιστικών δορυφόρων υψηλής ανάλυσης.

Δέκα χρόνια μετά, το 2002, και ύστερα από τη δήλωση της CIA για χρήση των δορυφορικών εικόνων, που παράγονται από αμερικανικές εταιρείες, με πιο εντατικούς ρυθμούς για τους σκοπούς της υπηρεσίας, η χρήση των δορυφορικών εικόνων για ελεγκτικούς σκοπούς και λόγους εθνικής ασφαλείας υιοθετήθηκε ως μία ιδιαίτερα δημοφιλή πρακτική.

Υπό την προεδρία του George W. Bush, το 2003 υπογράφηκε η 27^η Οδηγία Προεδρικής Απόφασης, η οποία διακήρυττε ότι ο θεμελιώδης σκοπός της Πολιτικής της Τηλεπισκόπησης είναι η προστασία της εθνικής ασφάλειας των ΗΠΑ και των συμφερόντων εξωτερικής πολιτικής έτσι ώστε το έθνος να συνεχίσει να ηγείται των διαστημικών δραστηριοτήτων και της τηλεπισκόπησης.

2.2.2 Σχετικά με την Geoeye

Η Geoeye ιδρύθηκε το 1992 ως τμήμα της εταιρείας “Orbital Sciences Corporation” μετά το Σύμφωνο της Εδαφικής Τηλεπισκόπησης του 1992, κατά το οποίο εγκρίθηκε η είσοδος των ιδιωτικών εταιρειών στις επιχειρήσεις που σχετίζονται με τις δορυφορικές εικόνες. Το τμήμα ανεξαρτητοποιήθηκε το 1997 και μετονομάστηκε το 2006 από Orbital Imaging Corporation (“ORBIMAGE”) σε Geoeye Inc. Είχε προηγηθεί η αγορά της εταιρείας “Space Imaging”, η οποία είχε υπό την κυριότητά της τον δορυφόρο IKONOS. Η Geoeye αποτελεί τη μεγαλύτερη εταιρεία παγκοσμίως για εμπορικά προϊόντα δορυφορικών εικόνων και εδρεύει στο Herndon της Βιρτζίνια των ΗΠΑ.

2.2.3 Οι Δορυφόροι της Geoeye

2.2.3.1 IKONOS

Ο δορυφόρος IKONOS εκτοξεύτηκε στις 24 Σεπτεμβρίου του 1999 από τη βάση εκτόξευσης SLC-6 (Space Launch Complex) της Αεροπορίας του Vandenberg της Καλιφόρνια των ΗΠΑ, υπό τη διεύθυνση της Space Imaging. Ήταν ο πρώτος που παρείχε στο εμπόριο παγχρωματικές εικόνες ανάλυσης 1,0 m και πολυφασματικές ανάλυσης 4,0 m (με αρχική ανάλυση 0,82 και 3,2 m αντίστοιχα). Διαθέτει σχεδόν πολική, κυκλική, και ηλιοσύγχρονη τροχιά ύψους 681 χιλιομέτρων. Το πλάτος σκηνής των δύο δεκτών είναι 11,3 km, έχει κλίση 98,10° ως προς τον Ισημερινό και ζυγίζει 720 kg. Ο δορυφόρος έως τώρα έχει περισσότερα από 300 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα δεδομένων εικόνων για κάθε ήπειρο με πάνω από 12 επίγειους σταθμούς ελέγχου. Η διάρκεια ζωής του δορυφόρου είχε εκτιμηθεί στα 8 χρόνια αλλά παρόλα αυτά σήμερα βρίσκεται ακόμα σε λειτουργία, έχοντας ξεπεράσει τελικά τα 13 χρόνια.

Οι εφαρμογές των δορυφορικών εικόνων IKONOS περιλαμβάνουν αστικές και αγροτικές χαρτογραφήσεις φυσικών πόρων, φυσικών καταστροφών, κτηματολογικές χαρτογραφήσεις, αγροτικές και δασικές αναλύσεις, εξορύξεις, κατασκευές και ανιχνεύσεις μεταβολών στη γη. Εξάγει χρήσιμα δεδομένα για σχεδόν όλους τους τομείς που αφορούν στο περιβάλλον. Η υψηλή ανάλυση που διαθέτει, συμβάλλει σημαντικά στην παρακολούθηση μεταβολών σε αστικές περιοχές, των ακτών και ακόμα στην παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων της γης και ψηφιακών μοντέλων εδάφους και επιφανείας.

2.2.3.2 OrbView-2

Ο δορυφόρος OrbView-2, ή αλλιώς “SeaStar”, τέθηκε σε τροχιά την 1^η Αυγούστου του 1997 από την τότε ORBIMAGE. Συλλέγονταν έγχρωμες εικόνες ολόκληρης της γης σε καθημερινή βάση με δέκτη τύπου SeaWiFS και ανάλυσης 1,1 km και 4,5 km. Ο δέκτης SeaWiFS χαρακτηριζόταν από δυναμικό εύρος που εξασφάλιζε την καταγραφή και φασματική κάλυψη οκτώ καναλιών, χρήσιμα για την διεξαγωγή πολύ ειδικών επιστημονικών εφαρμογών.

Είχε πλάτος σκηνής 2.800 km για την ευρεία κάλυψη της γης και την εξυπηρέτηση εφαρμογών όπως τις ναυτικές δραστηριότητες, την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και την παρακολούθηση των καλλιεργειών παγκοσμίως. Ο σκοπός που υπηρετούσε ο συγκεκριμένος δορυφόρος ήταν κυρίως επιστημονικός και ερευνητικός, με αποστολές όπως η συλλογή δεδομένων κρίσιμα για τη μελέτη του ρόλου των ωκεανών, η ανταλλαγή σημαντικών στοιχείων και αερίων μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανών η οποία συμβάλλει στη βελτιωμένη παρατήρηση

του φυτοπλαγκτού, και η παρακολούθηση φαινομένων όπως την υπερθέρμανση του πλανήτη. Η εμπορική αξιοποίηση του δορυφόρου συνδεόταν με τον τομέα της αλιείας για την παρατήρηση των ωκεανογραφικών συνθηκών, η οποία ήταν και αναγκαία για την ενημέρωση και δημιουργία αλιευτικών χαρτών.

Ο δορυφόρος OrbView-2 είχε βάρος 255 kg και ο σταθμός ελέγχου του βρισκόταν στο Herndon της Βιρτζίνια των ΗΠΑ. Είχε κυκλική, σχεδόν πολική, και ηλιοσύγχρονη τροχιά με κλίση 98.2° ως προς τον Ισημερινό και ύψος 705 km. Τερμάτισε τη συλλογή δεδομένων στις 11 Δεκεμβρίου του 2010.

2.2.3.3 OrbView-3

Ο δορυφόρος OrbView-3, ο οποίος ήταν εφοδιασμένος με παγχρωματικό και πολυφασματικό δέκτη, ανήκε σχεδιαστικά στην ίδια κατηγορία με τον δορυφόρο IKONOS. Οι δέκτες είχαν ανάλυση 1 μέτρο και 4 μέτρα αντίστοιχα. Ο OrbView-3 εκτοξεύτηκε στις 26 Ιουνίου του 2003, με ύψος τροχιάς 470 χιλιομέτρων, πλάτος σκηνής 8 χιλιομέτρων, κλίση 97° ως προς τον Ισημερινό, και ηλιοσύγχρονη και κυκλική τροχιά. Τέθηκε εκτός λειτουργίας το 2007 και αποσυντέθηκε το 2011.

Οι χρήσεις των δορυφορικών εικόνων που προέκυψαν από τον OrbView-3 ήταν αφενός εμπορικές αφετέρου συσχετισμένες με τις επιστήμες του περιβάλλοντος και με θέματα εθνικής ασφαλείας. Η υψηλή ανάλυση επιτρέπει τη σαφή απόδοση αστικών περιοχών σε ψηφιακούς χάρτες και τρισδιάστατα μοντέλα. Οι πολυφασματικές εικόνες ειδικά, μέσω τηλεπισκοπικών μεθόδων, αξιοποιούνται για την παρατήρηση και μελέτη βλάστησης, δασικών και γεωργικών εκτάσεων, καθώς επίσης για τον καθορισμό χρήσεων γης.

2.2.3.4 Geoeye-1

Ομοίως, ο δορυφόρος Geoeye-1, από τον οποίο και παρήχθησαν οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, εκτοξεύτηκε στις 6 Σεπτεμβρίου του 2008. Διαθέτει παγχρωματικό και πολυφασματικό δέκτη με αναλύσεις 0,41 m και 1,65 m αντίστοιχα. Ακολουθεί σχεδόν πολική και ηλιοσύγχρονη τροχιά, με κλίση 98° ως προς τον Ισημερινό και ύψος τροχιάς 684 km. Το πλάτος σκηνής του δορυφόρου είναι 15,2 km, με δυνατότητα λήψης με κλίση έως 60° ως προς τη ναδιρική διεύθυνση.



Εικόνα 2.1 Φωτογραφία του δορυφόρου Geoeye-1 [6]

Ο Geoeye-1, την εποχή της εκτόξευσής του, παρείχε την υψηλότερη ανάλυση από όλους τους δορυφορικούς δέκτες εμπορικής χρήσης παγκοσμίως. Ο πολυφασματικός δέκτης έχει την δυνατότητα συλλογής δεδομένων συνολικής έκτασης $350.000 \text{ km}^2/\text{ημέρα}$ ενώ ο παγχρωματικός μπορεί να συλλέξει δεδομένα μέχρι $700.000 \text{ km}^2/\text{ημέρα}$. Να σημειωθεί ότι παρόλο που οι δέκτες έχουν δυνατότητα ανάλυσης 0,41 m και 1,65 m αντίστοιχα, οι εικόνες που διατίθενται στο εμπόριο και που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή της διπλωματικής

έχουν ανάλυση 0,50 m και 2,00 m αντίστοιχα. Τα δεδομένα υψηλότερης ανάλυσης ελέγχονται και διανέμονται αποκλειστικά από την κυβέρνηση των ΗΠΑ. Σημειώνεται επιπλέον ότι είναι γενικώς γνωστό ότι η εταιρεία της Geoeye παρέδωσε αποκλειστικά δικαιώματα στην Google για διαδικτυακή χρήση των χαρτογραφικών δεδομένων της.



Εικόνα 2.2 Η πρώτη δημοσιευμένη δορυφορική λήψη του Geoeye-1 από την Google [7]

2.2.3.5 Geoeye-2

Είναι ο επόμενος δορυφόρος που αναμένεται να εκτοξευτεί από την Geoeye το έτος 2013. Ο δέκτης είναι σχεδιασμένος για ανάλυση 0,34 m, κατατάσσοντας τον δορυφόρο ως τον υψηλότερης ανάλυσης δορυφόρο παραγωγής εικόνων εμπορικής χρήσης. Ωστόσο παρ'όλο που η ανάλυση που δύναται να επιτευχθεί ξεπερνά κάθε προηγούμενο δορυφόρο που έχει τεθεί σε τροχιά, τα δεδομένα που θα είναι διαθέσιμα για εμπορική χρήση θα έχουν χαμηλότερη ανάλυση. Η νομοθεσία των ΗΠΑ απαγορεύει την πρόσβαση σε τηλεπισκοπικά δεδομένα ανάλυσης υψηλότερης του 0,50 m, για μη εξουσιοδοτημένους χρήστες.

2.3 Λειτουργικά Στοιχεία του Δορυφόρου

2.3.1 Η Εκτόξευση

Εξορισμού το αρχικό βήμα κατά την ενεργοποίηση των λειτουργιών ενός τεχνητού δορυφόρου αποτελεί η εκτόξευσή του στο διάστημα και η τοποθέτησή του σε τροχιά γύρω από τη Γη. Η εκτόξευση και η τοποθέτηση των δορυφόρων σε κατάλληλη θέση γίνεται με τη χρήση πυραύλων, οι οποίοι, με αφετηρία κάποιο σημείο στην επιφάνεια της γης (ευνοείται σημείο πλησίον του Ισημερινού) και εκτοξεύοντας αέρια που προέρχονται από την καύση αέριων ή υγρών καυσίμων, έχουν στόχο να αποκτήσουν την ταχύτητα διαφυγής ή παραβολική ταχύτητα. Η ταχύτητα διαφυγής στην επιφάνεια της Γης (11,8 km/sec) επιτρέπει στο αντικείμενο που εκτοξεύεται να διαφύγει στο διάστημα και να μην ξαναπέσει στη Γη, ξεπερνώντας με αυτόν τον τρόπο το πεδίο βαρύτητάς της. Ένα σώμα, κινούμενο με αυτήν την ταχύτητα μέχρι δεδομένο ύψος απελευθερώνεται αφενός από την έλξη της Γης αλλά όχι από εκείνη του Ήλιου. Επομένως συνεχίζει την κίνησή του γύρω από τον Ήλιο σαν τεχνητός πλανήτης (γεωσύγχρονη τροχιά). Η κρίσιμη αυτή ταχύτητα διαφυγής υπολογίζεται και από την σχέση $V^2=2g*(M/R)$, όπου V η ταχύτητα διαφυγής, g η σταθερά παγκόσμιας έλξης, M η μάζα της Γης, και R η ακτίνα της.



Εικόνα 2.3 Η Εκτόξευση του Geosye-1 από το όχημα Delta II στις 6 Σεπτεμβρίου του 2007 [8]

Εφόσον ο δορυφόρος έχει αποκτήσει την απαιτούμενη ταχύτητα και ορισμένο ύψος, η κίνησή του θα πρέπει να αλλάξει διεύθυνση και να γίνει κάθετη προς την ευθεία που ορίζεται από το κέντρο της Γης και τον δορυφόρο. Η κίνηση του δορυφόρου, από αυτό το σημείο και έπειτα θα ακολουθεί τους Νόμους του Κέπλερ.

2.3.2 Είδη Δορυφορικών Τροχιών

Η δορυφορική τροχιά διακρίνεται ανάλογα με το ύψος, την ταχύτητα και το επίπεδό της. Οι ζώνες ύψους/ταχύτητας της δορυφορικής τροχιάς είναι η χαμηλή, η μεσαία, και η γεωσύγχρονη τροχιά, οι οποίες σε συνδυασμό με τα διάφορα πιθανά επίπεδα περιστροφής ορίζουν διαφορετικά είδη τροχιάς δορυφόρων. Τα πιο συνηθισμένα που διακρίνονται είναι η γεωστατική ισημερινή, η ηλιοσύγχρονη πολική καθώς επίσης οι χαμηλές (LEO) και μεσαίες (MEO) περί τη γη τροχιές. Να σημειωθεί ότι τα σχήματα των τροχιών δύναται να είναι κυκλικά ή ελλειπτικά.

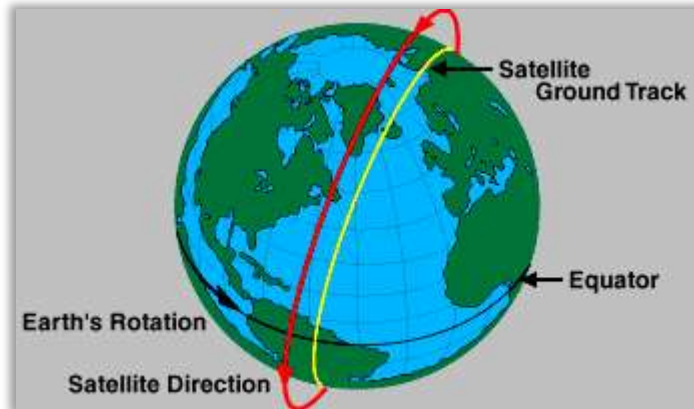
2.3.2.1 Γεωστατική Τροχιά

Στην περίπτωση της γεωστατικής τροχιάς, η τροχιά του δορυφόρου παραμένει σταθερή σε σχέση με ορισμένο σημείο στην επιφάνεια της Γης και κινείται με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα περιστροφής της Γης. Η τροχιά είναι κυκλική γύρω από τον Ισημερινό με μηδενική κλίση του τροχιακού επιπέδου ως προς το Ισημερινό επίπεδο. Η τροχιακή περίοδος ισοδυναμεί με τον χρόνο περιστροφής της Γης και το τροχιακό ύψος ανέρχεται περίπου στα 36.000 χιλιόμετρα, γεγονός που χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη τροχιά ως γεωσύγχρονη. Οι δορυφόροι με γεωστατική τροχιά χρησιμοποιούνται κυρίως για μετεωρολογικούς σκοπούς καθώς και τηλεπικοινωνιακούς. Διατηρούν συνεχή επαφή με τους σταθμούς ελέγχου αλλά η χωρική τους κάλυψη είναι περιορισμένη καθώς εκτείνεται έως τα μεσαία γεωγραφικά πλάτη ($\pm 55^\circ$).

2.3.2.2 Ηλιοσύγχρονη - Πολική Τροχιά

Η ηλιοσύγχρονη τροχιά αναφέρεται στην περίπτωση όπου ο ρυθμός περιστροφής του τροχιακού επιπέδου είναι ίδιος με τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του Ήλιου, έτσι ώστε ο δορυφόρος να βρίσκεται σε θέση σύγχρονη με τη θέση της γης ως προς τον ήλιο. Ως αποτέλεσμα, ο δορυφόρος θα τέμνει το Ισημερινό επίπεδο την ίδια ώρα κάθε ημέρα, η οποία ώρα καθορίζεται από την εκάστοτε επιστημονική εφαρμογή και τις ανάγκες φωτισμού που προκύπτουν από την κλίση της ηλιακής ακτινοβολίας. Εφόσον η τροχιά είναι ταυτόχρονα ηλιοσύγχρονη και πολική, θα περνά από τον βόρειο και νότιο πόλο της γης την ίδια ώρα κάθε ημέρα, εξασφαλίζοντας τοιουτοτρόπως την κάλυψη ολόκληρης της γης. Οι δορυφόροι που ακολουθούν τη συγκεκριμένη τροχιά χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές δορυφορικών

απεικονίσεων και παρατήρησης των γήινων και ατμοσφαιρικών φαινομένων, όπου και συνήθως απαιτούνται ομοιόμορφες συνθήκες φωτισμού. Πετούν σε ύψος 600 με 1000 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γής, γεγονός που τους κατατάσσει στη χαμηλή ζώνη ύψους (LEO), με αποτέλεσμα την υψηλότερη χωρική ανάλυση.



Εικόνα 2.4 Αναπαράσταση ηλιοσύγχρονης, σχεδόν πολικής, τροχιάς [9]

2.3.2.3 Άλλα Είδη Τροχιών

Παραπάνω αναφέρθηκαν οι πιο διαδεδομένες μορφές δορυφορικής τροχιάς. Ωστόσο παρατηρούνται επίσης οι χαμηλές μη συγχρονισμένες τροχιές που περνούν από τυχαίες περιοχές στην επιφάνεια της γης διαφορετική ώρα κάθε ημέρα. Χρησιμοποιούνται ευρέως για ανάγκες απεικόνισης, χαρτογράφησης, παρατήρησης περιβαλλοντικών μεταβολών καθώς επίσης για τον εντοπισμό αποθέσεων σημαντικών ορυκτών. Επίσης, σε αντίθεση με τις προαναφερθείσες τροχιές που αναφέρονται στα επίπεδα του Ισημερινού και των Πόλων, χρησιμοποιούνται και κεκλιμένα επίπεδα στα οποία κινούνται οι δορυφόροι για άλλες εφαρμογές.

2.3.3 Χαρακτηριστικά της Τροχιάς του Δορυφόρου Geoeye-1

Ο δορυφόρος Geoeye-1 εκτοξεύτηκε από την αεροπορική βάση του Vandenberg της Καλιφόρνια στις 6 Σεπτεμβρίου του 2008 από τον φορέα Delta II στις 11:50:57 π.μ., τοπική ώρα. Ακολουθεί ηλιοσύγχρονη και σχεδόν πολική τροχιά, περνώντας τον Ισημερινό στις 10:30 π.μ., τοπική ώρα. Ολοκληρώνει μια περιστροφή γύρω από τη γη σε 98 λεπτά πραγματοποιώντας περίπου 15 περιστροφές την ημέρα. Επίσης η τροχιά του είναι κυκλική, γεγονός που σημαίνει ότι δύναται να διατηρηθεί σε σταθερό ύψος πάνω από κάποιο δεδομένο σημείο στο έδαφος. Το ύψος πτήσης του δορυφόρου ανέρχεται στα 684 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης, με αυξημένη διάρκεια πτήσης πάνω από μια δεδομένη περιοχή ενδιαφέροντος, εξασφαλίζοντας επομένως την απεικόνιση μεγαλύτερων εκτάσεων.

Ο δορυφόρος Geoeye-1 έχει την δυνατότητα να συλλέξει στερεοζεύγος κατά τη διάρκεια μιας μόνο περιστροφής στο τροχιακό επίπεδο. Αυτό το χαρακτηριστικό έρχεται σε αντίθεση με τα συστήματα παλαιότερων δορυφόρων, όπως ο SPOT, ο οποίος αποκτούσε το στερεοζεύγος σε διαφορετικά περάσματα του δορυφόρου από τη δεδομένη περιοχή ενδιαφέροντος και επομένως σε διαφορετικούς χρόνους. Προβλήματα που υπεισέρχονταν σε αυτήν την περίπτωση και που ξεπερνώνται από το πιο εξελιγμένο σύστημα σάρωσης του δορυφόρου Geoeye-1 είναι οι μη ομοιόμορφες συνθήκες φωτισμού στις δύο εικόνες που αποτελούν το στερεοζεύγος καθώς επίσης οι διαφορετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Αυτά τα στοιχεία αναμφισβήτητα συμβάλλουν στην τελική ποιότητα των προϊόντων που θα προκύψουν από το στερεοζεύγος.

Επιπλέον αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του δορυφόρου Geoeye-1 αποτελεί η μεγαλύτερη γωνία σκόπευσης του οπτικού του συστήματος ή αλλιώς του μεγαλύτερου εύρους πεδίου,

εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την συχνότερη κάλυψη μιας περιοχής ενδιαφέροντος. Έχει την δυνατότητα απεικόνισης συγκεκριμένης περιοχής κάθε 2,1 ημέρες με γωνιακό εύρος μέχρι 60° ως προς την ναδιρική διεύθυνση.

Πίνακας 2.1 Παράμετροι τροχιάς του Geosye-1

Ύψος Πτήσης	684 km
Ταχύτητα Δορυφόρου	7.5 km/sec
Κλίση τροχιάς ως προς τον Ισημερινό	98 μοίρες
Ωρα Διέλευσης από τον Ισημερινό	10:30 π.μ.
Είδος Τροχιάς	Ηλιοσύγχρονη
Περίοδος Τροχιάς	98 min
Ονομαστικό Πλάτος Σάρωσης (Ναδιρικό)	15.2 km
Επανεπισκεψιμότητα	< 3 ημέρες

2.3.4 Προσδιορισμός της Τροχιάς του Δορυφόρου Geosye-1

Όσον αφορά στον προσδιορισμό της τροχιάς του Geosye-1, αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι ο συγκεκριμένος δορυφόρος ενσωματώνει στρατιωτικού τύπου δέκτη GPS, με ακρίβεια προσδιορισμού ± 1 μέτρο, καθώς και αισθητήρες αστεριών (star trackers). Η θέση του δορυφόρου αποστέλλεται από το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης και παρατηρείται από τους 4 επίγειους σταθμούς, των οποίων οι θέσεις βρίσκονται στο κέντρο ελέγχου του Herndon της Βιρτζίνια των ΗΠΑ και τους σταθμούς στο Barrow της Αλάσκα, στο Τρόμσο της Νορβηγίας, και στο Τρολ της Ανταρκτικής. Υφίσταται επίσης ένας εφεδρικός επίγειος σταθμός στο Thornton του Κολοράδο. Αξίζει να αναφερθεί ότι η χρήση του στρατιωτικού τύπου GPS είναι ένδειξη της συμμετοχής της κυβέρνησης των ΗΠΑ στην ανάπτυξη των μεθόδων και τεχνολογιών τηλεπισκόπησης αφού είναι γνωστό ότι χρηματοδοτεί κατά ποσοστό 50% την αποστολή του δορυφόρου Geosye-1.

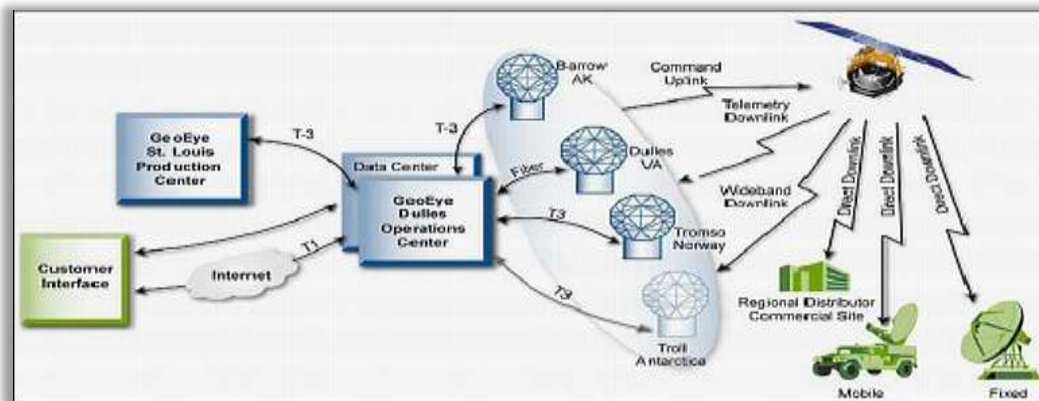


Εικόνα 2.5 Φωτογραφία των αισθητήρων αστεριών [10]

Το σύστημα αισθητήρων αστεριών χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης για τον προσδιορισμό της θέσης και του γωνιακού προσανατολισμού του δορυφόρου με μεγαλύτερη ακρίβεια. Εντοπίζει τη θέση του δορυφόρου σε σχέση με τη γη εκτελώντας αστρονομικές παρατηρήσεις. Σε αυτήν την τεχνολογία οφείλεται και η βελτιωμένη γεωαναφορά των δορυφορικών απεικονίσεων με ακρίβεια της τάξης των 3 μέτρων, χωρίς τη χρήση φωτοσταθερών σημείων. Ο Geosye-1 ενσωματώνει δύο αισθητήρες αστεριών με ακρίβεια 0,04 του δευτερολέπτου, συνδεδεμένοι απευθείας με τον υπολογιστή που ελέγχει την πτήση του δορυφόρου. Χρησιμοποιείται η τεχνολογία CCD καθώς επίσης

βάση δεδομένων με κατάλογο 6.000 αστεριών, ο οποίος επιτρέπει στον δορυφόρο να προσδιορίσει και να διατηρήσει τον γωνιακό προσανατολισμό του.

Σημειώνεται ότι τα στοιχεία της θέσης και του γωνιακού προσανατολισμού του δορυφόρου κάθε χρονική στιγμή είναι απαραίτητα για τον έλεγχό του, έτσι ώστε το σύστημα καταγραφής να καλύπτει όσο το δυνατόν σε μεγαλύτερο βαθμό την προγραμματισμένη επίγεια περιοχή και οι δορυφορικές λήψεις να είναι της βέλτιστης ποιότητας. Ωστόσο, οι ροπές που παράγονται από τις δυνάμεις της ατμόσφαιρας έχουν ως συνέπεια σε κάποιες περιπτώσεις ο δορυφόρος να μεταβάλλει τον γωνιακό του προσανατολισμό. Επομένως, ο συνεχής έλεγχος της τροχιάς του δορυφόρου κρίνεται απαραίτητη για τη βέλτιστη λειτουργία του.



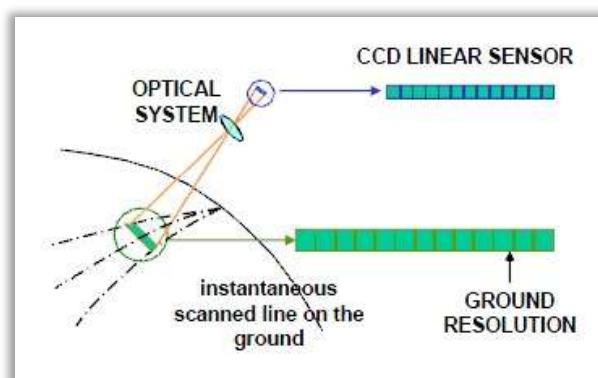
Εικόνα 2.6 Σχηματική Αναπαράσταση του επίγειου συστήματος ελέγχου για τον δορυφόρο Geoeye-1 [11]

2.3.5 Το Σύστημα Σάρωσης

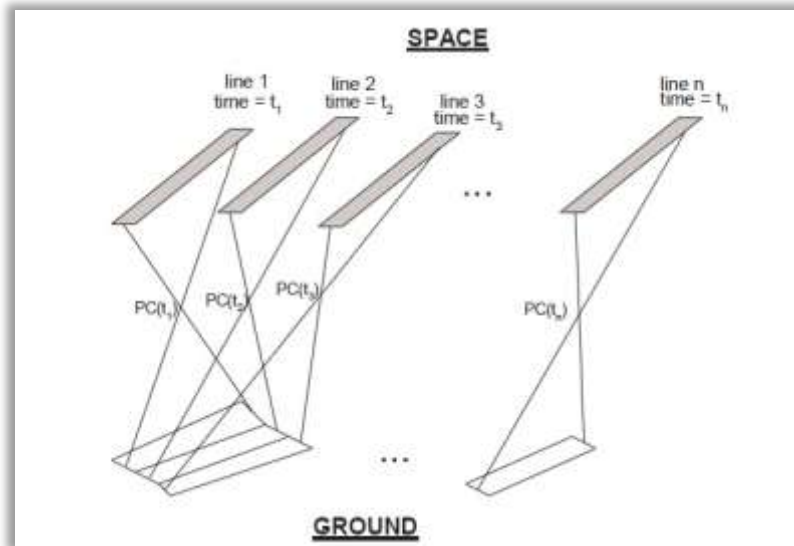
2.3.5.1 Ηλεκτρο-οπτικός Σαρωτής

Το σύστημα σάρωσης που διαθέτει ο δορυφόρος Geoeye-1 για την παραγωγή των δορυφορικών απεικονίσεων, η οποία και αποτελεί την αποστολή του συγκεκριμένου δορυφόρου, ανήκει στην κατηγορία “push-broom”. Αλλιώς ονομάζεται ηλεκτρο-οπτικός σαρωτής και αποτελείται από τον παγχρωματικό και τον πολυφασματικό δέκτη. Κατά την προκειμένη μέθοδο σάρωσης, η εικόνα/σκηνή δημιουργείται με κίνηση του αισθητήρα κατά μήκος της τροχιάς του δορυφόρου και έχει πλάτος ίσο με το πλάτος του γραμμικού σαρωτή. Κάθε λωρίδα σάρωσης (framelet) αποτελείται από μία σειρά εικονοστοιχείων και έχει πλάτος ίσο με 1 εικονοστοιχείο. Σε κάθε εικονοστοιχείο της λωρίδας αντιστοιχεί και ένας ανιχνευτής της τεχνολογίας CCD, η οποία θα επεξηγηθεί παρακάτω.

Ο ηλεκτρο-οπτικός σαρωτής χρησιμοποιείται για μικρότερα πλάτη σάρωσης και διαθέτει απλούστερο σύστημα, ενώ παρατηρείται ότι δεν υφίσταται παραμόρφωση του εικονοστοιχείου στις μεγάλες γωνίες σάρωσης, σε αντίθεση με τους οπτικομηχανικούς δέκτες (whiskbroom).



Εικόνα 2.7 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος “push-broom” [12]



Εικόνα 2.8 Σχηματική αναπαράσταση της δημιουργίας δορυφορικής σκηνής με δέκτη τύπου “push-broom” [13]

Είναι εφοδιασμένος με γυροσκοπικούς κατευθυντήρες αντίδρασης (“gyroscopic reaction wheels”), οι οποίοι, καθώς οι αισθητήρες παραμένουν σταθεροποιημένοι στην πλατφόρμα σάρωσης, αξιοποιούν τη διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και στρέφουν τον δορυφόρο προς οποιαδήποτε διεύθυνση. Επιτρέπουν με αυτόν τον τρόπο τον δορυφόρο να σαρώσει μια δεδομένη διεύθυνση ανεξάρτητα από τη διεύθυνση πτήσης του. Επιπλέον οι δέκτες διαθέτουν τη δυνατότητα να περιορίζουν ή να διευρύνουν το οπτικό τους πεδίο, ανάλογα με την περιοχή ενδιαφέροντος.

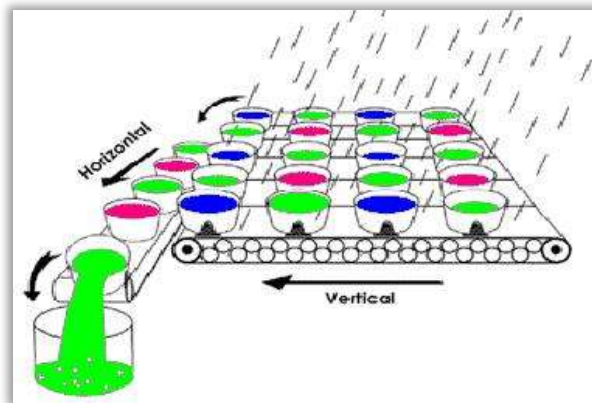
2.3.5.2 Τεχνολογία CCD

Η τεχνολογία των CCD (Charge Coupled Device) έχει αφετηρία την ανακάλυψή του το 1969 από ερευνητές των εργαστηρίων Bell. Ξεκίνησε ως απόπειρα εύρεσης μεθόδου για τη μετατροπή του αναλογικού σήματος μιας φωτεινής πηγής σε άλλη μορφή για την αποθήκευση και μεταφορά του. Η τεχνολογία αυτή έχει αξιοποιηθεί σε εφαρμογές όπως την ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και τα οπτικά συστήματα στους τηλεπισκοπικούς δορυφόρους, τα οποία αφορούν και τη συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη λογική της μετατροπής ηλεκτρικού σήματος σε ψηφιακό με την χρήση αισθητήρων. Συχνά, η γραμμή αισθητήρων παρομοιάζεται με σειρά δοχείων που συλλέγουν τυχαίο αριθμό προσπιπτόντων φωτονίων. Κάθε δοχείο στην σειρά είναι εκτεθειμένο για την ίδια χρονική διάρκεια στα φωτόνια και κατόπιν καταγράφεται ο όγκος των συλλεγμένων φωτονίων για κάθε σειρά. Αυτός ο όγκος μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα, αναγνωρίσιμο και αποθηκεύσιμο από τον υπολογιστή του συστήματος.

Στην ειδική περίπτωση του οπτικού συστήματος του δορυφόρου Geosye-1, η λειτουργία των CCD ερμηνεύεται ως εξής. Όπως και στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, όπου ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος ακριβώς κάτω από τον φακό, έτσι και στον ηλεκτρο-οπτικό δέκτη του Geosye-1 οι αισθητήρες CCD είναι τα φωτοευαίσθητα στοιχεία της λωρίδας σάρωσης τα οποία τοποθετούνται ακριβώς κάτω από δύο ανοίγματα στο εστιακό επίπεδο του τηλεσκοπίου του συστήματος, και αντιστοιχούν στον παγχρωματικό και πολυφασματικό δέκτη. Κάτω από το άνοιγμα του παγχρωματικού δέκτη βρίσκεται η σειρά των αισθητήρων CCD που καταμετρούν την ηλεκτομαγνητική ακτινοβολία μέσα από εικονοστοιχεία μεγέθους 8μm. Κάτω από το άνοιγμα του πολυφασματικού δέκτη, υπάρχουν τέσσερις σειρές αισθητήρων CCD που αντιστοιχούν στα τέσσερα φασματικά κανάλια (R, G, B, NIR). Το μέγεθος των εικονοστοιχείων των πολυφασματικών CCD είναι 32 μm, λόγω του ότι καταγράφουν την δεκαεξαπλάσια πληροφορία από τον παγχρωματικό δέκτη και λόγω της βαθμιαίας μείωσης της φωτεινότητας που εισέρχεται στον δέκτη και περνά μέσα από τα 4 φίλτρα.

Έτσι η φωτεινή ακτινοβολία ανακλάται από την επιφάνεια του εδάφους και το σύστημα του γραμμικού σαρωτή σαρώνει στιγμιαία κάθε γραμμή αισθητήρων κατά μήκος της τροχιάς του δορυφόρου διαμορφώνοντας τις σκηνές. Η επιφάνεια των CCD αποτελείται από σιλικόνη και η επαφή των φωτονίων με αυτήν μετατρέπει το φως σε αριθμό ηλεκτρονίων, ανάλογο με την ένταση της προσπίπτουσας φωτεινής ακτινοβολίας. Αυτή η ηλεκτρική ενέργεια εισέρχεται στο σύστημα ως αναλογικό σήμα, περνάει από απλό μετατροπέα που το μεταφράζει σε ψηφιακό και αποθηκεύεται με μαγνητικά μέσα για αποστολή στους επίγειους σταθμούς. Οι δέκτες σαρώνουν 20.000 λωρίδες ανά δευτερόλεπτο δημιουργώντας εικόνα 90 δισεκατομμυρίων εικονοστοιχείων ανά λεπτό .



Εικόνα 2.9 Απλοποιημένη Αναπαράσταση της τεχνολογίας CCD [14]

2.3.6 Φασματική και Ραδιομετρική Διακριτική Ικανότητα

2.3.6.1 Παγχρωματικός Δέκτης

Ο παγχρωματικός δέκτης στον δορυφόρο Geosye-1 έχει ευαισθησία για καταγραφές στη ζώνη του φάσματος από 450-900 nm. Αποτελείται από μια γραμμική διάταξη από 35.000 φωτοευαίσθητους ανιχνευτές CCD. Η χωρική ανάλυση στην παγχρωματική περιοχή είναι 0,41 m ενώ ο δέκτης έχει δυναμικό εύρος 11-bit, με τη δυνατότητα απεικόνισης 2.048 διαβαθμίσεων του γκρι. Απεικονίζει λωρίδα πλάτους 15,2 km και έχει δυνατότητα καταγραφής μέχρι 700.000 km² την ημέρα.

2.3.6.2 Πολυφασματικός Δέκτης

Ο πολυφασματικός δέκτης στον δορυφόρο Geosye-1 έχει την δυνατότητα καταγραφής εικόνων σε τέσσερα κανάλια στις περιοχές του φάσματος από 450 έως 920 nm.

Τα κανάλια είναι:

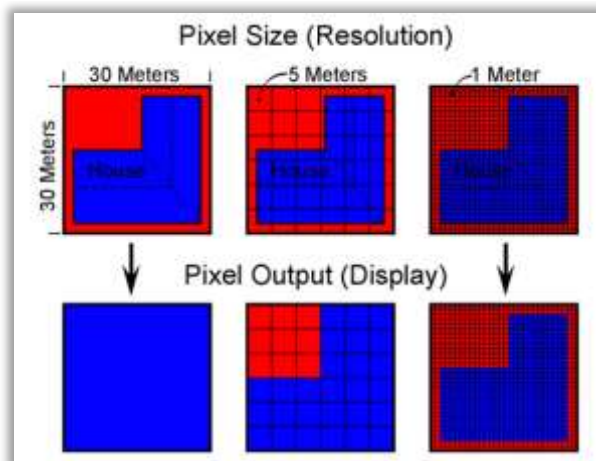
- Blue (μπλέ) με φασματική κάλυψη από 450-520 nm,
- Green (πράσινο) με φασματική κάλυψη από 520-600 nm,
- Red (κόκκινο) με φασματική κάλυψη από 625-695 nm,
- Near Infrared (Εγγύς Υπέρυθρο) με φασματική κάλυψη από 760-900 nm

Η χωρική ανάλυση στην πολυφασματική περιοχή είναι 1,65 m ενώ ραδιομετρικά οι πολυφασματικές εικόνες έχουν τη δυνατότητα απεικόνισης μέχρι 2.048 διαβαθμίσεις του κάθε χρώματος. Όπως και ο παγχρωματικός, έτσι και ο πολυφασματικός δέκτης που αποτελείται από 9.300 ανιχνευτές CCD, έχει τη δυνατότητα καταγραφής λωρίδας πλάτους 15,2 km και συλλέγει δεδομένα απεικόνισης 350.000 km² την ημέρα.

2.3.7 Χωρική Διαχωριστική Ικανότητα

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στη χωρική διαχωριστική ικανότητα μιας δορυφορικής εικόνας, ένα χαρακτηριστικό στο οποίο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση από τη Geosye. Η χωρική διαχωριστική ικανότητα ορίζεται ως η δυνατότητα διάκρισης γεωμετρικών λεπτομερειών σε μια εικόνα. Ο βαθμός στον οποίο υφίσταται εξαρτάται από το μέγεθος του στιγμιαίου οπτικού πεδίου (IFOV) του δορυφόρου. Όσο πιο μικρό το στιγμιαίο οπτικό πεδίο, τόσο μεγαλύτερη η διαχωριστική ικανότητα στην εικόνα. Βέβαια αυτό οδηγεί στην περιορισμένη ραδιομετρική και φασματική ικανότητα της εικόνας. Εφόσον η μείωση του οπτικού πεδίου του δορυφόρου ισοδυναμεί με τη μείωση του μεγέθους της εδαφοψηφίδας, η ενεργειακή πληροφορία η οποία εκπέμπεται στον δέκτη του δορυφόρου μειώνεται, όπως και η καταγραφόμενη φασματική συχνότητα. Γι' αυτόν τον λόγο, παρατηρείται ότι οι τηλεπισκοπικοί δορυφόροι που καταγράφουν υψηλές συχνότητες του φάσματος υποστηρίζονται από μεγαλύτερο στιγμιαίο οπτικό πεδίο και μεγαλύτερη εδαφοψηφίδα.

Όσον αφορά στον συγκεκριμένο δορυφορικό δέκτη, όπως προαναφέρθηκε, η χωρική ανάλυση των εικόνων Geosye-1 είναι 0,41 m στο παγχρωματικό κανάλι και 1,65 m στα πολυφασματικά κανάλια. Αυτές οι χωρικές αναλύσεις ωστόσο είναι διαθέσιμες μόνο σε όσους αδειοδοτεί η κυβέρνηση των ΗΠΑ καθώς οι εικόνες διατίθενται στην υπόλοιπη διεθνή εμπορική κοινότητα με αναλύσεις 0,50 m και 2,00 m, αντίστοιχα, για λόγους εθνικής ασφαλείας.



Εικόνα 2.10 Απεικόνιση αντικειμένου με διαφορετική διαχωριστική ικανότητα [15]

2.3.8 Η Γεωαναφορά των Δορυφορικών Απεικονίσεων

Είναι αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι για τη χρήση των δορυφορικών απεικονίσεων σε εφαρμογές που αφορούν τη χαρτογραφία, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, και οποιοδήποτε άλλο επιστημονικό πεδίο συνδέεται με τον γεωγραφικό χώρο, από τα σημαντικότερα βήματα είναι η γεωαναφορά. Η γεωαναφορά πραγματοποιεί τη σύνδεση του συστήματος αναφοράς μιας εικόνας με κάποιο γνωστό σύστημα αναφοράς που αναφέρεται στην επιφάνεια της Γης. Στις συμβατικές αεροφωτογραφίες, η γεωαναφορά επιτυγχάνεται είτε αποκλειστικά με τη χρήση προσημασμένων φωτοσταθερών, είτε με τον συνδυασμό των επίγειων μετρήσεων με τις παρατηρήσεις που προκύπτουν από την ενσωμάτωση συστημάτων GPS και αδρανειακών συστημάτων INS στα αεροσκάφη. Η διαδικασία της γεωαναφοράς σε αυτήν την περίπτωση πραγματοποιείται αποκαθιστώντας τον Εξωτερικό Προσανατολισμό των εικόνων, διαδικασία που μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της Συνθήκης Συγγραμμικότητας .

Για την υλοποίηση του μετασχηματισμού μεταξύ του συστήματος της εικόνας και του συστήματος του χώρου, απαιτείται οπωσδήποτε η γνώση των στοιχείων εσωτερικού και εξωτερικού προσανατολισμού τη στιγμή της λήψης. Όσον αφορά στις αεροφωτογραφίες, αυτά

τα στοιχεία είναι μοναδικά για κάθε λήψη και είναι αφενός γνωστά εκ των προτέρων, από τη βαθμονόμηση της μηχανής (στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού), και αφετέρου προσδιορίζεται με την εκτέλεση της διαδικασίας Αεροτριγωνισμού (στοιχεία εξωτερικού προσανατολισμού).

Εντούτοις, όσον αφορά στα συστήματα σάρωσης των δορυφόρων, η γεωαναφορά πραγματοποιείται με διαφορετικό τρόπο από τις αεροφωτογραφίες. Στην περίπτωση του συστήματος του γραμμικού σαρωτή, που υποστηρίζει τον δορυφόρο Geoeye-1, η σκηνή διαμορφώνεται από λωρίδες σάρωσης οι οποίες έχουν σαρωθεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και που αντιστοιχούν σε διαφορετικά προβολικά κέντρα. Η γεωμετρία καθεμιάς μπορεί να περιγραφεί από τις παραμέτρους της εφημερίδας και του προσανατολισμού του δορυφορικού δέκτη, οι οποίες μεταβάλλονται με τον χρόνο. Σε αυτήν την περίπτωση η ακριβής γεωαναφορά μιας σκηνής μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή των αυστηρών μαθηματικών μοντέλων. Τα στοιχεία εφημερίδας όμως συνήθως δεν αποκαλύπτονται από τις εταιρείες παροχής των δορυφορικών εικόνων και γι' αυτόν τον λόγο έχουν αναπτυχθεί προσεγγιστικά μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν τη φυσική διαδικασία απεικόνισης με γενικευμένο και έμμεσο τρόπο. Στην περίπτωση των δορυφορικών απεικονίσεων Geoeye-1, οι εικόνες συνοδεύονται από αρχεία με τους συντελεστές κλασματικών πολυωνύμων (RPC), οι οποίοι συνθέτουν το προσεγγιστικό μοντέλο γενικευμένων σχέσεων που θα αναπτυχθεί παρακάτω αναλυτικά.

2.3.8.1 Τα Κλασματικά Πολυώνυμα

Το μοντέλο κλασματικών πολυωνύμων, ή αλλιώς μοντέλο RPC (Rational Polynomial Coefficients) είναι προσεγγιστικό μοντέλο που πραγματοποιεί τη σύνδεση των εικονοσυντεταγμένων με τις αντίστοιχες γεωδαιτικές συντεταγμένες ή αλλιώς τη γεωαναφορά των δορυφορικών εικόνων. Το προσεγγιστικό μοντέλο RPC εκφράζει τον μετασχηματισμό μεταξύ του χώρου των εικόνων και του χώρου του αντικειμένου με γενικευμένες ρητές σχέσεις, μη λαμβάνοντας υπόψη την ιδιαίτερη γεωμετρία και τα τροχιακά δεδομένα του κάθε δέκτη. Για την εφαρμογή τέτοιας μεθόδου γεωαναφοράς, η εταιρεία διάθεσης συνοδεύει κάθε δορυφορική εικόνα με ένα αρχείο κειμένου που περιλαμβάνει 80 συντελεστές RPC.

Θεωρητικά, και για ένα σημαντικό ποσοστό χαρτογραφικών και φωτογραμμετρικών εφαρμογών μικρότερης κλίμακας, το μοντέλο των κλασματικών πολυωνύμων που χρησιμοποιείται για τη γεωαναφορά των εικόνων Geoeye-1, δύναται να οδηγήσει σε ικανοποιητικά αποτελέσματα με ακρίβεια της τάξης των 3 μέτρων, χωρίς την παρεμβολή και χρήση φωτοσταθερών. Ωστόσο είναι γεγονός ότι οι συντελεστές που δίνονται από την εταιρεία διάθεσης των δορυφορικών εικόνων προκύπτουν από την επεξεργασία των δεδομένων των εφημερίδων των δορυφόρων στους σταθμούς ελέγχου και επηρεάζονται από συστηματικά σφάλματα κατά την εκπομπή των στοιχείων τροχιάς, τα οποία μεταφράζονται σε σφάλματα στις γωνίες θέασης ή θέσης του δέκτη στον χώρο. Αυτά τα συστηματικά σφάλματα προκαλούν την παράλληλη μετάθεση της εικόνας στον χώρο ή και στροφή στο σύστημα αναφοράς της εικόνας.

Απαλείφονται με τη χρήση πολυωνύμων, στα οποία παρεμβάλλονται σημεία γνωστών συντεταγμένων, ήτοι φωτοσταθερά. Όσον αφορά στον ελάχιστο αριθμό των αναγκαίων φωτοσταθερών, συνήθως χρησιμοποιούνται από ένα έως τρία σημεία. Για την απαλοιφή της υπάρχουσας μετάθεσης, μπορεί να εφαρμοστεί πολυώνυμο μηδενικού βαθμού με την παρεμβολή τουλάχιστον ενός σημείου, ενώ για την εξάλειψη και της ενδεχόμενης στροφής της εικόνας ως προς το σύστημα αναφοράς, χρησιμοποιείται πολυώνυμο πρώτου ή μεγαλύτερου βαθμού όπου προκύπτουν τρία στοιχεία (οριζόντια μετάθεση και στροφή) για τη βελτίωση (*refinement*) της γεωαναφοράς. Σε αυτήν την περίπτωση παρεμβάλλονται τουλάχιστον τρία σημεία.

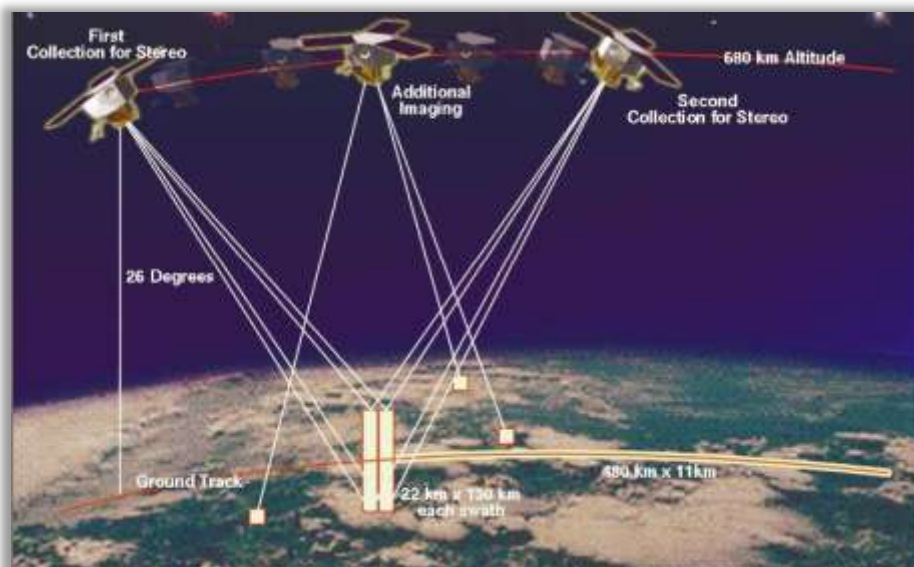
2.3.9 Τα Προϊόντα του Geoeye-1

Αποστολή του δορυφόρου Geoeye-1 αποτελεί η λήψη εικόνων της γήινης επιφάνειας με γενικό σκοπό την εμπορική διάθεση. Διαπιστώνεται ότι η εταιρεία της Geoeye ειδικεύεται και στην προμήθεια προϊόντων που προκύπτουν από την επεξεργασία αυτών των εικόνων και περιλαμβάνουν, εκτός από τα αρχικά δεδομένα των πολυφασματικών και παγχρωματικών εικόνων, τα παράγωγά τους. Αυτά είναι τα προϊόντα “Geo”, “GeoProfessional” και “GeoStereo”.

Όσον αφορά στα προϊόντα “Geo”, πρόκειται για ραδιομετρικά διορθωμένες εικόνες που συνοδεύονται από αρχεία γεωαναφοράς RPC. Όλα τα προϊόντα “Geo” είναι γεωαναφερμένα και σχετίζονται με κάποιο προβολικό σύστημα. Έχουν εξαλειφθεί οι ραδιομετρικές και γεωμετρικές παραμορφώσεις, αλλά παρατηρείται μια συστηματική μετάθεση της εικόνας ως προς την πραγματική της θέση. Τα προϊόντα από αυτήν τη σειρά μπορούν να υποστούν επεξεργασία και να εφαρμοστούν σε αυτά φωτογραμμετρικές διαδικασίες αεροτριγωνισμού και παραγωγής ορθοφωτογραφίας, με δεδομένη την ύπαρξη ψηφιακού μοντέλου εδάφους της απεικονιζόμενης περιοχής.

Τα προϊόντα της σειράς “GeoProfessional” αποτελούνται από ορθοφωτογραφίες έτοιμες για χαρτογραφικές εφαρμογές καθώς έχουν υποστεί φωτογραμμετρική επεξεργασία εκ των προτέρων. Είναι διαθέσιμα σε διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας και καλύπτουν τις ανάγκες πολλών εργασιών που βασίζονται σε εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα πραγματοποίησης επίγειων μετρήσεων για την απόκτηση φωτοσταθερών.

Σε αυτήν τη διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα προϊόντα της σειράς “GeoStereo”. Στην προκειμένη περίπτωση, οι εικόνες που αποτελούν το στερεοζεύγος συλλέγονται κατά τη διάρκεια ενός μοναδικού τροχιακού περάσματος του δορυφόρου από την περιοχή ενδιαφέροντος, ελαχιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο τις μεταβολές στον φωτισμό και στο περιεχόμενο της απεικόνισης, οι οποίες χαρακτηρίζουν αρκετούς παλαιότερους τηλεπισκοπικούς δορυφόρους που πραγματοποιούσαν τις λήψεις σε διαφορετικά περάσματα. Τα στερεοζεύγη αυτής της σειράς συνοδεύονται από αρχεία RPC για τη γεωαναφορά των εικόνων και την περαιτέρω διεξαγωγή της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας, για την παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους και την εξαγωγή της ορθοφωτογραφίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι κάθε στερεοζεύγος περιλαμβάνει μια εικόνα που συλλέχθηκε από χαμηλή γωνία ύψους (< από 60°) και μια εικόνα που συλλέχθηκε από υψηλή γωνία ύψους (> 72°).



Εικόνα 2.11 Σχήμα που αναπαριστά την μέθοδο συλλογής στερεοζεύγους από τον δορυφόρο Geoeye-1 [16]

Όσον αφορά στη μορφή των εικόνων, συνήθως παραδίδονται στους καταναλωτές σε μορφή GeoTIFF με χωρητικότητα μέχρι και 4 Gigabytes. Τα συνοδευτικά αρχεία αποτελούνται από ένα αρχείο μεταδεδομένων σε μορφή κειμένου (text), ένα αρχείο αδείας, καθώς και “shape files” που περιγράφουν σχηματικά την περιοχή ενδιαφέροντος και τη γεωμετρία της λήψης. Παρακάτω παρουσιάζονται οι τρέχουσες τιμές αυτών των τηλεπισκοπικών προϊόντων.

Πίνακας 2.2 Τιμές Προϊόντων Geoeye-1 (Πηγή: Geoeye Inc.)

Προϊόν	Τιμή (\$/km ²)
Geo	25
GeoProfessional	30
Geo Stereo	40

2.3.9.1 Αξιολόγηση των Προϊόντων

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο ιδιαίτερος σχεδιασμός του δορυφόρου Geoeye-1 του επιτρέπει να πραγματοποιεί τη λήψη παγχρωματικών και πολυφασματικών εικόνων σε οποιαδήποτε διεύθυνση από το σημείο στο οποίο βρίσκεται με κλίση μέχρι και 60° ως προς τη ναδιρική διεύθυνση. Παράγει εικόνες με χωρική ανάλυση 0,50 m (παγχρωματικός δέκτης) και 2,00 m (πολυφασματικός δέκτης) και έχει τη δυνατότητα γεωαναφοράς με απόλυτη ακρίβεια μέχρι και 3,00 m, χωρίς τη χρήση φωτοσταθερών.

Ο παγχρωματικός δέκτης έχει τη δυνατότητα καταγραφής μέχρι και 700.000 km² την ημέρα ενώ ο πολυφασματικός δέκτης καταγράφει δεδομένα έως 350.000 km² την ημέρα. Έχει συνεχή στερεοσκοπική κάλυψη 6.270 km² την ημέρα και επιστρέφει σε περιοχή που έχει καταγράψει κάθε 3 ημέρες, έστω και με μεγαλύτερη γωνία σκόπησης (έως 60°).

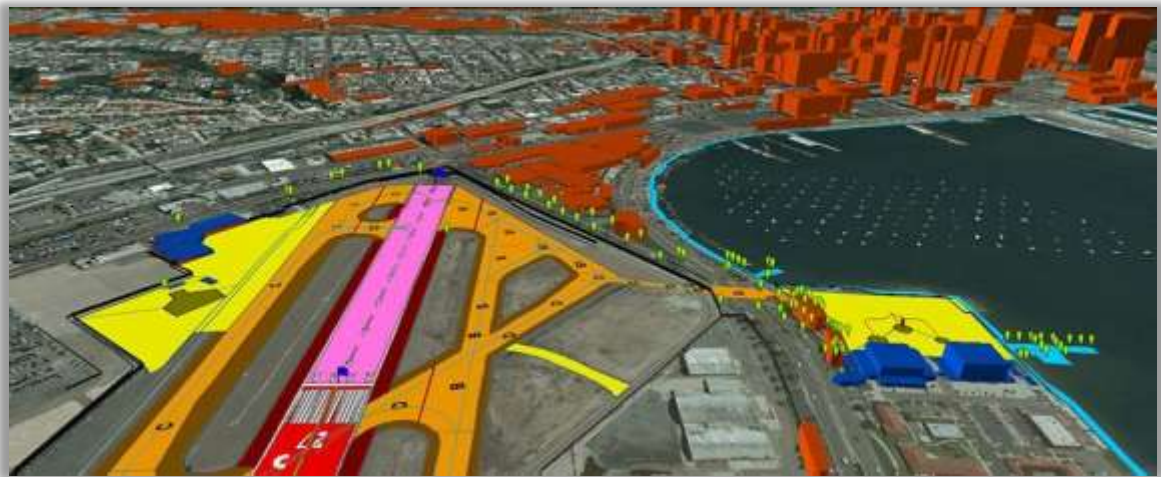
Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι που ξεχωρίζουν τον Geoeye-1 από τους υπόλοιπους τηλεπισκοπικούς δορυφόρους. Θεωρείται ότι κατέχει από τα πιο εξελιγμένα οπτικά συστήματα, καθώς πετυχαίνει τις πιο υψηλές ακρίβειες γεωαναφοράς και τις βέλτιστες ραδιομετρικές και γεωμετρικές αναλύσεις στον τομέα της τηλεπισκόπησης.



Εικόνα 2.12 Απεικόνιση Geoeye-1 της Ρώμης με χωρική ανάλυση 0,50 m [17]



Εικόνα 2.13 Απεικόνιση της Ν. Σαντορίνης από τον δορυφόρο Geoeye-1 με χωρική ανάλυση 0,50 m [18]



Εικόνα 2.14 Τρισδιάστατο Μοντέλο του Αεροδρομίου του San Diego στη Καλιφόρνια από εικόνες Geoeye-1 με ανάλυση 0,50 m [19]



Εικόνα 2.15 Δορυφορική Εικόνα Geoeye-1 από πλημμύρα στο Tennessee με χωρική ανάλυση 0,50 m [20]

2.3.10 Σύγκριση με Άλλους Δορυφόρους

Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν αναλυτικά σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται αντιληπτή η υπεροχή των δορυφορικών απεικονίσεων του Geoeye-1 στον χώρο της τηλεπισκόπησης τόσο ως προς την προηγμένη τεχνολογία που ενσωματώνει όσο και ως προς τα αποτελέσματα που πετυχαίνει και παρέχει στη διεθνή φωτογραμμετρική και μη κοινότητα. Παρακάτω παρατίθενται προς σύγκριση συνοπτικά και σε πινακοποιημένη μορφή τα βασικά χαρακτηριστικά των κάποιων υπαρχόντων εμπορικών τηλεπισκοπικών δορυφόρων.

Πίνακας 2.3 Συγκριτικά Χαρακτηριστικά Άλλων Τηλεπισκοπικών Δορυφόρων

Εταιρεία Παροχής	Δορυφόρος	Χωρική Ανάλυση (Ναδίρ)	Φασματική Κάλυψη	Βάθος Τόνου
Digital Globe	QuickBird	0,60 μ (Pan), 2,4 μ (RGB,NIR)	Pan,RGB,NIR	11-bit
	WorldView-1	0,50 μ	Pan	11-bit
	WorldView-2	0,50 μ (Pan), 1,80 μ (Υπόλοιπα Κανάλια)	Pan,RGB,NIR, Red Edge, Coastal, Yellow, Near-IR2	11-bit
Spot	Spot-5	0,50 μ (Pan), 10 μ (MS), 20 μ (SWI)	Pan, RGB, NIR, SWI (Shortwave IR)	8-bit
RapidEye	RapidEye (5 πανομοιότυποι)	5 μ	RGB, NIR, Red Edge	12-bit
Geoeye	IKONOS	1,00 μ (Pan), 4,00 μ (MS)	Pan,RGB,NIR	11-bit
	Geoeye-1	0,50 μ (Pan), 2,00 μ (MS)	Pan,RGB,NIR	11-bit

Η ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Ορθοφωτογραφία είναι μια εικόνα η οποία έχει αναχθεί διαφορεικά ώστε να εξαλειφθούν οι παραμορφώσεις της αρχικής εικόνας, που οφείλονταν στην επίδραση των κλίσεων της φωτογραφικής μηχανής, στις εκτροπές λόγω αναγλύφου και σε άλλους παράγοντες. Συνδυάζει τις ποιοτικές πληροφορίες που παρέχει μια εικόνα με τις μετρητικές ιδιότητες των γραμμικών χαρτών, μετασχηματίζοντας μια κεντρική προβολή σε ορθή. (Ιωαννίδης, 2003)

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφεί η διαδικασία παραγωγής της ορθοφωτογραφίας. Αρχικά θα αναλυθούν οι διάφορες διαδικασίες που συμμετέχουν στην παραγωγή καθώς και οι πολλαπλές τεχνικές μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την εκτέλεσή τους. Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι τα δεδομένα που συμμετέχουν στις διαδικασίες και χωρίς τα οποία δεν θα ήταν δυνατή η παραγωγή της ορθοφωτογραφίας είναι η αρχική ψηφιακή εικόνα, τα στοιχεία εσωτερικού και εξωτερικού προσανατολισμού της εικόνας καθώς επίσης το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Με αυτά τα τρία στοιχειώδη δεδομένα αναπτύσσεται η αυτοματοποιημένη ψηφιακή μονοεικονική φωτογραμμετρική διαδικασία που οδηγεί στο τελικό προϊόν της ορθοφωτογραφίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής και της εφαρμογής η οποία θα αναπτυχθεί στο επόμενο κεφάλαιο, έμφαση δίνεται στη χρήση δορυφορικών εικόνων έναντι αεροφωτογραφιών. Υφίστανται κάποιες στοιχειώδεις διαφορές στη διαδικασία παραγωγής που θα διακριθούν στη συνέχεια. Αφορούν κυρίως στη γεωμετρία και τις ιδιότητες του δέκτη του δορυφόρου και τον τρόπο γεωαναφοράς των εικόνων στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς.

3.2 Η Γεωαναφορά των Εικόνων

Κρίσιμο στάδιο στη διαδικασία παραγωγής μιας ορθοφωτογραφίας αποτελεί ο προσανατολισμός των εικόνων και η σύνδεσή τους με το τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως μέσα από τη διαδικασία της Φωτογραμμετρικής Οπισθοτομίας, ή στην περίπτωση των δορυφορικών απεικονίσεων, μέσω της Γεωαναφοράς. Προκειμένου το τελικό αποτέλεσμα των εργασιών να δύναται να υπηρετήσει τον αρχικό σκοπό του, δηλαδή την αξιοποίησή του ως χαρτογραφικό υπόβαθρο και την ανάπτυξη συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών, όπως το Κτηματολόγιο, η ορθοφωτογραφία που θα παραχθεί θα πρέπει να συνδεθεί με το τοπικό γεωδαιτικό σύστημα, ικανοποιώντας τις προδιαγραφές ακρίβειας της εργασίας. Η επιτυχία της Γεωαναφοράς είναι καθοριστική για την επιτυχία των επόμενων σταδίων, όπως την παραγωγή του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους και την Ψηφιακή Διαφορική Αναγωγή, και είναι άμεσα συσχετισμένη με την ακρίβεια απόδοσης της ορθοφωτογραφίας και των μετέπειτα παραγομένων της.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στην περίπτωση των αεροφωτογραφιών, ο προσανατολισμός τους, πραγματοποιείται μέσω της φωτογραμμετρικής οπισθοτομίας ή μέσω του Αεροτριγωνισμού όταν πρόκειται για σύνολο πολλών αεροφωτογραφιών ή μοντέλων που αποτελούν ένα μπλοκ. Αποτελέσματα της επίλυσης είναι τα έξι στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού κάθε εικόνας και οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σημείων σύνδεσης. Με αυτά τα δεδομένα και το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, μπορεί να παραχθεί η ορθοφωτογραφία στη συνέχεια.

Εντούτοις, είναι γεγονός ότι οι δορυφορικές απεικονίσεις θα πρέπει να περάσουν από διαφορετική διαδικασία προκειμένου να προσανατολιστούν και να συνδεθούν με το τοπικό γεωδαιτικό σύστημα της περιοχής. Αυτό οφείλεται στην ταχύτητα του δορυφόρου και το μεγάλο

χρονικό διάστημα λήψης και έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των στοιχείων του εξωτερικού και του εσωτερικού προσανατολισμού σε κάθε λωρίδα σάρωσης μέσα στην ίδια δορυφορική εικόνα. Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράφηκαν κάποια χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη γεωαναφορά δορυφορικών εικόνων που προκύπτουν από δέκτη τύπου *push-broom*. Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στις υπόλοιπες μεθόδους.

3.2.1 Αυστηρά Μαθηματικά Μοντέλα

Στόχος των αυστηρών μαθηματικών μοντέλων είναι η υλοποίηση της σύνδεσης μεταξύ των εικονοσυντεταγμένων και των αντίστοιχων γεωδαιτικών συντεταγμένων, με αυξημένη ακρίβεια, μέσω της μοντελοποίησης των γεωμετρικών παραμέτρων της φυσικής πραγματικότητας του δέκτη την ώρα απόκτησης της σκηνής. Για την εφαρμογή αυτού του είδους μοντέλου, απαιτείται η γνώση των κεπλέριων στοιχείων ή στοιχείων τροχιάς του δορυφόρου, των γωνιών θέασης του τηλεσκοπίου, των παραμέτρων εσωτερικού προσανατολισμού (εστιακή απόσταση, εύρος πεδίου, και πρωτεύοντα σημεία), και του τρόπου διάδοσης του σήματος στην ατμόσφαιρα. Αποτέλεσμά της είναι οι γεωμετρικές διορθώσεις των παραπάνω παραμέτρων που πρέπει να συνυπολογιστούν για την απαλοιφή των συστηματικών σφαλμάτων τα οποία οφείλονται στις μεταβολές της κίνησης της πλατφόρμας λήψης, των αισθητήρων, καθώς και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Οι τιμές των διορθώσεων προκύπτουν με συνόρθωση εφαρμόζοντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και απαιτούνται τουλάχιστον 7 φωτοσταθερά για την εύρεση των 13 διορθώσεων. Σημειώνεται ότι αυτός ο αριθμός είναι ενδεικτικός για εικόνες από τον δορυφόρο EROS A1 και ότι ο ελάχιστος αριθμός φωτοσταθερών μεταβάλλεται ανάλογα με τον δορυφόρο και τα στοιχεία που παρέχονται για τη μοντελοποίηση του δέκτη. Με αυτόν τον τρόπο δύναται να υλοποιηθεί η σύνδεση μεταξύ των συστημάτων συντεταγμένων της εικόνας και του αντικειμένου με τη χρήση των εξισώσεων συγγραμμικότητας, όπου ο πίνακας στροφής έχει προσαρμοστεί στις καινούργιες διορθωμένες τιμές των παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού που μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου για κάθε γραμμή σάρωσης (στην περίπτωση των γραμμικών σαρωτών).

3.2.2 Προσεγγιστικά Μαθηματικά Μοντέλα

Ωστόσο, αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι συχνά οι παράμετροι τροχιάς, οι γωνίες θέασης, και τα στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού του δέκτη δεν είναι πάντοτε διαθέσιμα, κυρίως για λόγους ανταγωνιστικότητας μεταξύ των εταιρειών παροχής. Σε αυτήν την περίπτωση συνηθίζεται, στη φωτογραμμετρική κοινότητα, η εφαρμογή προσεγγιστικών μαθηματικών μοντέλων για τη γεωαναφορά των δορυφορικών εικόνων.

Ένα από αυτά είναι το μοντέλο κλασματικών πολυωνύμων το οποίο περιγράφηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο και εκφράζεται από τις παρακάτω ρητές σχέσεις. Πραγματοποιεί τη σύνδεση μεταξύ του χώρου της εικόνας και του χώρου του αντικειμένου χωρίς την άμεση συμμετοχή των χαρακτηριστικών του δορυφόρου και του δέκτη. Οι ρητές συναρτήσεις των 80 αγνώστων συντελεστών (40 κατά X και 40 κατά Y) μπορούν να προσδιοριστούν με τη χρήση μεγάλου αριθμού φωτοσταθερών ή να δίνονται από την εταιρεία παροχής των δορυφορικών εικόνων. Υπολογίζονται από την προεπεξεργασία και κανονικοποίηση των δεδομένων τροχιάς του δορυφόρου, των γωνιών θέασης, και του εσωτερικού προσανατολισμού. Επιτυγχάνεται καλή ακρίβεια της τάξης του ενός pixel, με τη χρήση φωτοσταθερών, και είναι κατάλληλο μοντέλο για όλους τους τύπους δεκτών.

$$i = \frac{f(X,Y,Z)}{g(X,Y,Z)} \quad j = \frac{h(X,Y,Z)}{g(X,Y,Z)}$$

όπου i, j οι συντεταγμένες ενός σημείου σε στήλες και γραμμές
 X, Y, Z οι συντεταγμένες σημείου σε WGS84
 f, g, h οι πολυωνυμικές συναρτήσεις

Εναλλακτικά εφαρμόζονται τα μοντέλα απλής μορφής, τα οποία περιλαμβάνουν τον Δισδιάστατο Αφινικό Μετασχηματισμό, το Τρισδιάστατο Αφινικό Μοντέλο, τον Άμεσο Γραμμικό Μετασχηματισμό *DLT*, και τον Προβολικό Μετασχηματισμό. Είναι απλά μαθηματικά μοντέλα τα οποία δεν χρησιμοποιούν σε κανένα στάδιο των υπολογισμών τους τα γεωμετρικά στοιχεία του δέκτη και του δορυφόρου. Απαιτούν μεγάλο αριθμό σημείων γνωστών συντεταγμένων καλά κατανομημένα στην εικόνα. Επειδή δεν λαμβάνονται υπόψη τα στοιχεία κάθε σκηνής, υστερούν από άποψη ακρίβειας. Σημειώνεται ότι ο δισδιάστατος αφινικός μετασχηματισμός και ο προβολικός μετασχηματισμός εφαρμόζονται στην περίπτωση απεικόνισης επίπεδης, ή σχεδόν επίπεδης, περιοχής καθώς εισάγονται μόνο οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες των φωτοσταθερών στον υπολογισμό. Ο Άμεσος Γραμμικός Μετασχηματισμός εφαρμόζεται συνήθως σε φωτογραμμετρικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας για την εύρεση των προσεγγιστικών τιμών των άγνωστων παραμέτρων των εξισώσεων Συγγραμμικότητας.

3.3 Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ορίζεται ως η αναπαράσταση της συνεχούς φυσικής γήινης επιφάνειας του εδάφους από πεπερασμένο αριθμό σημείων. Περιγράφεται από ένα σύνολο σημείων σε τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς το οποίο έχει προκύψει με στόχο να προσεγγίσει την πραγματική επιφάνεια ενός τμήματος της γης. Η υψομετρική πληροφορία του ΨΜΕ προκύπτει από διάφορες μεθόδους, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η ψηφιοποίηση υπαρχόντων χαρτών ή διαγραμμάτων κατάλληλων κλιμάκων, οι τοπογραφικές μετρήσεις, η φωτογραμμετρική διαδικασία στερεοαπόδοσης, τα αερομεταφερόμενα συστήματα LIDAR, καθώς και οι απεικονίσεις SAR. Κατά τον μετασχηματισμό της αρχικής εικόνας σε ορθοφωτογραφία, η ποιότητα και ακρίβεια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους θεωρείται ύψιστης σημασίας καθώς παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της ψηφιακής διαφορικής αναγωγής. Το αποτέλεσμα μπορεί να αποδοθεί είτε σε διανυσματική μορφή (*vector*) είτε σε ψηφιδωτή (*raster*).

Η μέθοδος παραγωγής ψηφιακού μοντέλου εδάφους που αφορά στη συγκεκριμένη εργασία είναι η φωτογραμμετρική διαδικασία στερεοαπόδοσης, κατά την οποία η υψομετρική πληροφορία συλλέγεται χρησιμοποιώντας χειροκίνητες ή/και αυτοματοποιημένες μεθόδους. Προϋπόθεση για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι η αποκατάσταση του σχετικού προσανατολισμού του στερεοζεύγους, για την απαλοιφή της κατά y παράλλαξης, και η γνώση των γεωδαιτικών συντεταγμένων X, Y, Z ενός ή περισσότερων σημείων. Τότε, ακολουθεί η στερεοσκοπική όραση και η τρισδιάστατη μετακίνηση μιας «ιπτάμενης μάρκας» στον χώρο του στερεοσκοπικού μοντέλου, όπου σκοπός είναι η τοποθέτησή της πάνω στην επιφάνεια του εδάφους για την απόδοση υψομέτρου. Στην περίπτωση που έχει εξαλειφθεί η κατά y παράλλαξη, η τοποθέτησή της πάνω στο έδαφος, άρα και στην ίδια θέση και για τις δύο προβαλλόμενες λήψεις θα σημαίνει και το σημείο τομής των ομόλογων ακτίνων.

3.3.1 Τεχνικές Συσχέτισης

Στις απεικονίσεις μεγάλων εκτάσεων με έντονο ανάγλυφο και για την εξοικονόμηση χρόνου και φόρτου εργασίας, έχουν δημιουργηθεί πολλοί αλγόριθμοι συσχέτισης, με σκοπό να πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία με αυτοματοποιημένο ή ημιαυτόματο τρόπο. Παρακάτω θα

αναφερθούν κάποιες τεχνικές αναζήτησης ομόλογων σημείων που χρησιμοποιούνται από αυτούς τους αλγόριθμους.

3.3.1.1 Επανασύσταση Επιπολικής Γεωμετρίας

Η αποκατάσταση της επιπολικής γεωμετρίας του στερεοζεύγους ισοδυναμεί με τον μετασχηματισμό του συστήματος αναφοράς του στερεομοντέλου στο σύστημα αναφοράς της βάσης, προκειμένου οι δύο άξονες λήψης να γίνουν παράλληλοι μεταξύ τους και κάθετοι στη βάση, ενώ οι άξονες x των εικόνων να συμπίπτουν. Τότε, οι επιπολικές γραμμές γίνονται πλέον παράλληλες στη βάση και συμπίπτουν με τις γραμμές σάρωσης της ψηφιακής εικόνας. (Αδάμ, 2011). Με αυτόν τον τρόπο, πληρούνται οι συνθήκες ώστε η «όραση του υπολογιστή» να εξομοιώνεται με την ανθρώπινη όραση, και οι δύο επιπολικές εικόνες θα παρουσιάζουν μόνο οριζόντια παράλλαξη κατά x . Επομένως, το γενικώς δισδιάστατο, πρόβλημα του συσχετισμού των ομόλογων σημείων στις δύο εικόνες του στερεοζεύγους, ανάγεται σε μονοδιάστατο καθώς τα δύο ομόλογα σημεία έχουν τις ίδιες συντεταγμένες y και βρίσκονται στις επιπολικές ευθείες των εικόνων τους. Έτσι περιορίζεται σημαντικά η περιοχή αναζήτησης των ομόλογων σημείων καθώς και ο απαιτούμενος υπολογιστικός χρόνος και διευκολύνεται ο αλγόριθμος συσχέτισης. (Kraus, 2002)

3.3.1.2 Πυραμίδες Εικόνων

Συχνά λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, υιοθετείται η τεχνική των πυραμίδων εικόνας, ήτοι ιεραρχικού συσχετισμού, για τη μείωση του υπολογιστικού χρόνου της συσχέτισης. Αυτή η τεχνική διευκολύνει τον συσχετισμό του στερεοζεύγους μέσω του εντοπισμού προσεγγιστικών θέσεων. Η μέθοδος περιλαμβάνει τον υπολογισμό ιεραρχικών εικόνων με μεταβαλλόμενη ανάλυση, αρχίζοντας από την αρχική (υψηλότερη) και καταλήγωντας σε πολύ χαμηλή, μετά από αρκετά ενδιάμεσα βήματα (επίπεδα).

Αρχίζοντας τη διαδικασία συσχετισμού από τη χαμηλότερη ανάλυση, ο εντοπισμός των ομόλων σημείων γίνεται ταχύτερα διότι οι εικόνες που συσχετίζονται περιλαμβάνουν πολύ μικρό αριθμό εικονοστοιχείων. Οι θέσεις των ομόλογων σημείων που συσχετίστηκαν, αποτελούν τότε κάλες προσεγγίσεις από όπου θα ξεκινήσει ο συσχετισμός στο επόμενο επίπεδο εικόνας της πυραμίδας με την αμέσως υψηλότερη ανάλυση. Έπειτα από διαδοχικές επαναλήψεις, ο συσχετισμός γίνεται ολοένα και περισσότερο ακριβής, καθώς τα σημεία που εντοπίζονται σε κάθε επίπεδο αποτελούν και τα κέντρα των παραθύρων κατά την έναρξη του συσχετισμού του επόμενου επιπέδου ανάλυσης. Όταν ο συσχετισμός φτάσει στο επίπεδο της αρχικής εικόνας τότε η διαδικασία ολοκληρώνεται. Με αυτήν την τεχνική, η ανεύρεση ομόλογων σημείων γίνεται ταχύτερα καθώς μειώνεται σημαντικά η περιοχή αναζήτησης και η πιθανότητα εσφαλμένων συσχετισμών. (Παπαπαναγιώτου, 2000)

3.3.1.3 Συσχετισμός Περιοχής

Στην περίπτωση του συσχετισμού περιοχής, ήτοι *“area based matching”*, καθώς και στην περίπτωση των πυραμίδων, η μέθοδος περιλαμβάνει τον καθορισμό ενός παραθύρου στη μία εικόνα, το οποίο ονομάζεται παράθυρο αναφοράς και στη συνέχεια αναζητείται η θέση ενός δεύτερου παραθύρου στην άλλη εικόνα, το οποίο ονομάζεται παράθυρο αναζήτησης, με στόχο η λεπτομέρεια σε αυτό να συσχετίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο με αυτήν του παραθύρου αναφοράς.

Η μέθοδος του συσχετισμού περιοχής είναι από τις παλαιότερες και απλούστερες εφαρμοσμένες τεχνικές που χρησιμοποιούνται. Αφορά στη στατιστική σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών των δύο παραθύρων, με τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης, στην απλούστερη των περιπτώσεων. Η συσχέτιση θεωρείται επιτυχής όταν μεγιστοποιηθεί ο συντελεστής συσχέτισης. Ωστόσο, λόγω διαπιστωμένων αδυναμιών της χρήσης του συντελεστή συσχέτισης σε αυτήν την εφαρμογή, αναπτύχθηκε και ο ελαχιστοτετραγωνικός

συσχετισμός, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις ενδεχόμενες γεωμετρικές παραμορφώσεις της εικόνας που προκαλούνται από τη διαφορά κλίμακας και την περιστροφή, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τις πολλές εσφαλμένες συσχέτισεις, όταν χρησιμοποιείται ως κριτήριο ο συντελεστής συσχέτισης. Παρόλα αυτά, αυτή η τεχνική μπορεί να οδηγήσει και σε εσφαλμένους συσχετισμούς, στην περίπτωση ασυνέχειας επιφανειών μέσα στο παράθυρο αναζήτησης, και εμφανίζει ευαισθησία στη ραδιομετρία και στην αντίθεση. (Παπαπαναγιώτου, 2000)

3.3.1.4 Συσχέτιση Χαρακτηριστικών

Η μέθοδος της τάυτισης χαρακτηριστικών, ήτοι “feature based matching”, ορίζεται ως η τεχνική συσχέτισης και αντιστοίχισης ομόλογων σημείων στις δύο εικόνες με τη χρήση σημειακών ή γραμμικών χαρακτηριστικών. Για την πραγματοποίηση του συσχετισμού, προϋπόθεση εφαρμογής αυτής της τεχνικής είναι ο ορισμός των χαρακτηριστικών ενδιαφέροντος, η ταξινόμησή τους ανάλογα με τον τύπο τους, καθώς και η ύπαρξη αρκετής αντίθεσης και στις δύο εικόνες για να πραγματοποιηθεί με επιτυχία η συσχέτιση.

Για τα σημειακά χαρακτηριστικά, αφού εξαχθούν βάσει ενός κατωφλίου ή ενός συντελεστή, εφαρμόζονται κριτήρια που αφορούν στην ακεραιότητα, την ομοιότητα και την συνέχεια για την αναζήτηση του ομόλογου σημείου. Για τα γραμμικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιείται φόρμα για την ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών με βάση την κλίση τους. Στη συνέχεια υπολογίζονται χαρακτηριστικά όπως η διεύθυνση, η θέση, το μήκος, το πλάτος, και η αντίθεση, ως κριτήρια συσχετισμού.

Η μέθοδος του συσχετισμού χαρακτηριστικών παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα ως προς την ταχύτητα, σε σχέση με τον συσχετισμό περιοχής, λόγω της εφαρμογής της σε λιγότερα σημεία. Επιτυγχάνεται υψηλή υποψηφιακή ακρίβεια, και παρουσιάζει μικρότερη ευαισθησία στις ραδιομετρικές μεταβολές, διότι βασίζεται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των εικόνων και όχι στις ραδιομετρικές τιμές. Παρόλα αυτά, συνηθίζονται οι εσφαλμένοι συσχετισμοί σε εικόνες με πλούσια και παρόμοια υφή. (Παπαπαναγιώτου, 2000)

3.3.2 Μέθοδοι Αναπαράστασης και Κατανομής Δεδομένων ΨΜΕ

Αφού επιλεγεί η μέθοδος απόκτησης της υψομετρικής πληροφορίας από το στερεομοντέλο, επόμενο βήμα καίριας σημασίας είναι η επιλογή του τρόπου αναπαράστασης της πληροφορίας σε τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι η κατανομή των δεδομένων σε ακανόνιστο δίκτυο τριγώνων *TIN* (*Triangular Irregular Networks*) και η κατανομή των δεδομένων σε κανονικοποιημένο κάρναβο (*grid*).

Αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι στις περισσότερες εφαρμογές των ΨΜΕ, προτιμάται η μορφή TIN. Αυτό οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρατηρούνται με τη χρήση τους έναντι του καννάβου, όπως την εύκολη προσαρμογή σε κανονικά ή ακανόνιστα κατενεμημένα δεδομένα χωρίς παρεμβολή, τη δυνατότητα προσαρμογής στο ανάγλυφο του εδάφους που σημαίνει τη διαφοροποίηση του μεγέθους των τριγώνων και της πυκνότητας των σημείων. Επίσης, η διανυσματική ιδιότητα της μεθόδου επιτρέπει την εισαγωγή στο σύστημα σημειακών χαρακτηριστικών αλλά και γραμμικών, όπως τις γραμμές αλλαγής κλίσης (*breaklines*). Με τη μορφή καννάβου παρατηρείται συχνά η απώλεια σημαντικών χαρακτηριστικών του αναγλύφου αλλά και ύπαρξη άχρηστων δεδομένων σε περιοχές ήπιου αναγλύφου. Μολονότι η μέθοδος TIN απαιτεί περισσότερο υπολογιστικό χρόνο σε σχέση με τη μέθοδο του κανονικοποιημένου καννάβου, θεωρείται προτιμότερη για τους λόγους που αναφέρθηκαν και θα εφαρμοστεί στην εφαρμογή αυτής της διπλωματικής.

3.3.3 Ακρίβεια Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Η ακρίβεια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους θεωρείται ύψιστης σημασίας καθώς αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην ακρίβεια της τελικής ορθοφωτογραφίας. Επηρεάζεται τόσο από τις επιλογές και την επιτυχία των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του, όσο επηρεάζει το ίδιο την ακρίβεια του τελικού προϊόντος. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συμμετέχουν στον καθορισμό της ακρίβειας του ΨΜΕ είναι

- το ανάγλυφο
- η μέθοδος συλλογής
- η επιλογή των γραμμών αλλαγής κλίσης (ΓΑΚ)
- η μέθοδος παρεμβολής
- η πυκνότητα των σημείων, η οποία συνήθως επιλέγεται 2-20mm στην κλίμακα της ορθοφωτογραφίας

3.4 Ψηφιακή Διαφορική Αναγωγή

Η διαδικασία κατά την οποία εξαλείφονται οι προοπτικές παραμορφώσεις της αρχικής εικόνας λόγω κλίσεων και αναγλύφου ονομάζεται ψηφιακή διαφορική αναγωγή. Όπως υποδηλώνεται από την ονομασία, η διαφορική αναγωγή πραγματοποιείται σε μεγάλο αλλά πεπερασμένο αριθμό βημάτων, ο οποίος αντιστοιχεί και στον αριθμό των εικονοστοιχείων της αρχικής εικόνας. Αυτό συμβαίνει επειδή, σε αντίθεση με μια επίπεδη ή σχεδόν επίπεδη και δισδιάστατη επιφάνεια η οποία δύναται να αναχθεί σε ένα μόνο βήμα με την εφαρμογή του προβολικού μετασχηματισμού, στην απεικόνιση της φυσικής γήινης επιφάνειας ενδιαφέρει και η τρίτη διάσταση που αντιστοιχεί στο ανάγλυφο.

Επομένως, κατά την παραγωγή μιας ορθοφωτογραφίας η αρχική εικόνα διαιρείται σε πολύ μικρά διαφορικά επίπεδα τμήματα τα οποία στη συνέχεια ανάγονται ανεξάρτητα, σε ξεχωριστά επίπεδα αναφοράς, που αντιστοιχούν στις εδαφοψηφίδες της ορθοφωτογραφίας. Ανάμεσα στην αρχική και τη διαφορικά ανηγμένη εικόνα παρεμβάλλεται η υψομετρική πληροφορία του εδάφους, η οποία παρέχεται από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους.

Η διαφορική αναγωγή είναι μια αντίστροφη διαδικασία που εφαρμόζει ουσιαστικά τη Συνθήκη Συγγραμμικότητας. Με δεδομένες τις γεωδαιτικές συντεταγμένες του κέντρου μιας εδαφοψηφίδας, και τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού που έχουν προκύψει από τη διαδικασία της οπισθοτομίας σε προγενέστερο στάδιο, τοποθετείται και προσανατολίζεται η προβολική ακτίνα στον χώρο, παρεμβάλλεται η υψομετρική πληροφορία που προκύπτει από το σημείο τομής του ψηφιακού μοντέλου εδάφους με την προβολική ακτίνα, και κατόπιν εντοπίζεται η αντίστοιχη εδαφοψηφίδα στο σύστημα της αρχικής εικόνας. Σε αυτό το στάδιο συμβάλλουν τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού στην εύρεση των εικονοσυντεταγμένων του αντίστοιχου σημείου της *raster* εικόνας. Αφού πραγματοποιηθεί αυτή η σύνδεση αποδίδεται στην αντιστοιχημένη εδαφοψηφίδα της ορθοφωτογραφίας η αντίστοιχη τιμή του γκρίζου τόνου από το ψηφιακό αρχείο της αρχικής εικόνας. Πιο αναλυτικά, τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εκτέλεση της ψηφιακής διαφορικής αναγωγής είναι τα εξής:

- Εισαγωγή των ψηφιακών δεδομένων
- Υπολογισμός των παραμέτρων αφινικού μετασχηματισμού των εικονοψηφίδων της *raster* εικόνας στο σύστημα των εικονοσυντεταγμένων (από τα εικονοσήματα) και αντίστροφα
- Επίλυση της οπισθοτομίας για τον υπολογισμό του εξωτερικού προσανατολισμού
- Έναρξη της διαδικασίας διαφορικής αναγωγής από το πάνω-αριστερό εικονοστοιχείο της ανηγμένης εικόνας (ορθοφωτογραφίας), συντεταγμένων (r_{op} , c_{op})

- Εντοπισμός των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων εδάφους (X,Y) του κέντρου του συγκεκριμένου εικονοστοιχείου
- Διενέργεια παρεμβολής στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους για υπολογισμό του αντίστοιχου υψομέτρου, $Z=f(X,Y)$
- Αντίστροφη εφαρμογή της συνθήκης συγγραμμικότητας για τον υπολογισμό των συντεταγμένων εικόνας (x,y)
- Επιβολή αντίστροφων διορθώσεων συρρίκνωσης, ακτινικής διαστρόφης, καμπυλότητας της γης, ατμοσφαιρικής διάθλασης κ.ο.κ., για τον υπολογισμό των πραγματικών εικονοσυντεταγμένων:
 $x'=x-dx$ και $y'=y-dy$
- Αφινικός μετασχηματισμός των εικονοσυντεταγμένων σε συντεταγμένες της raster εικόνας:
 $r_{di}=a_0 + a_1x' + a_2y'$ και $c_{di}=b_0 + b_1x' + b_2y'$
- Διενέργεια ραδιομετρικής παρεμβολής, για τον καθορισμό της τιμής του τόνου του γκρι (ή των τιμών τριών βασικών χρωμάτων για έγχρωμες εικόνες), στη θέση (r_i, c_i)
- Καταγραφή για το pixel (r_{op}, c_{op}) στο αρχείο αποθήκευσης της ανηγμένης εικόνας, της υπολογισθείσας τιμής του γκρι στη θέση (r_i, c_i)
- Επανάληψη των παραπάνω βημάτων για το επόμενο εικονοστοιχείο της ανηγμένης εικόνας, μέχρι το κάτω δεξιά εικονοστοιχείο αυτής της εικόνας. (Ιωαννίδης, 2003)

3.5 Επανασύσταση Εικόνας

Η επανασύσταση της εικόνας είναι το στάδιο στην παραγωγή της ορθοφωτογραφίας το οποίο ακολουθεί την πραγματοποίηση της ψηφιακής διαφορικής αναγωγής για το σύνολο των εικονοστοιχείων της αρχικής εικόνας. Αφορά στην απόδοση του σωστού τόνου του γκρι (ή χρώματος) για κάθε εικονοστοιχείο της νέας ψηφιακής εικόνας. Σε αυτό το στάδιο η ορθοφωτογραφία θεωρείται κενή ψηφιακή εικόνα και η διαδικασία της επανασύστασης καλείται να «γεμίσει» τις ψηφίδες με πληροφορία για να ολοκληρωθεί η παραγωγή. Χρησιμοποιούνται διάφοροι αλγόριθμοι για τον προσδιορισμό του σωστού τόνου του γκρι ή συνδυασμού χρωμάτων για κάθε ψηφίδα, από τους οποίους διακρίνονται κυρίως οι μέθοδοι της πλησιέστερης γειτνίασης, της διγραμμικής παρεμβολής, και της δικυβικής παρεμβολής.

Στο προηγούμενο στάδιο είχε πραγματοποιηθεί η σύνδεση των γεωδαιτικών συντεταγμένων του κέντρου μιας εδαφοψηφίδας με το είδωλο του σημείου στο σύστημα συντεταγμένων του φωτογραφικού επιπέδου, εφαρμόζοντας τη Συνθήκη Συγγραμμικότητας. Κατόπιν υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες r_i, c_i στο σύστημα της αρχικής raster εικόνας μέσω του αφινικού μετασχηματισμού με τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού. Ωστόσο, οι τιμές των r_i, c_i δεν είναι ακέραιες και ελέγχονται αν βρίσκονται εντός των ορίων της αρχικής εικόνας. Στην περίπτωση που βρίσκονται εκτός των ορίων της αρχικής εικόνας, η εδαφοψηφίδα που αντιστοιχεί σε εκείνο το κέντρο αποδίδεται με μαύρο χρώμα (κενό). Αντίθετα, αφού επιβεβαιωθεί ότι το είδωλο του σημείου εδάφους βρίσκεται εντός των ορίων της αρχικής εικόνας, εφαρμόζονται οι τεχνικές παρεμβολής που αναφέρθηκαν παραπάνω για τον καθορισμό της τιμής του τόνου του γκρι ή συνδυασμού χρωμάτων που θα αποδοθεί στην εδαφοψηφίδα της ορθοφωτογραφίας.

3.5.1 Μέθοδος της Πλησιέστερης Γειτνίασης

Αυτή η μέθοδος θεωρείται η πιο απλή καθώς η τιμή που αποδίδεται σε κάθε εικονοστοιχείο της νέας ψηφιακής εικόνας είναι ίση με την τιμή του εικονοστοιχείου της αρχικής εικόνας, το οποίο

βρίσκεται πλησιέστερα στο κέντρο του μετασχηματισμένου στο σύστημα της αρχικής εικόνας εικονοστοιχείου της ορθοφωτογραφίας.

Πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής παρεμβολής αποτελεί το γεγονός ότι μεταφέρει τις αυθεντικές τιμές δεδομένων από την αρχική στην νέα εικόνα, χωρίς τον υπολογισμό του μέσου όρου των τιμών των γειτονικών εικονοστοιχείων. Τοιουτοτρόπως, διατηρούνται οι ακραίες τιμές των τόνων του γκρι της εικόνας, γεγονός που συνδράμει σε κάποιες τηλεπισκοπικές εφαρμογές όπου είναι σημαντική η διατήρηση της αρχικής καταγραφόμενης πληροφορίας από τους δέκτες για τη βέλτιστη παρατήρηση φαινομένων. Πλεονέκτημα θεωρείται επίσης ο ελάχιστος υπολογιστικός χρόνος που απαιτεί η μέθοδος.

Μειονέκτημα αποτελεί η ραδιομετρική παραμόρφωση που παρατηρείται σε δυσμενείς περιπτώσεις όπου τα εικονοστοιχεία παρουσιάζουν μια μετατόπιση ως προς τη σωστή τους θέση, της τάξης του μισού εικονοστοιχείου. Λόγω αυτής της μετατόπισης, τα γραμμικά στοιχεία της ορθοφωτογραφίας παρουσιάζουν μέγιστη μετατόπιση ενός εικονοστοιχείου. Η επίδραση είναι αρκετά έντονη σε περιοχές με γραμμικά χαρακτηριστικά ή καμπύλες που παρουσιάζονται με κλιμακωτή μορφή. Παρατηρείται επιπλέον η απώλεια ή και ο διπλασιασμός τιμών δεδομένων. Τέλος παρουσιάζονται σε κάποιες περιπτώσεις κενά σε γραμμικά χαρακτηριστικά, όπως το οδικό ή το υδρογραφικό δίκτυο.

3.5.2 Διγραμμική Παρεμβολή

Στην περίπτωση της διγραμμικής παρεμβολής, η τιμή που αποδίδεται στο εκάστοτε εικονοστοιχείο της νέας ψηφιακής εικόνας είναι συνάρτηση της απόστασης του κέντρου του εικονοστοιχείου της ορθοφωτογραφίας, μετασχηματισμένο στο σύστημα της αρχικής εικόνας, από τα τέσσερα πλησιέστερα κέντρα των εικονοστοιχείων στην αρχική εικόνα. Γίνεται παρεμβολή των τεσσάρων τιμών για τον υπολογισμό του τόνου του γκρι που θα αποδοθεί στο συγκεκριμένο εικονοστοιχείο της ορθοφωτογραφίας. Σημαντικό ρόλο σε αυτήν την περίπτωση παίζει το βάρος που δίδεται σε καθένα από τα τέσσερα εικονοστοιχεία που συμμετέχουν στην παρεμβολή, το οποίο μεταβάλλεται γραμμικά και είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασης από το κέντρο του εικονοστοιχείου του οποίου υπολογίζεται η τιμή.

Πλεονέκτημα της μεθόδου θεωρείται η ομαλότερη απεικόνιση αντικειμένων με γραμμική ή καμπύλη μορφή, χωρίς το κλιμακωτό αποτέλεσμα και τη μετατόπιση των εικονοστοιχείων. Επιτυγχάνεται καλύτερη χωρική ακρίβεια με τη συγκεκριμένη τεχνική και εφαρμόζεται συχνά σε περιπτώσεις μεταβολής του μεγέθους εικονοστοιχείου μιας εικόνας. Μειονέκτημα αποτελεί η μείωση της αντίθεσης της αρχικής εικόνας που οφείλεται στο φαινόμενο της εξομάλυνσης των ακραίων τιμών της εικόνας, η οποία προκύπτει από την παρεμβολή των τεσσάρων πλησιέστερων τιμών.

3.5.3 Δικυβική Παρεμβολή

Όπως η διγραμμική παρεμβολή έτσι και η δικυβική παρεμβολή υπολογίζει την τιμή του τόνου του γκρι που θα αποδοθεί σε κάθε εικονοστοιχείο της ορθοφωτογραφίας μέσω του συνυπολογισμού των τιμών των γειτονικών εικονοστοιχείων. Ωστόσο, σε αυτήν την τεχνική, παρεμβάλλονται 16 σημεία αντί τεσσάρων, τα οποία συναποτελούν έναν πίνακα 4×4. Επίσης, σε αντίθεση με τη διγραμμική παρεμβολή που χρησιμοποιεί γραμμική συνάρτηση για την εκτίμηση του αποτελέσματος, η δικυβική παρεμβολή εφαρμόζει συνάρτηση τρίτου βαθμού. Διαπιστώνεται ότι το μέγεθος του βάρους του κάθε εικονοστοιχείου που συμμετέχει στην παρεμβολή μεταβάλλεται εκθετικά και αντιστρόφως ανάλογα της απόστασής του από το εικονοστοιχείο του οποίου εκτιμάται η τιμή. Έχουν δημιουργηθεί διάφορες τεχνικές και αλγόριθμοι που εφαρμόζουν την τεχνική της δικυβικής παρεμβολής και αποσκοπούν στην

εγαξωγή διαφορετικών αποτελεσμάτων για συγκεκριμένες τηλεπισκοπικές εφαρμογές, όπως αυτά των φίλτρων υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων.

Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι η επανασύσταση πραγματοποιείται με βάση πίνακα εικονοστοιχείων 4×4, γεγονός που οδηγεί σε μικρότερες διαφορές στις μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των τιμών των εικονοστοιχείων μεταξύ της αρχικής και νέας εικόνας. Διαπιστώνεται επιπλέον ότι η τεχνική συμβάλλει στην εξομάλυνση του θορύβου μιας εικόνας ή και στην όξυνσή της αλλά το αποτέλεσμα εξαρτάται ουσιαστικά από τον τύπο των δεδομένων εισόδου. Οδηγεί σε βελτιωμένη χωρική ακρίβεια, όπως η διγραμμική παρεμβολή, αλλά επιτυγχάνει τη διατήρηση της αντίθεσης και των ακραίων τιμών της αρχικής εικόνας. Η μέθοδος συνήθως προτείνεται σε περιπτώσεις όπου αποσκοπείται η μεταβολή του μεγέθους του εικονοστοιχείου των δεδομένων, όπως στις συγχωνεύσεις εικόνων από διαφορετικές πηγές.

Παρόλο που η τεχνική αυτή υπόσχεται βέλτιστα αποτελέσματα από άποψη χωρικής και ραδιομετρικής ακρίβειας, πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας της συνάρτησης παρεμβολής, η εκτέλεση της διαδικασίας είναι εξαιρετικά χρονοβόρα. Επίσης υπάρχει η πιθανότητα μεταβολής των τιμών των αρχικών δεδομένων.

3.6 Σύνθεση Ορθοφωτομωσαϊκού και Ποιοτικός Έλεγχος

Για να ολοκληρωθεί επιτυχώς ένα φωτογραμμετρικό έργο, όπως η δημιουργία ορθοφωτογραφίας που καλύπτει μια εκτεταμένη περιοχή, ως τελικό βήμα καθίσταται η σύνθεση των διαφόρων τμημάτων που αποτελούν την ορθοφωτογραφία σε μια εικόνα. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι το ορθοφωτομωσαϊκό και η σωστή του σύνθεση επηρεάζει σημαντικά την παρουσίαση του τελικού προϊόντος του φωτογραμμετρικού έργου. Ουσιαστικά πρόκειται για τον καθορισμό των ορίων ένωσης των δύο ή περισσότερων εικόνων που μοιράζονται κάποιες κοινές περιοχές. Η υποκειμενική κρίση του παρατηρητή παίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτό το στάδιο καθώς καλείται να επιλέξει τη βέλτιστη εικόνα η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην απεικόνιση συγκεκριμένων περιοχών για την εξασφάλιση ομοιομορφίας αποχρώσεων, χαρακτηριστικών και τόνων στο τελικό αποτέλεσμα.

Ακολουθεί ο ποιοτικός έλεγχος του τελικού αποτελέσματος. Η δημιουργία του ορθοφωτομωσαϊκού δύναται να ελεγχθεί μέσω της απλής οπτικής παρατήρησης των ορίων της σύνθεσης σε γραφική οθόνη. Η υψομετρική ακρίβεια ελέγχεται συνήθως με τη χρήση σημείων γνωστών γεωδαιτικών συντεταγμένων ή/και με την επίθεση ισοϋψών καμπυλών στην ορθοφωτογραφία. Όσον αφορά στην οριζοντιογραφική ακρίβεια, αυτή επίσης ελέγχεται αποτελεσματικά με τη χρήση σημείων γνωστών γεωδαιτικών συντεταγμένων.

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΠΑΡΟ

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα προαναφερθέντα βήματα που έχουν εφαρμοστεί για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1. Αποτελεί ένα από τα κύρια μελήματα της παρούσας διπλωματικής, καθώς το αποτέλεσμα θα αναλάβει διπλό ρόλο στη συνέχεια. Αφενός πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η τελική ορθοφωτογραφία ως υπόβαθρο στη σύνταξη χάρτη της περιοχής και αφετέρου το τελικό προϊόν θα εξυπηρετήσει την οικονομοτεχνική μελέτη που ακολουθεί, παρατιθέμενο σε σύγκριση με ορθοφωτογραφία της ίδιας περιοχής, η οποία έχει παραχθεί από αεροφωτογραφίες της Κτηματολογίου Α.Ε..

4.2 Η Περιοχή Μελέτης

Όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάστηκαν δύο σημαντικοί λόγοι για τη δημιουργία ορθοφωτογραφίας της περιοχής της Νήσου Αντίπαρου. Ο πρώτος λόγος αφορά στη σύνταξη του χάρτη, και ως εκ τούτου δίνεται σημαντική βάση στα χαρακτηριστικά της περιοχής, όπως αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 1. Ο δεύτερος λόγος που σχετίζεται με την υποστήριξη και αξιοποίηση του προϊόντος για την προσέγγιση μελέτης οικονομοτεχνικής σκοπιμότητας πάλι επηρεάζεται ως ένα σημείο από τις συνθήκες που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή. Για αυτόν τον λόγο θεωρείται ότι θα πρέπει να επισημανθούν κάποια γεωγραφικά στοιχεία που αφορούν στην περιοχή που απεικονίζεται στις διαθέσιμες εικόνες.

Μετά τον ορισμό της περιοχής μελέτης και την επισήμανση ανάγκης ενημέρωσης του χάρτη λόγω της παλαιότητας των διαθέσιμων αεροφωτογραφιών, το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας προμηθεύτηκε δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης που καλύπτουν ολόκληρη τη Νήσο Αντίπαρο, τμήμα της δυτικής πλευράς της Νήσου Πάρου καθώς και τα ενδιάμεσα και γειτονικά νησιά. Η Αντίπαρος καταλαμβάνει έκταση 34.540 km² και συμπεριλαμβανομένων των γειτονικών νησιών ορίζεται γεωγραφικά από τα παρακάτω ζεύγη οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ '87.



Εικόνα 4.1



Εικόνα 4.2



Εικόνα 4.3

Εικόνες 4.1, 4.2, 4.3 Χαρτογραφικές Απεικονίσεις Περιοχής Μελέτης σε διαδοχικές κλίμακες

Πρακτική Εφαρμογή στην Αντίπαρο
Πίνακας 4.1 Ορια περιοχής μελέτης (Προσεγγιστικά)

A/A		X(m)	Y(m)
1	NΔ	584532,00	4088387,00
2	BΔ	584532,00	4102658,00
3	BA	600196,00	4102658,00
4	NA	600196,00	4088402,00

4.3 Προγραμματισμός Εργασιών

Ο προγραμματισμός των εργασιών αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά βήματα της διαδικασίας παραγωγής ορθοφωτογραφίας. Λάθος στον προγραμματισμό πιθανώς να οδηγήσει σε περιττή εκτόξευση του χρόνου, του κόστους, και του εργασιακού φόρτου της παραγωγής. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει αρχικά τον προγραμματισμό των δορυφορικών λήψεων, την επιλογή και τη μέτρηση των σημείων που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη γεωαναφορά και τον έλεγχο της ορθοφωτογραφίας. Επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ακρίβεια και επομένως την κλίμακα του τελικού προϊόντος που πρόκειται να παραχθεί, και από τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, όπως την τοπογραφία και το ιδιοκτησιακό καθεστώς.

4.3.1 Προγραμματισμός και Απόκτηση των Δορυφορικών Εικόνων Geoeye-1

Σε αντίθεση με την περίπτωση των αεροφωτογραφιών, όπου ο προγραμματισμός λήψης γίνεται συνήθως από την ομάδα εργασίας η οποία θα αξιοποιήσει τις εικόνες αργότερα, την ευθύνη του προγραμματισμού των δορυφορικών λήψεων αναλαμβάνει αποκλειστικά η εκάστοτε κατασκευάστρια εταιρεία. Στην προκειμένη περίπτωση η εταιρεία αυτή είναι η Geoeye, η οποία διαχειρίζεται τις εικόνες και αποφασίζει για τη θέση και τον χρόνο λήψης τους, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε χρήστη.

Για τις ανάγκες αυτής της διπλωματικής, κριτήρια για την επιλογή του κατάλληλου ζεύγους δορυφορικών εικόνων ήταν η κάλυψη ολόκληρης της περιοχής μελέτης με αποφυγή νεφών, η επιθυμητή ακρίβεια του τελικού προϊόντος που ορίζεται 0,50 m (για τη σύγκριση με την ορθοφωτογραφία της Κτηματολόγιο Α.Ε.), και η όσο το δυνατόν πιο πρόσφατη λήψη για την έγκυρη ενημέρωση του χάρτη που πρόκειται να συνταχθεί με υπόβαθρο την παραγόμενη ορθοφωτογραφία. Αυτά τα κριτήρια ικανοποιήθηκαν με το ζεύγος δορυφορικών εικόνων Geoeye-1, διακριτικής ικανότητας 0,50 m (παγχρωματικό κανάλι) και 2,0 m (πολυφασματικό κανάλι). Η λήψη των εικόνων χρονολογείται τον Δεκέμβριο του 2011 εξασφαλίζοντας τοιούτοτρόπως την όσο το δυνατόν πληρέστερη καταγραφή των απαραίτητων πληροφοριών για τον χάρτη. Η αγορά των εικόνων που πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας της Σ.Α.Τ.Μ του Ε.Μ.Π. περιλαμβάνει τα εξής:

- Στερεοζεύγος εικόνων του βόρειου τμήματος της Ν. Αντιπάρου, το δυτικό τμήμα της Πάρου και τις ενδιάμεσες νησίδες στα 5 κανάλια, Pan, RGB, NIR σε μορφή tiff (10 αρχεία)
- Στερεοζεύγος εικόνων του νότιου τμήματος της Ν. Αντιπάρου, και τα εκατέρωθεν γειτονικά νησιά στα 5 κανάλια, Pan, RGB, NIR σε μορφή tiff (10 αρχεία)
- Συνοδευτικά Αρχεία
 - ✓ Αρχείο μεταδεδομένων σε μορφή κειμένου *text* (4 αρχεία)
 - ✓ Αρχείο εκπαιδευτικής άδειας σε μορφή κειμένου *text* (4 αρχεία)
 - ✓ Αρχεία γεωαναφοράς .tfw (20 αρχεία)

- ✓ Διανυσματικά αρχεία *shapfile* τα οποία περιέχουν την περιοχή ενδιαφέροντος, τα σχήματα των αρχικών δορυφορικών σκηνών, καθώς και των βόρειων και νότιων λήψεων (3 αρχεία)
- ✓ Αρχείο jpeg με το λογότυπο της εταιρείας παροχής (1 αρχείο)
- ✓ Αρχεία σε μορφή κειμένου με τους συντελεστές κλασματικών πολυωνύμων RPC (20 αρχεία)



Εικόνα 4.4 RGB Δείγμα Δορυφορικών Εικόνων Geoeye-1 (βόρειο τμήμα)



Εικόνα 4.5 RGB Δείγμα Δορυφορικών Εικόνων Geoeye-1 (νότιο τμήμα)

4.3.2 Προ-επεξεργασία των Αρχικών Δορυφορικών Εικόνων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα δεδομένα κάθε δορυφορικής εικόνας περιλαμβάνουν 5 διαφορετικά αρχεία. Τα τέσσερα παρήχθησαν από τον πολυφασματικό δέκτη με χωρική ανάλυση 2,0 m και αντιστοιχούν στα κανάλια κόκκινο, πράσινο, μπλε και εγγύς υπέρυθρο. Το τελευταίο αρχείο παρήχθη από τον παγχρωματικό δέκτη με χωρική ανάλυση 0,50 m. Υπενθυμίζεται ότι το αποτέλεσμα αυτής της εφαρμογής προορίζεται για σύνταξη θεματικού χάρτη καθώς επίσης σύγκριση με αντίστοιχες ορθοφωτογραφίες του Εθνικού Κτηματολογίου. Επομένως, επιβάλλεται η χωρική ανάλυση να είναι τουλάχιστον ίση με αυτήν του Κτηματολογίου, η οποία ορίζεται ως 0,50 m. Επιπλέον, για να είναι απόλυτα συγκρίσιμες οι ορθοφωτογραφίες, θα πρέπει να συμφωνούν και οι φασματικές τους υπογραφές και να αποτελούνται από έγχρωμο σύνθετο RGB, πλησιάζοντας όσο το δυνατόν περισσότερο τα χρώματα που αντιλαμβάνεται η ανθρώπινη όραση, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο και την παρατήρηση για τη σύνταξη του χάρτη στη συνέχεια. Αξίζει να σημειωθεί ότι αποκλείστηκε το

κανάλι εγγύς υπέρυθρου (NIR) διότι δεν κρίθηκε χρήσιμη η διαθέσιμη πληροφορία του καναλιού για την επιτυχή ολοκλήρωση των εφαρμογών της παρούσας διπλωματικής.

Συνοψίζεται λοιπόν ότι κάθε εικόνα θα πρέπει να αποτελείται από έγχρωμο σύνθετο RGB και να έχει χωρική ανάλυση 0,50 m. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει οι δορυφορικές εικόνες να υποστούν χωρική και φασματική επεξεργασία μέσω του διαθέσιμου λογισμικού *Erdas Imagine*. Το *Erdas Imagine* είναι ένα λογισμικό επεξεργασίας εικόνων και διαθέτει πληθώρα αλγορίθμων για την επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων, καλύπτοντας τις ανάγκες πολλών ειδών δορυφορικών δεκτών και άλλων ψηφιακών εικόνων.

Η μεθοδολογία αυτού του σταδίου περιγράφεται σε δύο βήματα. Αρχικά πραγματοποιείται συγχώνευση των τριών καναλιών τα οποία έχουν κοινή χωρική ανάλυση 2,00 m, ώστε να δημιουργηθεί μια νέα έγχρωμη εικόνα. Στο δεύτερο βήμα παρεμβάλλεται η σύνθετη εικόνα με την παγχρωματική ανάλυσης 0,50 m και μέσω ενός αλγορίθμου επανασύστασης, προκύπτει μια νέα έγχρωμη εικόνα χωρικής ανάλυσης 0,50 m. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή και ως *pan-sharpening*.

4.3.2.1 Επίθεση Καναλιών

Όσον αφορά στο πρώτο βήμα της συγχώνευσης, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Layer Stack*. Με αυτό το εργαλείο, καλούνται ανεξάρτητα τα επίπεδα ή κανάλια ίδιας χωρικής ανάλυσης που θα χρειαστούν για τη δημιουργία του έγχρωμου σύνθετου με τη σωστή σειρά και έπειτα ενώνονται και δημιουργείται νέα πολυφασματική εικόνα.



Εικόνα 4.6



Εικόνα 4.7



Εικόνα 4.8

Εικόνες 4.6, 4.7, 4.8 Τμήματα των εικόνων εισόδου (κανάλια RGB) στο εργαλείο *Layer Stack* του *Erdas Imagine*



Εικόνα 4.9 Εικόνα εξόδου μετά απο τη συγχώνευση των παραπάνω καναλιών

4.3.2.2 *Pan-sharpening*

Κατά τη δεύτερη φάση, προσφέρονται διάφορες μέθοδοι συγχώνευσης των δύο εικόνων διαφορετικής χωρικής ανάλυσης. Ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται από το *Erdas Imagine* είναι *Resolution Merge* και περιλαμβάνει 7 διαφορετικούς αλγορίθμους (έκδοση 2011) που έχουν σχεδιαστεί για την επεξεργασία εικόνων από δέκτες διαφορετικού τύπου. Έγιναν δοκιμές με τέσσερις διαφορετικούς αλγορίθμους για την επίτευξη του βέλτιστου οπτικού αποτελέσματος και εν τέλει χρησιμοποιήθηκε ο *HCS (Hyperspherical Color Space) Pan Sharpening* με διγραμμική παρεμβολή για την επανασύσταση της νέας εικόνας.

Ο αλγόριθμος *HCS pan sharpening* είναι ειδικά σχεδιασμένος για δορυφορικές εικόνες Worldview-2, οι οποίες δημιουργούνται από πολυφασματικό δέκτη 9 καναλιών. Η πρώτη εμφάνισή του σε περιβάλλον επεξεργασίας εικόνων παρατηρήθηκε στο λογισμικό *Erdas Imagine 2011*. Αρχικό βήμα της απλής μορφής του αλγορίθμου (*naïve approach*) είναι ο μετασχηματισμός των τιμών των εικονοστοιχείων της πολυφασματικής και της παγχρωματικής εικόνας από το σύστημα RGB, που προσομοιάζει έναν κύβο, σε τιμές του υπερσφαιρικού συστήματος που αναλύονται σε μια ακτινική και τις τρεις γωνιακές παραμέτρους μιας σφαίρας, χρησιμοποιώντας τις κανονικοποιημένες τιμές της έντασης των συνιστωσών των εικόνων. Στη συνέχεια, υπολογίζονται τα στατιστικά μεγέθη (τυπική απόκλιση και μέση τιμή) των τιμών των εικονοστοιχείων της πολυφασματικής και της παγχρωματικής εικόνας ως προς το υπερσφαιρικό μοντέλο. Έπειτα, με αυτά τα στατιστικά μεγέθη πραγματοποιείται αντιστοίχιση των τιμών των εικονοστοιχείων της πολυφασματικής εικόνας στις τιμές των εικονοστοιχείων της παγχρωματικής εικόνας. Ακολουθεί αντίστροφος μετασχηματισμός των προκύπτουσων τιμών από το υπερσφαιρικό μοντέλο στο πολυφασματικό μοντέλο RGB για τη δημιουργία της τελικής συγχωνευμένης εικόνας. Παρόλο που οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη μέθοδο είναι συγκρίσιμοι με άλλους πιο συμβατικούς αλγορίθμους, όπως τον μετασχηματισμό Brovey, διαπιστώνεται ότι η χρήση του υπερσφαιρικού συστήματος βελτιώνει σημαντικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής. (Padwick, C. et al, 2010)



Εικόνα 4.10



Εικόνα 4.11

Εικόνες 4.10, 4.11 Τμήματα των εικόνων εισόδου RGB και Pan, αντίστοιχα, στο εργαλείο *HCS Resolution Merge* του *Erdas Imagine*



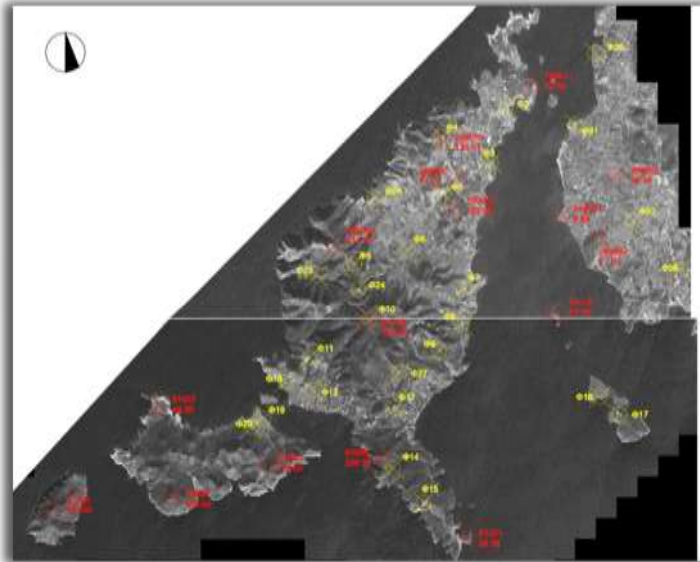
Εικόνα 4.12 Τμήμα της έγχρωμης εικόνας εξόδου χωρικής ανάλυσης 0,50 m, μετά από τη συγχώνευση

4.3.3 Επιλογή Φωτοσταθερών

Η επιλογή των σημείων προς μέτρηση έγινε με προσεκτική παρατήρηση των δορυφορικών εικόνων για τον εντοπισμό ευκρινών και ομόλογων χαρακτηριστικών σημείων στο έδαφος. Κριτήριο επιλογής εκτός από τον εύκολο εντοπισμό των σημείων στις εικόνες ήταν η προσβασιμότητα και η θέση των σημείων σε δημόσιο χώρο, προς αποφυγή εισόδου σε ιδιόκτητη περιοχή.

Στην προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκαν κυρίως γωνίες μαντρών και κορυφές κτιρίων, οι οποίες ικανοποιούσαν και τα δύο παραπάνω κριτήρια. Η κατανομή των σημείων στα δύο στερεοζεύγη ήταν σχετικά ομοιόμορφη, ώστε να καλύπτεται ολόκληρο το νησί της Αντιπάρου. Σημειώνεται ότι κατά τη φάση του προγραμματισμού των σημείων επισημάνθηκαν αρκετά σημεία και στα γειτονικά νησιά (Ν. Δεσποτικού, Ν. Στρογγυλού, Ν. Τσιμινίρι, Φυρά, Παντερονήσια, Ν. Πάρος) τα οποία απεικονίζονται και στις δορυφορικές εικόνες. Επιλέχθηκαν 34 σημεία, παραπάνω από τον απαραίτητο αριθμό με περιθώριο αποκλεισμού κάποιων στην περίπτωση που δεν ήταν δυνατή η μέτρησή τους ή στην περίπτωση που παρουσιαζόταν χονδροειδές σφάλμα σχετικά με τη θέση του σημείου στην επίλυση των μετρήσεων.

Με γνώμονα τη μελλοντική εργασία γραφείου και τη γνώση ότι πρόκειται να εφαρμοστούν πολυώνυμα διόρθωσης των συστηματικών σφαλμάτων της γεωαναφοράς, ("Refinement polynomials") αναγκαίες είναι οι συντεταγμένες τουλάχιστον ενός (πολυώνυμο μηδενικού βαθμού) ή τριών φωτοσταθερών (πολυώνυμο πρώτου βαθμού). Χρησιμοποιούνται περισσότερα φωτοσταθερά ως πλεονάζουσες παρατηρήσεις, με επίλυση του συστήματος εφαρμόζοντας τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων. Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής, μετρήθηκαν συνολικά 16 σημεία επιτυχώς, ομοιόμορφα κατανεμημένα στην περιοχή ενδιαφέροντος, όμως συγκεντρωμένα στο κέντρο του μοντέλου καθώς μεγάλο ποσοστό της απεικονιζόμενης περιοχής είναι θάλασσα.



Εικόνα 4.13 Σκαρίφημα Επιλεγμένων Φωτοσταθερών από τις δορυφορικές εικόνες

4.3.4 Διαθέσιμος Εξοπλισμός

Για τη διεξαγωγή των απαραίτητων μετρήσεων πεδίου, χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω εξοπλισμός:

- Ένα ζεύγος δεκτών *GPS Spectra Precision EPOCH 25* συχνοτήτων *L1* και *L2* και τα παρελκόμενά του που περιλαμβάνουν τα εξής:
 - ✓ Ένας στυλεός δύο μέτρων
 - ✓ Τρεις φορτιστές
 - ✓ Χειριστήριο
 - ✓ Μία μετροταινία
 - ✓ Μία μπαταρία Βάσης
 - ✓ Τρία Καλώδια Σύνδεσης Χειριστήριο-Δέκτες και Χειριστήριο-H/Y
- Ένα GPS χειρός GARMIN GPS Map 62S
- Μία μετροταινία

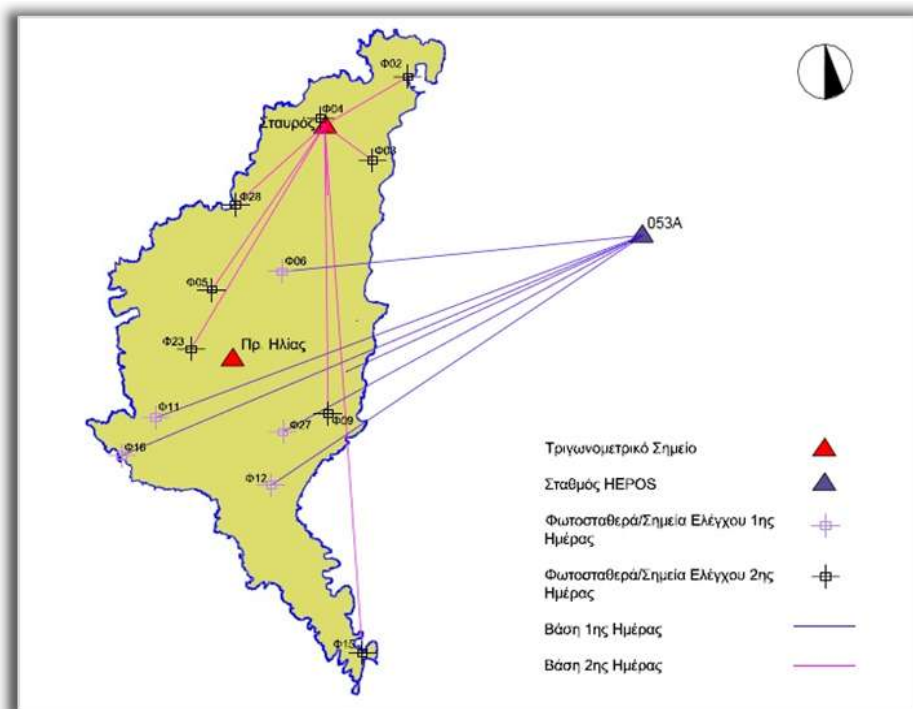
- Ένας Φορητός Η/Υ για την επίλυση των μετρήσεων GPS με το λογισμικό *Spectra Precision*
- Μία ψηφιακή φωτογραφική μηχανή

4.4 Υλοποίηση Φωτοσταθερών και Επίλυση Δικτύου

Οι μετρήσεις πεδίου ολοκληρώθηκαν σε δύο επισκέψεις διάρκειας μιας ημέρας. Με την άφιξη της ομάδας στην Αντίπαρο πραγματοποιήθηκε επιτόπια εξέταση του νησιού με σκοπό την εκτίμηση της δυνατότητας και του αναγκαίου χρόνου περάτωσης όλων των εργασιών. Σημειώνεται ότι η επίσκεψη στην Αντίπαρο εξυπηρετούσε αφενός τον σκοπό των μετρήσεων των σημείων που χρειαζόνταν για τη δημιουργία της ορθοφωτογραφίας και αφετέρου την έρευνα και συλλογή στοιχείων για τη σύνταξη του θεματικού χάρτη.

Από τις πρώτες περιοχές που επισκέφτηκε η ομάδα εργασίας ήταν το ύψωμα του Προφήτη Ηλία, στο οποίο προϋπήρχε ένα υλοποιημένο τριγωνομετρικό σημείο πρώτης τάξης. Η θέση του τριγωνομετρικού βρίσκεται σε σημείο στρατηγικής σημασίας καθώς είναι στην πιο υψηλή κορυφή της Αντιπάρου και τοποθετείται περίπου στο κέντρο του νησιού. Ωστόσο, η επίλυση των μετρήσεων δεν πραγματοποιήθηκε εν τέλει ως προς τη βάση του τριγωνομετρικού στον Προφήτη Ηλία αλλά με τα δεδομένα βάσης από Σταθμό του HEPOS στην Πάρο.

Αφού ολοκληρώθηκε η επιτόπια αυτοψία, διαιρέθηκε η εργασία σε δύο ημερήσιες επισκέψεις, βασιζόμενη στα σημεία που είχαν επισημανθεί σε σκαρίφημα από τον προγραμματισμό των μετρήσεων στην Αθήνα. Την πρώτη ημέρα μετρήθηκαν τα σημεία που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Κατά τη δεύτερη αποστολή μετρήθηκαν τα υπόλοιπα σημεία τα οποία τοποθετούνταν κυρίως στο βόρειο τμήμα, με εξαίρεση το σημείο Φ15, του οποίου η θέση βρίσκεται στο νότιο άκρο του νησιού (Όρμος Φανερωμένης). Η βάση του GPS τοποθετήθηκε σε βάθρο σε τριγωνομετρικό σημείο στο βορειοδυτικό άκρο της Αντιπάρου σε επίσης σχετικά μεγάλο υψόμετρο (περιοχή «Σταυρός»). Στην Εικόνα 4.14 αναπαρίστανται οι θέσεις των μετρημένων και τριγωνομετρικών σημείων καθώς και οι βάσεις GPS.

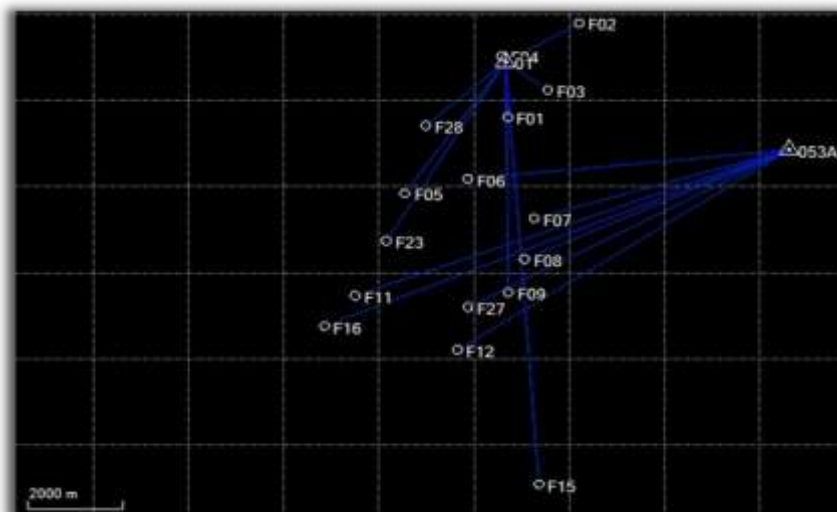


Εικόνα 4.14 Θέσεις των μετρημένων σημείων (φωτοσταθερά-σημεία ελέγχου)

Μια παράμετρος που επίσης είχε προκαθοριστεί κατά τον προγραμματισμό των εργασιών ήταν η μέθοδος που θα εφαρμοζόταν κατά τον προσδιορισμό των θέσεων των φωτοσταθερών, τα οποία θα συμμετέχουν και στα υπόλοιπα στάδια της εφαρμογής. Η χωρική ανάλυση της παραγόμενης ορθοφωτογραφίας θα πρέπει να είναι 0,50 m, εξασφαλίζοντας τη σύγκριση με την ορθοφωτογραφία της Κτηματολόγιο Α.Ε. Για να επιτευχθεί αυτό, τα φωτοσταθερά που θα χρησιμοποιηθούν στις επόμενες φωτογραμμετρικές διαδικασίες θα πρέπει να μετρηθούν με καλύτερη ακρίβεια του 0,50 m. Ο εμπειρικός κανόνας για την απαιτούμενη ακρίβεια των μετρημένων φωτοσταθερών είναι ο περιορισμός της στο ένα τρίτο της τελικής επιθυμητής ακρίβειας, έτσι ώστε τα σφάλματα που προκύπτουν από παράγοντες όπως τη γεωαναφορά και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους να καλύπτονται από αυτό το περιθώριο. Επομένως, επιβάλλεται να εξασφαλιστεί ακρίβεια περίπου 0,17 m για τα επίγεια μετρημένα φωτοσταθερά.

Λαμβάνοντας κανείς υπόψη το παραπάνω κριτήριο ακρίβειας, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος του ταχέως στατικού εντοπισμού για να μετρηθούν τα επιλεγμένα σημεία. Όπως και στον στατικό προσδιορισμό θέσης, στον ταχύ στατικό εντοπισμό, η σχετική ακρίβεια προσδιορισμού των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων σε σχέση με το μήκος βάσης είναι της τάξης των 5mm +(0,5 έως 1) ppm με δέκτες δύο συχνοτήτων, όπως και του διατιθέμενου. Τα μήκη αυτών των βάσεων κυμαίνονταν από 150 m έως και 10,5 km. Επομένως η αναμενόμενη σχετική ακρίβεια κυμαίνονταν από $\pm 0,005$ m έως $\pm 0,011$ m, οριζοντιογραφικά. Η σχετική υψομετρική ακρίβεια είναι γενικά χειρότερη από μία έως και δύο φορές σε σχέση με την οριζοντιογραφική και οφείλεται στη γεωμετρία του δορυφορικού σχηματισμού την ώρα των παρατηρήσεων. Αποχές από αυτές τις θεωρητικές αβεβαιότητες μπορεί να οφείλονται στα μήκη των βάσεων, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, και την ποιότητα του σήματος από τον δορυφόρο προς τον δέκτη. (Φωτίου, Α. & Πικριδάς, Χ, 2006).

Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εφαρμογής, όπου οι βάσεις είναι της τάξης των μερικών χιλιομέτρων, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του γρήγορου στατικού εντοπισμού με ρυθμό καταγραφής τα 10 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος παραμονής των δεκτών στα σημεία προσδιορισμού είναι γενικά μικρότερος, από 10 έως 15 λεπτά, ανάλογα και με τον αριθμό των συνδεδεμένων δορυφόρων και του μέτρου GDOP, που σχετίζεται με τη γεωμετρία του δορυφορικού σχηματισμού. Στις μετρήσεις που έγιναν, η ελάχιστη διάρκεια παρατηρήσεων ήταν 14 λεπτά με αριθμό συνδεδεμένων δορυφόρων 12. Ο ελάχιστος αριθμός των συνδεδεμένων δορυφόρων ήταν 6 με διάρκεια παρατήρησης τα 14 με 15 λεπτά.



Εικόνα 4.15 Δίκτυο επίλυσης βάσεων GPS στο *Spectra Precision*

Αφού μετρήθηκαν όλα τα σημεία, πραγματοποιήθηκε φόρτωση των δεδομένων από τους δέκτες των GPS στο χειριστήριο και από το χειριστήριο στον Η/Υ. Κατόπιν επιλύθηκαν οι βάσεις στο λογισμικό *Spectra Precision* της *Trimble*. Ως σύστημα αναφοράς ορίστηκε το

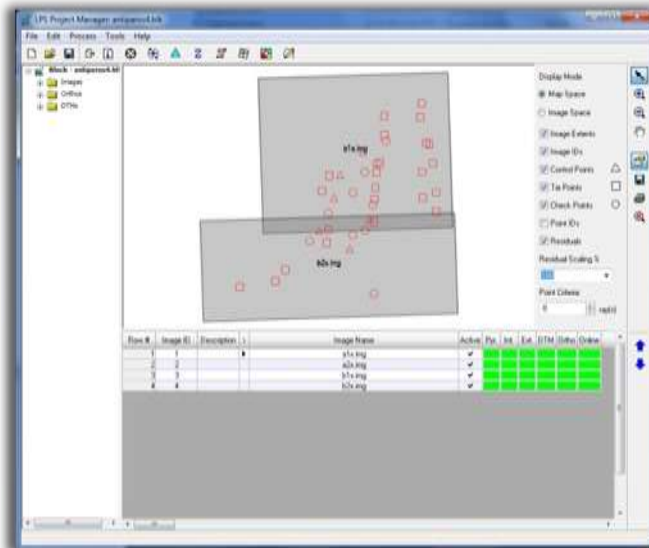
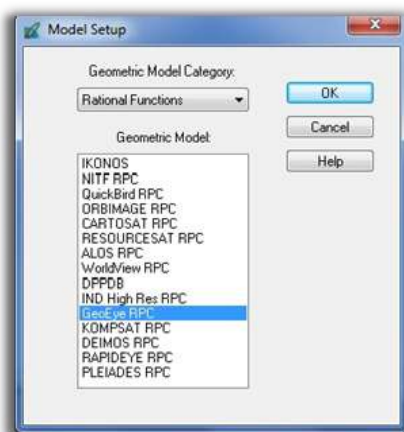
ΕΓΣΑ'87. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συντεταγμένες με τις αντίστοιχες οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες των σημείων. Η μέση οριζοντιογραφική αβεβαιότητα όλου του δικτύου εκτιμάται ως $\pm 0,014$ m, ενώ η μέση υψομετρική αβεβαιότητα των σημείων υπολογίστηκε ως $\pm 0,21$ m, αποδεκτές τιμές για τη συνέχεια των εργασιών.

Πίνακας 4.2 Συντεταγμένες και RMS των μετρημένων φωτοσταθερών όπως επιλύθηκαν στο πρόγραμμα *Spectra Precision*

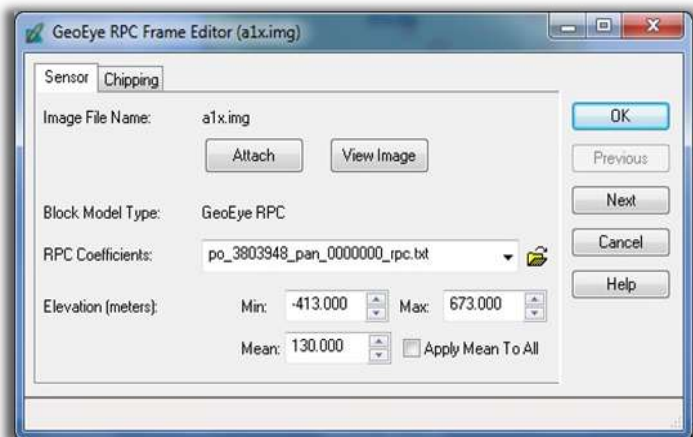
ΣΗΜΕΙΟ	X(m)	Y(m)	Z(m)	σ_H (m)	σ_Z (m)
Φ01	594707,309	4097612,089	68,096	$\pm 0,007$	$\pm 0,012$
Φ02	596208,802	4099802,710	0,750	$\pm 0,009$	$\pm 0,012$
Φ03	595552,278	4098248,316	10,505	$\pm 0,008$	$\pm 0,010$
Φ04	594577,574	4099035,740	121,938	$\pm 0,006$	$\pm 0,010$
Φ05	592543,455	4095844,116	146,560	$\pm 0,010$	$\pm 0,022$
Φ06	593864,792	4096182,345	35,360	$\pm 0,017$	$\pm 0,023$
Φ07	595262,880	4095266,333	14,979	$\pm 0,013$	$\pm 0,027$
Φ08	595056,306	4094319,351	29,403	$\pm 0,014$	$\pm 0,023$
Φ09	594720,950	4093539,705	49,067	$\pm 0,013$	$\pm 0,019$
Φ11	591497,925	4093466,732	53,622	$\pm 0,020$	$\pm 0,027$
Φ12	593651,701	40922109,570	41,084	$\pm 0,015$	$\pm 0,030$
Φ15	595363,351	4089084,548	9,691	$\pm 0,017$	$\pm 0,029$
Φ16	590858,830	4092762,764	5,156	$\pm 0,030$	$\pm 0,026$
Φ23	592152,970	4094741,282	170,696	$\pm 0,020$	$\pm 0,017$
Φ27	593873,190	4093202,235	72,838	$\pm 0,019$	$\pm 0,025$
Φ28	592986,117	4097424,712	1,954	$\pm 0,008$	$\pm 0,015$

4.5 Γεωαναφορά και Προσανατολισμός Εικόνων

Όπως περιγράφηκε στις αρχές αυτού του κεφαλαίου, κρίσιμο στάδιο στη διαδικασία παραγωγής της ορθοφωτογραφίας κατόπιν της συλλογής των πρωτογενών δεδομένων (λήψεις εικόνων και μέτρηση φωτοσταθερών), αποτελεί ο προσανατολισμός των εικόνων. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό LPS (*Leica Photogrammetry Suite*), το οποίο είναι ψηφιακό φωτογραμμετρικό σταθμό και τμήμα της πλατφόρμας *Erdas Imagine*. Συνέβαλε στην περάτωση των περισσότερων απαραίτητων βημάτων της παραγωγής της ορθοφωτογραφίας.

Εικόνα 4.16 Επιφάνεια Διαχείρισης *Project* στο LPS

Εικόνα 4.17 Επιλογή μοντέλου δέκτη

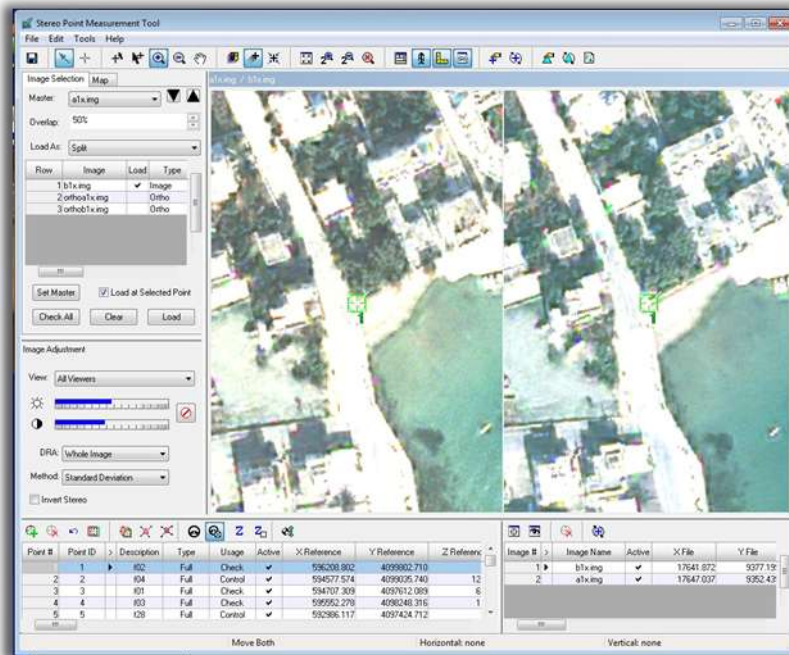


Εικόνα 4.18 Εισαγωγή εικόνων και αρχείων γεωαναφοράς

Πρώτον, δημιουργήθηκε ένα νέο έργο (project) στο περιβάλλον LPS (βλ. Εικόνα 4.16), στο οποίο ορίστηκε ως σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ'87. Ως μοντέλο του δέκτη, επιλέχθηκε από την κατηγορία Rational Functions το μοντέλο Geoeeye RPC (βλ. Εικόνα 4.17). Μέσα στο αρχείο του έργου εισήχθησαν όλες οι εικόνες, όπως είχαν υποστεί επεξεργασία εκ των προτέρων κατά τη διαδικασία του *pan-sharpening*. Μαζί με τα αρχεία των εικόνων, φορτώθηκαν τα συνοδευτικά αρχεία γεωαναφοράς με τους συντελεστές κλασματικών πολυωνύμων (βλ. Εικόνα 4.18). Σημειώνεται ότι τα αρχεία RPC που φορτώθηκαν στον χώρο εργασίας αναφέρονταν στις αρχικές παγχρωματικές εικόνες, αλλά μέσα στο αρχείο του έργου αντιστοιχήθηκαν στις συγχωνευμένες εικόνες, εφόσον η επεξεργασία που προηγήθηκε διατήρησε τα χωρικά και γεωμετρικά στοιχεία της αρχικής παγχρωματικής εικόνας. Αφού συνδέθηκε κάθε δορυφορική σκηνή με τους συντελεστές που της αντιστοιχεί, ολοκληρώθηκε το πρώτο στάδιο του ανεξάρτητου προσανατολισμού κάθε εικόνας.

Επόμενο βήμα αποτέλεσε η αυτόματη εξαγωγή σημείων σύνδεσης με το εργαλείο *Auto tie*. Με αυτήν την εντολή, το LPS εκτελεί μια διαδικασία αυτοματοποιημένης συνταύτισης, ήτοι *image matching*, για την εύρεση ομόλογων σημείων άγνωστων γεωδαιτικών συντεταγμένων στα δύο στερεοζεύγη. Ακολούθησε ο έλεγχος και η χειροκίνητη διόρθωση, στην περίπτωση που κρινόταν απαραίτητη, των 34 σημείων που βρέθηκαν. Θεωρητικά, η χρήση σημείων σύνδεσης συνδέεται άμεσα με τη διαδικασία του Σχετικού Προσανατολισμού για την αποκατάσταση των γεωμετρικών συνθηκών όπως υφίστανται την ώρα της λήψης, όπως εκτελείται με συμβατικές

αναλογικές ή ψηφιακές εικόνες και δεν είναι απαραίτητο βήμα κατά τη γεωαναφορά δορυφορικών εικόνων. Σε αυτήν την περίπτωση όμως, θεωρήθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί. Αυτό οφείλεται στο ότι τα κλασματικά πολυώνυμα και τα φωτοσταθερά που συμμετέχουν στη διαδικασία επιτυγχάνουν τη γεωαναφορά καθεμιάς σκηνής ξεχωριστά. Τα σημεία σύνδεσης όμως ισχυροποιούν τη σύνδεση μεταξύ των σκηνών του στερεοζεύγους καθώς πετυχαίνουν καλύτερη αλληλοτομία των ομόλογων ακτίνων. Καθώς συμμετέχουν στον υπολογισμό των διορθωτικών πολυωνύμων (διαδικασία *refinement*), οι πλεονάζουσες παρατηρήσεις αυξάνουν και την ακρίβεια προσδιορισμού των τελικών τιμών των διορθωτικών παραμέτρων επιτυγχάνοντας τη βέλτιστη γεωαναφορά των εικόνων.



Εικόνα 4.19 Σκόπευση Φωτοσταθερών στο LPS

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της αυτοματοποιημένης εξαγωγής σημείων σύνδεσης, σκοπεύτηκαν χειροκίνητα τα 16 φωτοσταθερά που μετρήθηκαν με GPS και εισήχθησαν οι συντεταγμένες X,Y,Z του καθενός στο πρόγραμμα (βλ. Εικόνα 4.19). Λαμβάνοντας υπόψη τον ελάχιστο αριθμό φωτοσταθερών για την εκτέλεση του προσανατολισμού (από 1 έως 3 τουλάχιστον), ορίστηκαν κάποια σημεία ως φωτοσταθερά και τα υπόλοιπα ως σημεία ελέγχου. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με διαφορετικούς συνδυασμούς κατονομής φωτοσταθερών και σημείων ελέγχου. Για κάθε δοκιμή αξιολογήθηκαν τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα του κάθε σημείου αλλά και το τυπικό σφάλμα της συνόρθωσης σ_0 , καθώς επίσης τα εναπομένοντα σφάλματα κατά x και y στα σημεία ελέγχου. Εν τέλει έγινε αποδεκτή η επίλυση με 6 φωτοσταθερά και 10 σημεία ελέγχου, με πραγματοποίηση ελαχιστοτετραγωνικής συνόρθωσης στη συνέχεια.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επίλυσης του Τριγωνισμού, το τυπικό σφάλμα της συνόρθωσης σ_0 είναι περίπου 0,16 m, αρκετά ικανοποιητική τιμή για την τελική απαιτούμενη χωρική ακρίβεια της ορθοφωτογραφίας, η οποία έχει οριστεί ως 0,50 m. Επίσης, το μέσο εναπομένον σφάλμα κατά y στα σημεία ελέγχου, το οποίο αντιστοιχεί στην παράλλαξη κατά y, αγγίζει περίπου τα 0,11 m, τιμή μικρότερη από το ένα τρίτο του εικονοστοιχείου και επομένως αποδεκτή για τα επόμενα στάδια, με σημαντικότερο απ' όλα τη στερεοσκοπική αντίληψη για την παραγωγή και διόρθωση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Παρακάτω παρουσιάζονται τα πιο χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη της τελικής επίλυσης.

Πίνακας 4.3 Εναπομένοντα Σφάλματα Σημείων Ελέγχου (m)

ΣΗΜΕΙΟ	rX	rY	rZ
Φ01	-0.042	-0.341	-0.284
Φ02	-0.375	0.299	0.013
Φ03	0.138	-0.370	0.023
Φ06	0.185	0.584	-*
Φ07	0.543	-0.221	0.736
Φ09	0.274	-0.102	0.503
Φ15	0.165	1.065	0.592
Φ16	0.124	-0.394	0.540
Φ23	-0.072	-0.093	-0.077
Φ27	0.006	0.666	-0.672
	mean rX	mean rY	mean rZ
	0.094	0.109	0.153
	rmseX	rmseY	rmseZ
	0.2475	0.4983	0.4684
TOTAL RMSE	σ_0	0.3184 pixel	0.1592 m

* δεν ελήφθη υπόψη

Πίνακας 4.4 Διορθωτικές Παράμετροι Γεωαναφοράς

ΤΙΜΕΣ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ (REFINEMENT VALUES)		a(0)	b(0)
Μοντέλο 1	Εικόνα 1	-1.4531	-12.44
	Εικόνα 3	-5.8463	0.93934
Μοντέλο 2	Εικόνα 2	-1.0823	-13.035
	Εικόνα 4	-5.5812	0.16004

Σημειώνεται η επιλογή της εφαρμογής πολυωνύμου μηδενικού βαθμού στη διόρθωση της γεωαναφοράς. Κατά το στάδιο των δοκιμών, εφαρμόστηκαν πολυώνυμα μηδενικού αλλά και πρώτου βαθμού σε συνδυασμό με τις διαφορετικές κατανομές φωτοσταθερών. Διαπιστώθηκε ότι και στις τρεις δοκιμές, το πολυώνυμο πρώτου βαθμού οδηγούσε σε μεγαλύτερα μέσα τετραγωνικά σφάλματα στα σημεία ελέγχου από το πολυώνυμο μηδενικού βαθμού, παρόλο που το συνολικό τυπικό σφάλμα της συνόρθωσης μειωνόταν σε όλες τις περιπτώσεις με το πολυώνυμο πρώτου βαθμού, ανεξάρτητα του αριθμού φωτοσταθερών. Επομένως θεωρήθηκε ορθότερη η εφαρμογή του πολυωνύμου μηδενικού βαθμού που απέδωσε τυπικό σφάλμα συνόρθωσης 0,16 m και μέσα τετραγωνικά σφάλματα τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3, και θεωρούνται αποδεκτά για τη συνέχεια της διαδικασίας.

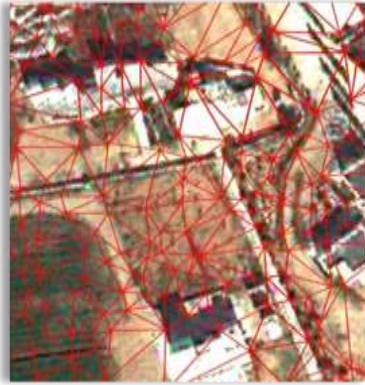
4.6 Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Η παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το περιβάλλον λογισμικού *Erdas Imagine LPS*. Επιλέχθηκε ως μέθοδος αναπαράστασης η μορφή ακανόνιστων τριγώνων *Terramodel TIN*. Εκτός από τους λόγους που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, αυτή η μορφή επιτρέπει την επεξεργασία και διόρθωση των αυτόματα παραγόμενων σημείων καθιστώντας ουσιαστικά τη διαδικασία ημιαυτόματη. Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια φωτοσταθερά που συμμετείχαν και στο στάδιο της γεωαναφοράς για την απόδοση κλίμακας και πραγματικών υψομέτρων στο μοντέλο. Ως πυκνότητα των σημείων ορίστηκε η τιμή των 10 m, η οποία αντιστοιχεί στην τιμή που προκύπτει από τον εμπειρικό κανόνα, 0,2-2,0 cm επί την κλίμακα της τελικής ορθοφωτογραφίας που ορίστηκε ως 1:5000. Ως a priori ακρίβεια του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους ορίστηκε η τιμή 0,50 m, όσο και το μέγεθος της εικονοψηφίδας της τελικής ορθοφωτογραφίας και του μέσου τετραγωνικού σφάλματος κατά Z.



Εικόνα 4.20 Ορισμός παραμέτρων ΨΜΕ στο LPS

Προτού εξαχθούν τα σημεία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, προηγήθηκε η στερεοσκοπική παρατήρηση στα δύο μοντέλα για την επιβεβαίωση της έλλειψης αξιοσημείωτης παράλλαξης κατά γ. Βάρος δόθηκε στην παρατήρηση των περιοχών πλησίον της ακτογραμμής και των ορεινών περιοχών όπου υπάρχουν έντονες κλίσεις. Αφού ολοκληρώθηκε αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε η εκτέλεση της αυτόματης εξαγωγής σημείων για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους εισάγοντας τις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν. Επιπλέον δόθηκε στο πρόγραμμα η εντολή δημιουργίας ισουψών καμπυλών με σκοπό την οπτική αξιολόγηση του ΨΜΕ καθώς και τη σύγκριση με αυτές του Κτηματολογίου Α.Ε..



Εικόνα 4.21 Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων

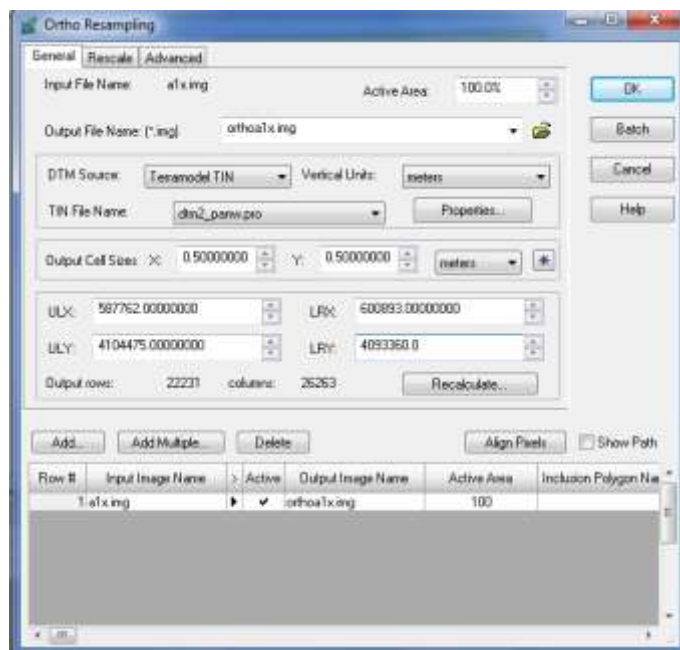


Εικόνα 4.22 Ισοϋψείς καμπύλες

4.7 Παραγωγή Ορθοφωτογραφίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο γίνεται αναφορά στις ενέργειες που συμμετείχαν στο τελικό βήμα της παραγωγής της ορθοφωτογραφίας και περιλαμβάνουν τον καθορισμό των ορίων της τελικής εικόνας, την επιλογή της διάστασης της εικονοψηφίδας, τη μέθοδο επανασύστασης, και φυσικά την επιλογή της αρχικής εικόνας η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή της ορθοφωτογραφίας.

Η επιλογή των ορίων της ορθοφωτογραφίας γίνεται αυτόματα από το πρόγραμμα καθώς χρησιμοποιεί ως βάση τα όρια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Το μέγεθος της εικονοψηφίδας έχει προκαθοριστεί ως 0,50 m και ως αρχικές εικόνες χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο του κάθε μοντέλου για την επιλογή της βέλτιστης ορθοφωτογραφίας. Επιλέχτηκε ως τεχνική επανασύστασης η διγραμμική παρεμβολή.



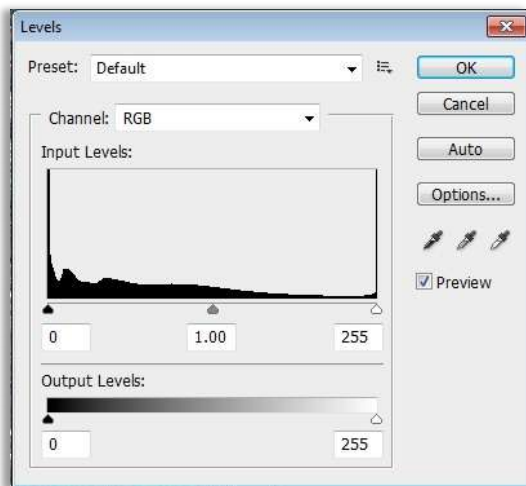
Εικόνα 4.23 Ρύθμιση Παραμέτρων Ορθοαναγωγής στο LPS

4.8 Σύνθεση του Ορθοφωτομωσαϊκού

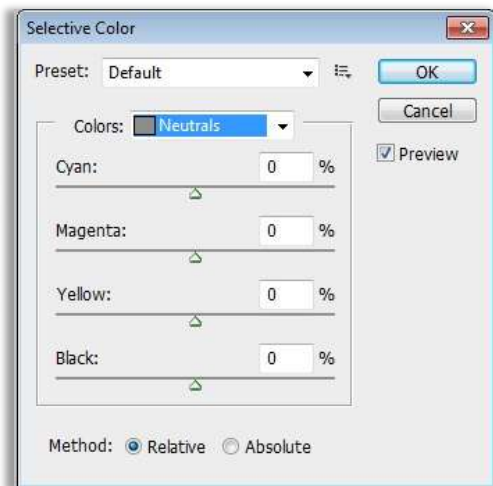
Επόμενο και τελευταίο βήμα στην παραγωγή του τελικού προϊόντος ήταν η σύνθεση του ορθοφωτομωσαϊκού, το οποίο στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής, αποτελείται από δύο

ορθοανηγμένες εικόνες. Η πρώτη ορθοφωτογραφία απεικονίζει τη βόρεια Αντίπαρο και τμήμα της δυτικής Πάρου. Η δεύτερη απεικονίζει τη νότια Αντίπαρο καθώς επίσης τα γειτονικά νησιά, Δεσποτικό και Στρογγυλό.

Προτού δημιουργηθεί το ορθοφωτομωσαϊκό υπερτερούσε η ανάγκη ραδιομετρικής επεξεργασίας των ορθοφωτογραφιών. Προς αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό *Adobe Photoshop CS5*, όπου πρώτο μέλημα ήταν η εξισορρόπηση των ιστογραμμάτων των καναλιών κόκκινο, πράσινο και μπλε. Στη συνέχεια μέσω ρυθμίσεων των επιπέδων των άλλων συνιστωσών του αφαιρετικού μοντέλου CMY, επιχειρήθηκε η μεταβολή των αποχρώσεων της νότιας εικόνας ώστε να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο τις αποχρώσεις και τους τόνους της βόρειας εικόνας. Επιλέχτηκε ως εικόνα αναφοράς η βόρεια εικόνα λόγω του ότι πλησιάζει περισσότερο και σε ικανοποιητικό βαθμό τα χρώματα που εκλαμβάνει η ανθρώπινη όραση ως «ρεαλιστικά», με δεδομένα το περιβάλλον και τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης περιοχής. Αφού εξασφαλίστηκε η ομοιογένεια των αποχρώσεων στις δύο ορθοφωτογραφίες, απομονώθηκαν ορισμένες περιοχές με απότομες κλίσεις όπου παρατηρούταν έντονη σκίαση που απέκρυπτε πληροφορία. Μέσω κατάλληλου εργαλείου του Photoshop ορίστηκαν χειροκίνητα οι περιοχές με περίγραμμα και ρυθμίστηκε η φωτεινότητά τους ώστε να είναι πιο ευδιάκριτες οι λεπτομέρειες της περιοχής.



Εικόνα 4.24 Εξισορρόπηση ιστογραμμάτων εικόνας



Εικόνα 4.25 Ρύμιση επιπέδων συνιστωσών

Κατόπιν της ραδιομετρικής επεξεργασίας, οι δύο ορθοφωτογραφίες φορτώθηκαν στο περιβάλλον AutoCAD Map με σκοπό την ένωσή τους. Το όριο συρραφής των δύο εικόνων ορίστηκε με τρόπο ώστε να αποφεύγεται η διακοπή τεχνητού στοιχείου. Δεν παρουσιάστηκε δυσκολία σε αυτό το σημείο επειδή αφενός, η επικαλυπτόμενη περιοχή στις δύο εικόνες είναι πανομοιότυπη και αφετέρου η περιοχή αυτή αποτελείται κυρίως από θαμνώδη βλάστηση χωρίς κάποιο τεχνητό στοιχείο χαρακτηριστικού σχήματος. Το τελικό βήμα ολοκλήρωσης του ορθοφωτομωσαϊκού ήταν η ένωση των αρχείων των δυο εικόνων ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο αρχείο εικόνας. Αυτό πραγματοποιήθηκε μέσω κατάλληλου εργαλείου του AutoCAD και το τελικό ορθοφωτομωσαϊκό εξάχθηκε σε μορφή tiff.

4.9 Εξαγωγή του Τρισδιάστατου Μοντέλου της Περιοχής

Με τη συμβολή του περιβάλλοντος λογισμικού ESRI Arc Scene, ήταν δυνατή η εξαγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής, με απλή εισαγωγή του ορθοφωτομωσαϊκού και του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Το αποτέλεσμα απεικονίζεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 4.26 Τρισδιάστατη Απεικόνιση Περιοχής Μελέτης



Εικόνα 4.27 Τμήμα Τρισδιάστατης Απεικόνισης Περιοχής Μελέτης

4.10 Προβλήματα

Τα απρόβλεπτα γεγονότα ή και ανθρώπινα λάθη κατά την εκτέλεση μιας οποιασδήποτε εργασίας αποτελούν αναμενόμενο φαινόμενο. Είναι πολύ σημαντικό επομένως να επιδιώκεται η αμεσότερη και ευκολότερη διαχείριση αυτών των προβλημάτων, που πιθανώς να επηρεάσουν αρνητικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής. Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει μια αναφορά στα διάφορα προβλήματα που υπεισήλθαν στα στάδια της πρακτικής εφαρμογής της παρούσας διπλωματικής, καθώς επίσης στις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυσή τους.

4.10.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

Μετά την παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους στο LPS, διεξάχθηκε έλεγχος στα δύο μοντέλα για την εύρεση τυχόν λαθών. Αρχικά παρατηρήθηκε ότι στην ορεινή περιοχή του Προφήτη Ηλία η αυτόματη διαδικασία δεν απέδωσε σωστά σημεία υψομέτρου. Διαγράφηκε η

υψομετρική πληροφορία από μεγάλη περιοχή και συμπληρώθηκε χειροκίνητα με καινούργια σημεία μέσω στερεοσκοπικής παρατήρησης. Επόμενο πρόβλημα εντοπίστηκε στην ακτογραμμή και τη θάλασσα. Το πρόγραμμα, κατά το στάδιο της συνταύτισης για τη δημιουργία του TIN, απέδωσε σημεία και στη θαλάσσια περιοχή. Επειδή αυτή η περιοχή δεν παρουσιάζει διαφοροποίηση τόνων, η συνταύτιση απέτυχε και απέδωσε λάθος υψόμετρα στην περιοχή της θάλασσας και την ακτογραμμή. Για την επίλυση αυτού του θέματος, διαγράφηκαν όλα τα σημεία στη θάλασσα και συμπληρώθηκαν χειροκίνητα καινούργια σημεία με βήμα περίπου 500 μέτρων. Η ακτογραμμή αποδόθηκε με γραμμές αλλαγής κλίσης (break lines), όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 4.28.

4.10.2 Τελική Ορθοφωτογραφία

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.7, παράχθηκαν ορθοφωτογραφίες από κάθε εικόνα για την αξιοποίηση της βέλτιστης στη σύνθεση του ορθοφωτομωσαϊκού. Παρατηρήθηκαν κάποιες «τραβηγμένες» περιοχές στο νότιο άκρο του νησιού σε πλαγίες απότομης κλίσης, που απεικονίζονταν στη νοτιοδυτική εικόνα. Έγινε απόπειρα να διορθωθεί το ψηφιακό μοντέλο εδάφους σ'αυτήν την περιοχή, άλλα λόγω της απότομης κλίσης, κάποια σημεία δεν ήταν ορατά με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αποδοθούν. Τελικά, χρησιμοποιήθηκε η δεξιά εικόνα του νότιου μοντέλου μαζί με την αντίστοιχη δεξιά του βόρειου μοντέλου, οι οποίες δεν παρουσίασαν κάποια παραμόρφωση.



Εικόνα 4.28 Γραμμές Αλλαγής Κλίσης (break lines)



Εικόνα 4.29 Τραβηγμένες περιοχές λόγω εσφαλμένου ΨΜΕ στην αριστερή εικόνα του νότιου τμήματος

5

ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Με στόχο να θεωρηθούν συγκρίσιμα τα παραγόμενα αυτής της διπλωματικής με τα αντίστοιχα δεδομένα της Κτηματολόγιο Α.Ε. και να είναι απολύτως έγκυρη η αξιοποίησή τους στην οικονομοτεχνική αξιολόγηση που θα ακολουθήσει, αποτελεί μείζονος σημασίας βήμα ο έλεγχος της οριζοντιογραφικής και υψομετρικής ακρίβειας των αποτελεσμάτων της εφαρμογής. Αυτοί οι έλεγχοι θα πραγματοποιηθούν βάσει των προδιαγραφών που θέτει η εταιρεία Κτηματολόγιο Α.Ε., στους διαγωνισμούς που διακηρύσσει για την ανάθεση έργων παραγωγής υποβάθρων με σκοπό τη σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου. Με γνώμονα τις προδιαγραφές ακρίβειας που ορίζει η εταιρεία, θα εφαρμοστούν επίσης οι τεχνικές ελέγχου που προβλέπονται για τις ορθοφωτογραφίες και τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους από την εταιρεία. Εκτός από αυτές, θα αξιοποιηθούν και μέθοδοι που είναι διαθέσιμες στο περιβάλλον λογισμικού ESRI ArcGIS, και οι οποίες θα εμφανίσουν με διαφορετικό τρόπο το μετρητικό αποτέλεσμα της πρακτικής εφαρμογής.

Στην περίπτωση των ελέγχων που προβλέπονται από την Κτηματολόγιο Α.Ε., σημειώνεται ότι πρόκειται για τον έλεγχο της ορθοφωτογραφίας και του ψηφιακού μοντέλου εδάφους με τη χρήση ανεξάρτητων σημείων γνωστών γεωδαιτικών συντεταγμένων, δηλαδή σημείων ελέγχου που δεν συμμετείχαν στην παραγωγή της ορθοφωτογραφίας. Οι άλλες τεχνικές που θα εφαρμοστούν αφορούν στη σύγκριση των αντίστοιχων προϊόντων μεταξύ τους. Ενώ στην πρώτη περίπτωση εξετάζεται η απόλυτη ακρίβεια των παραγομένων, μέσω των ανεξάρτητων σημείων που παρεμβάλλονται, στη δεύτερη περίπτωση διαμορφώνεται μια συγκριτική εικόνα για την προσέγγιση του αποτελέσματος αυτής της εφαρμογής στα αποτελέσματα που ήδη αξιολογήθηκαν και θεωρούνται αποδεκτά από την Κτηματολόγιο Α.Ε..

5.2 Δεδομένα Ελέγχου

Τα βασικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται κατά τον έλεγχο των προϊόντων είναι τα ανεξάρτητα σημεία γνωστών συντεταγμένων. Τα σημεία αυτά μετρήθηκαν στο πεδίο με μέση οριζοντιογραφική αβεβαιότητα 0,016 m και μέση υψομετρική αβεβαιότητα 0,020 m, και είναι δέκα σε πλήθος. Τα σημεία και η κατανομή τους παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 5.1 Συντεταγμένες και RMS Σημείων Ελέγχου

Σημείο	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\sigma_H(m)$	$\sigma_Z(m)$
Φ01	594707,309	4097612,089	68,096	±0,007	±0,012
Φ02	596208,802	4099802,710	0,750	±0,009	±0,012
Φ03	595552,278	4098248,316	10,505	±0,008	±0,010
Φ06	593864,792	4096182,345	35,360	±0,017	±0,023
Φ07	595262,880	4095266,333	14,979	±0,013	±0,027
Φ09	594720,950	4093539,705	49,067	±0,013	±0,019
Φ15	595363,351	4089084,548	9,691	±0,017	±0,029
Φ16	590858,830	4092762,764	5,156	±0,030	±0,026
Φ23	592152,970	4094741,282	170,696	±0,020	±0,017
Φ27	593873,190	4093202,235	72,838	±0,025	±0,025



Εικόνα 5.1 Κατονομή Σημείων Ελέγχου στην περιοχή μελέτης

5.3 Τεχνικές Προδιαγραφές Χαρτογραφικών Υποβάθρων

Σκοπός αυτού του υποκεφαλαίου είναι η παράθεση των προδιαγραφών που θέτει η Κτηματολόγιο Α.Ε. για τις ορθοφωτογραφίες και τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους προς τους υποψηφίους αναδόχους των διαγωνισμών για τα έργα παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου. Σημειώνεται ότι η Κτηματολόγιο Α.Ε. διαχωρίζει τον Ελλαδικό χώρο σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά στα μεγαλύτερα αστικά κέντρα όπου ζητούμενο αποτέλεσμα είναι έγχρωμοι ψηφιακοί ορθοφωτοχάρτες με μέγεθος εδαφοψηφίδας 20 cm (VLSSO - Very Large Scale Orthophotos). Η δεύτερη κατηγορία αφορά στις αγροτικές περιοχές, και το υπόλοιπο της Επικράτειας, με ζητούμενο προϊόν έγχρωμους ψηφιακούς ορθοφωτοχάρτες με μέγεθος εδαφοψηφίδας 50 cm (LSO - Large Scale Orthophotos). Τα μεγέθη και τα κριτήρια που ακολουθούν αναφέρονται στη δεύτερη κατηγορία, αφενός λόγω της ευρύτερης εμβέλειας της κατηγορίας και αφετέρου λόγω της περιοχής μελέτης, η οποία ανήκει στις περιοχές LSO.

Παρακάτω παρουσιάζονται με λεπτομέρεια οι προδιαγραφές των παραδοτέων προϊόντων. Σημειώνεται ότι κατά τον έλεγχο των παραγομένων της παρούσας διπλωματικής, έμφαση δίνεται στην οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια, καθώς αυτή συμμετέχει με πιο καθοριστικό τρόπο στη δυνατότητα της ορθοφωτογραφίας να εκπληρώσει τον σκοπό του Εθνικού Κτηματολογίου ως χαρτογραφικό υπόβαθρο .

5.3.1 Προδιαγραφές Ορθοφωτογραφιών (LSO)

5.3.1.1 Προδιαγραφές που ελήφθησαν υπόψη

- Ως μέγεθος εικονοστοιχείου στο έδαφος έχει οριστεί 0,50 m.
- Τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα, όπως προκύπτουν από τη σύγκριση σημείων γνωστών συντεταγμένων στο έδαφος με τις συντεταγμένες των ίδιων σημείων στην ορθοφωτογραφία προβλέπονται ως εξής:
 - $RMSE_{xy} \leq 1,41$ m

- $RMSE_x \leq 1,00$ m
- $RMSE_y \leq 1,00$ m
- Η απόλυτη ακρίβεια για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ορίζεται ως $\leq 2,44$ m.
- Το μέγεθος εικονοστοιχείου στο έδαφος πρωτογενών προϊόντων φωτοληψιών τα οποία έχουν προκύψει είτε από σάρωση αναλογικών προϊόντων είτε απ'ευθείας από ψηφιακούς δέκτες ορίζεται ως 0,50 m.
- Οι ατέλειες στην εικόνα (Κηλίδες, Στίγματα, Εκδορές, Αμυχές) δεν πρέπει να ξερπερνούν τα παρακάτω όρια:
 - 1 pixel πλάτος × 100 pixel μήκος
 - 2 pixel πλάτος × 60 pixel μήκος
 - 3 pixel πλάτος × 20 pixel μήκος
 - 4-12 pixel πλάτος × 12 pixel μήκος
- Επίσης είναι δυνατόν να απορριφθούν οι ορθοφωτογραφίες οι οποίες φέρουν ατέλειες οι οποίες μεμονωμένα η κάθε μια είναι εντός των παραπάνω ορίων αλλά περισσότερες από 12 είναι ορατές στην οθόνη σε ανάλυση 1280×1024 και σε κλίμακα θέασης 1:1. Εξαιρούνται οι διαβαθμισμένες περιοχές από αυτούς τους περιορισμούς.
- Όσον αφορά στη γενική εμφάνιση της εικόνας, οι ορθοφωτογραφίες δεν θα πρέπει να εμφανίζουν σύννεφα, σκιές νεφών, ομίχλη, χιόνι, καπνό, σκόνη, πλημμύρες, σε βαθμό τέτοιο ο οποίος επηρεάζει την ευκρίνεια των ζητούμενων επίγειων λεπτομερειών. Το μέγιστο ποσοστό κάλυψης των παραπάνω παραγόντων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% ανά πινακίδα και το 0,5% στο σύνολο της περιοχής ενδιαφέροντος.
- Οι φωτοληψίες πρέπει να διεξαχθούν όταν το ύψος του ηλίου είναι μεγαλύτερο ή ίσο από 30° , προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο εμφάνισης σκιών λόγω αναγλύφου.
- Για τις περιπτώσεις εικόνων όπου δύο ή περισσότερες ορθοφωτογραφίες ενώνονται με σκοπό τη σύνθεση φωτομωσαϊκών θα πρέπει όλες οι επιμέρους εικόνες να προσαρμόζουν τα ραδιομετρικά χαρακτηριστικά τους έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι κατά το μέγιστο δυνατό ομοιόμορφο. Ειδικότερα, ο μέσος όρος των pixel εκατέρωθεν των γραμμών συρραφής πρέπει κατά κανόνα να μην υπερβαίνει το 70 όταν οι μετρήσεις αφορούν ομοιογενείς και με παρεμφερή χαρακτηριστικά επιφάνειες του εδάφους. Από τον περιορισμό αυτό εξαιρούνται οι υδάτινες επιφάνειες. Είναι δυνατόν να γίνουν αποδεκτές αποκλίσεις μεγαλύτερες από 70 εάν οποιαδήποτε ραδιομετρική διόρθωση σε κάποιο από τα τμήματα που συνενώνονται οδηγεί σε αλλοίωση του περιεχομένου της εικόνας.
- Δεν θα πρέπει να υπάρχουν εμφανή προβλήματα λόγω της διαδικασίας ορθοαναγωγής, όπως το φαινόμενο των «τραβηγμένων» ή «πολλαπλών» ειδώλων ή αυτών που το σχήμα τους εμφανίζεται αλλοιωμένο σε «κυματοειδή» μορφή. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε γραμμικά χαρακτηριστικά, όπως δρόμοι, πεζοδρόμια, διαγραμμίσεις οδών, των οποίων το 95% των περιπτώσεων ανά ορθοφωτογραφία η απόκλιση από την αληθή διεύθυνσή τους δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5 pixel για κάθε 100 pixel μήκος.
- Στη συνένωση μεταξύ γειτονικών φύλλων, δεν πρέπει να υπάρχουν επικαλύψεις και κενά. Τα όριά τους πρέπει να είναι σύμφωνα με αυτά της διανομής του έργου.
- Οι γραμμές συρραφής θα πρέπει να επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να περιορίζουν ενδεχόμενα προβλήματα τονικών και χρωματικών αποκλίσεων κατά τη σύνθεση φωτομωσαϊκών. Δεν επιτρέπεται οι γραμμές συρραφής να τέμνουν κτήρια, δρόμους και σιδηροδρομικές γραμμές εκτός εάν αυτό είναι σε ορισμένες περιπτώσεις αναπόφευκτο.
- Η απόκλιση στις ασυνέχειες χαρακτηριστικών κατά μήκος γραμμών συρραφής δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 3 pixel σε ευκρινώς προσδιοριζόμενα επίγεια χαρακτηριστικά.

5.3.1.2 Προδιαγραφές που δεν ελήφθησαν υπόψη

- Οι διαστάσεις της κάθε πινακίδας που παραδίδεται ορίζονται στα 4000m*3000m.
- Η διανομή των πινακίδων πραγματοποιείται στο ITRF κλίμακας 1:5000.
- Η ραδιομετρική ανάλυση ορίζεται ως 24-bit true color, 256 επίπεδα τιμών για κάθε κανάλι. Το φόντο των εικόνων ορίζεται για όλες τις πινακίδες στο μαύρο, συνεπώς όλες οι περιοχές χωρίς φασματική πληροφορία λαμβάνουν την τιμή 0 (no data value).

5.3.2 Προδιαγραφές Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους

5.3.2.1 Προδιαγραφές που ελήφθησαν υπόψη

- Ως διάσταση καννάβου ορίστηκαν τα 5 m.
- Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, όπως προκύπτει από τη σύγκριση σημείων γνωστών υψομέτρων στο έδαφος με τα υψόμετρα των ίδιων σημείων στο ΨΜΕ προβλέπεται ως $RMSE_z \leq 2,00$ m.
- Η υψομετρική ακρίβεια για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ορίζεται ως $\leq 3,92$ m.
- Ο τύπος των αρχείων ορίζεται ως ESRI Single Precision Floating Point Grid
- Τα υψόμετρα του ΨΜΕ είναι ορθομετρικά.
- Δεν επιτρέπονται κενά ή ασυνέχειες στο ψηφιακό μοντέλο επιφανείας τα οποία επηρεάζουν την ακρίβεια της ορθοαναγωγής παρά μόνο για τις περιοχές εκείνες οι οποίες είναι διαβαθμισμένες. Για τις περιοχές αυτές τα pixels δεν θα λαμβάνουν τιμές (no data values).

5.3.2.2 Προδιαγραφές που δεν ελήφθησαν υπόψη

- Οι διαστάσεις της κάθε πινακίδας που παραδίδεται ορίζονται ως 4600m*3600m.
- Κάθε αρχείο αφορά την επιφάνεια κάλυψης της συγκεκριμένης πινακίδας ορθοφωτογραφίας η οποία εκτείνεται περιμετρικά για λόγους επικάλυψης με τις γειτονικές πινακίδες κατά 300 m.
- Τα υψομετρικά σημεία είναι διατεταγμένα σε μορφή κανονικού κανάβου του οποίου οι κορυφές φέρουν ακέραιες συντεταγμένες.

5.4 Έλεγχος Ορθοφωτογραφιών

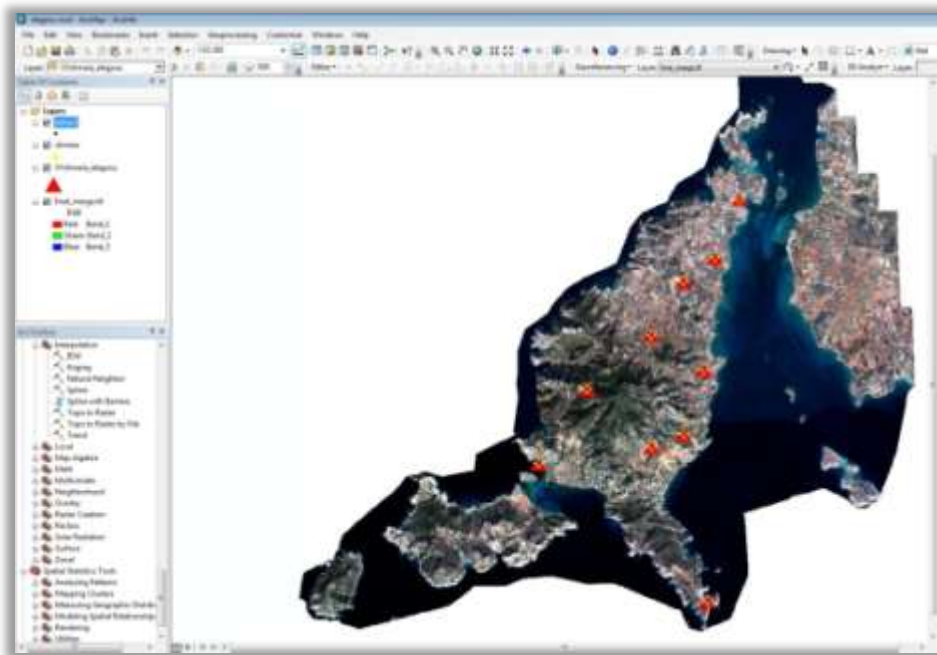
5.4.1 Ισχύουσα Τεχνική Βάσει των Προδιαγραφών

Ο έλεγχος των ορθοφωτογραφιών, για τα οποία είχε πραγματοποιηθεί συνένωση, ώστε να συνθέτουν ένα ορθοφωτομωσαϊκό, πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον *ArcMap* του λογισμικού *ESRI ArcGIS*. Φορτώθηκε το ορθοφωτομωσαϊκό στο πρόγραμμα και έπειτα εισήχθησαν τα ανεξάρτητα σημεία ελέγχου βάσει των οριζοντιογραφικών τους συντεταγμένων. Στη συνέχεια, με βάση τα σκαριφήματα που είχαν δημιουργηθεί από φωτογραφίες κατά τη φάση του προγραμματισμού των εργασιών πεδίου, εντοπίστηκαν εκ νέου τα σημεία που μετρήθηκαν και σκοπεύτηκαν πάλι με χειροκίνητο τρόπο. Σημειώθηκαν οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σημείων που εντοπίστηκαν και επισημάνθηκαν στο περιβάλλον *Arc Map*. Έπειτα υπολογίστηκαν οι διαφορές από τις πραγματικές συντεταγμένες των σημείων και εξάχθηκαν τα στατιστικά τους μεγέθη σε φύλλο *Microsoft Excel*.

Πίνακας 5.2 Στατιστικά μεγέθη οριζοντιογραφικού ελέγχου ορθοφωτομωσαϊκού από δορυφορικές εικόνες

Μέση Τιμή ΔX (m)	0.81	$\Sigma (\Delta X^2 + \Delta Y^2)$	19.95
rmseX (m)	±0.31	$\Sigma (\Delta X^2 + \Delta Y^2)/n$	2.00
Μέση Τιμή ΔY(m)	0.87	rmse XY (m)	±1.41
rmseY (m)	±0.93	Ακρίβεια (m)	±2.44

Όπως διαπιστώνεται και από τα στοιχεία του Πίνακα 5.2, η οριζοντιογραφική ακρίβεια του ορθοφωτομωσαϊκού παραγόμενου από δορυφορικές εικόνες ικανοποιεί τις προδιαγραφές ακρίβειας που θέτει η Κτηματολόγιο Α.Ε.. Σημειώνεται ότι τις ικανοποιεί σε οριακό βαθμό αλλά αυτό ενδέχεται να οφείλεται στον παράγοντα της περιορισμένης εμπειρίας και στις σκοπεύσεις των σημείων ελέγχου.

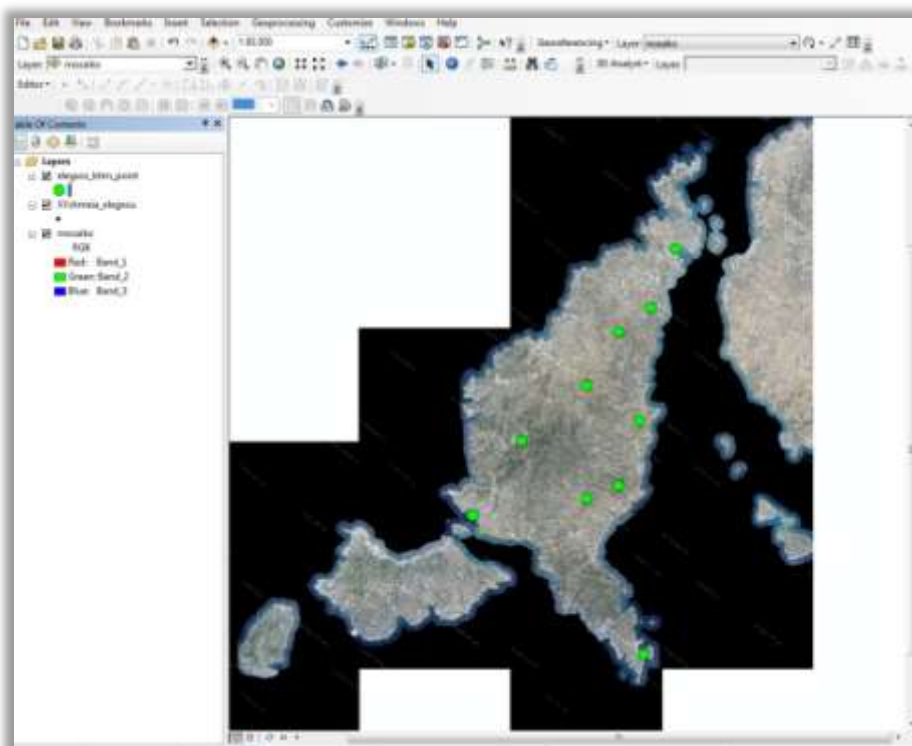


Εικόνα 5.2 Οριζοντιογραφικός έλεγχος ορθοφωτομωσαϊκού δορυφορικών εικόνων σε περιβάλλον ArcMap

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αντίστοιχος έλεγχος για την ορθοφωτογραφία της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Στο περιβάλλον λογισμικού ArcMap συνενώθηκαν τα ψηφιδωτά αρχεία των πινακίδων της ορθοφωτογραφίας έτσι ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο ψηφιδωτό αρχείο. Κατόπιν, εισήχθη το αρχείο των σημείων ελέγχων που χρησιμοποιήθηκε κατά τον έλεγχο της ορθοφωτογραφίας, παραγόμενης από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1. Σκοπεύτηκαν εκ νέου τα σημεία με οπτική παρατήρηση στο λογισμικό και σημειώθηκαν οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87 αυτών των σημείων. Τα στατιστικά στοιχεία αυτού του ελέγχου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Στατιστικά μεγέθη οριζοντιογραφικού ελέγχου ορθοφωτομωσαϊκού της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Μέση Τιμή ΔX (m)	-0.09	$\Sigma (\Delta X^2 + \Delta Y^2)$	6.91
rmseX (m)	±0.30	$\Sigma (\Delta X^2 + \Delta Y^2)/n$	0.69
Μέση Τιμή ΔY(m)	0.21	rmse XY (m)	±0.83
rmseY (m)	±0.46	Ακρίβεια (m)	±1.44



Εικόνα 5.3 Οριζοντιογραφικός έλεγχος ορθοφωτομωσαϊκού της Κτηματολόγιο Α.Ε. σε περιβάλλον ArcMap

5.4.2 Με Αφαίρεση

Αφού διαπιστώθηκε, με τη μέθοδο της παρεμβολής σημείων γνωστών συντεταγμένων, ότι η οριζοντιογραφική ακρίβεια του παραγόμενου ορθοφωτομωσαϊκού ικανοποιεί τις απαιτήσεις ακριβείας της Κτηματολόγιο Α.Ε., θεωρήθηκε σκόπιμο να εφαρμοστεί εναλλακτική τεχνική ελέγχου, με σκοπό την υποστήριξη της συμβατότητας των δύο τεχνικών παραγωγής ορθοφωτογραφίας. Ο έλεγχος που χρησιμοποιήθηκε, πάλι μέσω του περιβάλλοντος λογισμικού *ArcMap*, αφορά στην αφαίρεση του ψηφιδωτού αρχείου της ορθοφωτογραφίας παραγόμενης από τις δορυφορικές εικόνες *Geoeye-1*, από το αντίστοιχο αρχείο της Κτηματολόγιο Α.Ε..

Συγκεκριμένα, η αφαίρεση πραγματοποιείται μεταξύ των τιμών του γκρι των εικονοστοιχείων των δύο εικόνων. Η προκύπτουσα εικόνα αποτελείται από εικονοστοιχεία που παίρνουν αυτές τις διαφορές ως τιμές. Λόγω της μη ακριβούς σύμπτωσης των εικονοστοιχείων των δύο εικόνων, πραγματοποιείται παρεμβολή έτσι ώστε οι τιμές που αφαιρούνται να αναφέρονται στην ίδια θέση. Από τις τιμές που προκύπτουν στην εικόνα εξόδου, οι ακραίες τιμές οι οποίες απεικονίζονται με σκούρα έως μαύρη απόχρωση και με πολύ ανοιχτή έως λευκή απόχρωση αντιπροσωπεύουν κάποια μεταβολή στις συνθήκες της εικόνας, η οποία ενδέχεται να σχετίζεται με παράγοντες όπως τον φωτισμό και τη μετακίνηση αντικείμενων. Οι μικρές ραδιομετρικές διαφορές παρουσιάζονται ως μεσαίες τιμές του γκρι και καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό της εικόνας εξόδου. Στην περίπτωση που υφίστατο κάποια σχετική οριζόντια απόκλιση μεταξύ των δύο ορθοφωτογραφιών, αυτή θα εκφραζόταν με τη συστηματική και σταθερή παρουσία κάποιων λωρίδων στα όρια των οντοτήτων με πολύ ανοιχτή ή αντίστοιχα πολύ σκούρα απόχρωση. Θα ήταν ιδιαίτερα αντιληπτό αυτό το φαινόμενο στη δομημένη περιοχή του νησιού, όπου τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομημένων στοιχείων θα εμφάνιζαν έντονα οποιαδήποτε ανωμαλία ή οριζόντια απόκλιση.

Η εικόνα εξόδου της αφαίρεσης δεν ανέδειξε κάποια σχετική απόκλιση ή αισθητή διαφορά μεταξύ των δύο εικόνων. Παρακάτω παρουσιάζονται η δομημένη περιοχή του Χωριού της

Αντιπάρου καθώς και κάποιες αυθαίρετα επιλεγμένες περιοχές της νήσου, όπως εμφανίζονται στις δύο ορθοφωτογραφίες, καθώς και στην αφαίρεσή τους.



Εικόνα 5.4 Χωριό της Αντιπάρου από την ορθοφωτογραφία της Κτηματολόγιο Α.Ε.



Εικόνα 5.5 Χωριό της Αντιπάρου από την ορθοφωτογραφία των εικόνων Geoeye-1



Εικόνα 5.6 Αποτέλεσμα Αφαίρεσης της Εικόνας 5.5 από την Εικόνα 5.4 στο περιβάλλον ArcMap



Εικόνα 5.7



Εικόνα 5.8



Εικόνα 5.9



Εικόνα 5.10



Εικόνα 5.11



Εικόνα 5.12

Εικόνες 5.7 και 5.10 Τμήματα από την ορθοφωτογραφία της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Εικόνες 5.8 και 5.11 Τμήματα από την ορθοφωτογραφία παραγόμενη από εικόνες Geoeye-1

Εικόνες 5.9 και 5.12 Αφαιρέσεις των παραπάνω

Σημειώνεται ότι παρατηρήθηκαν κάποιες περιοχές στο Χωριό, κυρίως κατά μήκος των οδικών αξόνων, που εμφάνιζαν ακραίες ραδιομετρικές διαφορές, οι οποίες σύμφωνα με τον τρόπο που ορίστηκαν παραπάνω, σηματοδοτούν κάποια μεταβολή ανάμεσα στις λήψεις των δύο εικόνων. Πράγματι έχει μεσολαβήσει μεταβολή, αλλά σημειώνεται ότι αυτή σχετίζεται με τις συνθήκες φωτισμού. Οι περιοχές στους οδικούς άξονες που εμφανίζουν ακραίες ραδιομετρικές τιμές ερμηνεύονται ως περιοχές σκίασης των κτηρίων, που έχουν μετακινηθεί από τη στιγμή της λήψης των αεροφωτογραφιών μέχρι τη στιγμή της δορυφορικής λήψης.

5.5 Έλεγχος Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Λόγω των πολλαπλών δυνατοτήτων που παρέχει το λογισμικό *ArcMap*, για τον έλεγχο του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που παρήχθη, εφαρμόστηκαν περισσότερες της μιας μέθοδοι αξιολόγησης της προκύπτουσας υψομετρικής ακρίβειας. Η πρώτη μέθοδος αφορά στην προηγούμενη τεχνική που εφαρμόστηκε, η οποία περιγράφεται από την αξιολόγηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος των τιμών των υψομέτρων των σημείων ελέγχου στο παραγόμενο ΨΜΕ. Η δεύτερη τεχνική αφορά στην αφαίρεση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που δημιουργήθηκε σε αυτήν την εφαρμογή από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους που διατίθεται από την Κτηματολόγιο Α.Ε..

5.5.1 Με Σημεία Ελέγχου

Για την αξιολόγηση της υψομετρικής ακρίβειας του ψηφιακού μοντέλου εδάφους με παρεμβολή σημείων ελέγχου, χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο εργαλείο του *ArcMap*. Τα σημεία ελέγχου, τα οποία εισήχθησαν στο περιβάλλον του λογισμικού μέσω των οριζοντιογραφικών τους συντεταγμένων στο σύστημα αναφοράς του ΕΓΣΑ '87, παρεμβλήθηκαν στη ψηφιδωτή ψηφιακή επιφάνεια του εδάφους με βήμα καννάβου 5 μέτρων. Κατόπιν το πρόγραμμα πραγματοποίησε την εξαγωγή των τιμών υψομέτρου του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που αντιστοιχούν στις οριζοντιογραφικές θέσεις των σημείων που εισήχθησαν. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι αποκλίσεις των τιμών υψομέτρου σε κάθε σημείο, καθώς επίσης και τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4. Παρατηρείται ότι οι τελικές τιμές είναι εντός των αποδεκτών τιμών που θέτει η Κτηματολόγιο Α.Ε. στις προδιαγραφές της.

Πίνακας 5.4 Στατιστικά μεγέθη ελέγχου υψομετρικής ακρίβειας ΨΜΕ, παραγόμενου από δορυφορικές εικόνες

Μέση Τιμή $\Delta Z(m)$	0.47	$\Sigma (\Delta Z^2)$	12.42
rmseZ (m)	±1.11	$\Sigma (\Delta Z^2)/n$	1.24
Ακρίβεια (m)			±2.18

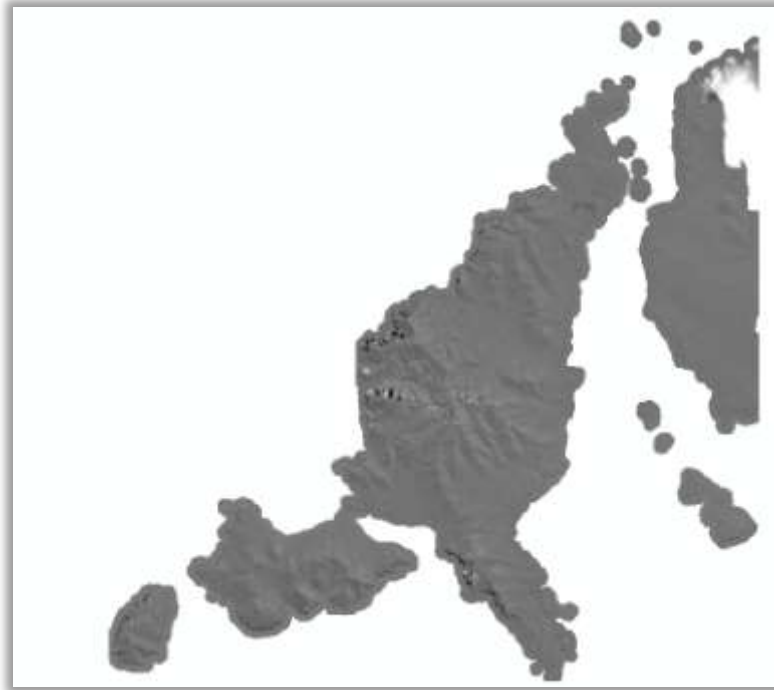
Αντίστοιχα πραγματοποιήθηκε έλεγχος για το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.5 Στατιστικά μεγέθη ελέγχου υψομετρικής ακρίβεια ΨΜΕ, της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Μέση Τιμή $\Delta Z(m)$	-0.41	$\Sigma (\Delta Z^2)$	7.23
rmseZ (m)	±0.849	$\Sigma (\Delta Z^2)/n$	0.72
Ακρίβεια (m)			±1.66

5.5.2 Με Αφαίρεση

Όπως και στην περίπτωση του ελέγχου των ορθοφωτογραφιών, έτσι και στην περίπτωση του ελέγχου του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, πραγματοποιήθηκε αφαίρεση των δύο ψηφιακών αρχείων για την εικονική ανάδειξη των σχετικών αποκλίσεων των δύο προϊόντων. Το αποτέλεσμα της αφαίρεσης, στο περιβάλλον λογισμικού *ArcMap*, παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.13. Οι ακραίες τιμές των τόνων του γκριζου των εικονοστοιχείων ισοδυναμούν με σημαντικές αρνητικές ή θετικές αποκλίσεις των δύο ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Όπως γίνεται αντιληπτό από την εικόνα, επικρατεί μια ομοιομορφία στον τόνο του γκριζου στην περιοχή μελέτης, γεγονός που σηματοδοτεί αποκλίσεις των ψηφιακών μοντέλων εδάφους που προσεγγίζουν την μηδενική τιμή.



Εικόνα 5.13 Αποτέλεσμα αφαίρεσης των δύο ψηφιακών μοντέλων εδάφους στο ArcMap

5.6 Παρατηρήσεις

Από τους παραπάνω ελέγχους γίνεται αντιληπτό ότι τα παράγωγα ικανοποιούν μετρητικά τον σκοπό που τίθεται προς εκπλήρωση στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Ωστόσο, σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να εξεταστεί μια ποιοτική πτυχή του αποτελέσματος, η οποία γίνεται εμφανής από οπτικούς ελέγχους. Παρατηρείται έντονα το φαινόμενο του ραδιομετρικού κορεσμού συγκεκριμένων περιοχών στις δορυφορικές εικόνες. Αυτές οι περιοχές περιλαμβάνουν τις δομημένες εκτάσεις και κυρίως τα τεχνητά αντικείμενα του νησιού. Τα κτήρια του οικισμού «Χωριό» και του παραθεριστικού οικισμού «Άγιος Γεώργιος», καθώς και κάποιοι χωματόδρομοι, λόγω της έντονης ηλιακής ανακλαστικότητας, που πιθανώς συνδέεται με την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, έχουν καταγραφεί με ακραίες τιμές 255 στα τρία κανάλια, με αποτέλεσμα την απώλεια πληροφοριών. Συγκεκριμένα, δεν είναι δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός ούτε των περιγραμμάτων των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ούτε των λεπτομερειών που περικλείονται εντός αυτών. Σε αντίθεση με τις δορυφορικές εικόνες, οι αεροφωτογραφίες αντίστοιχης χωρικής ανάλυσης δεν παρουσιάζουν παρόμοιο φαινόμενο, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας για την οποία υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης, ανάλογα με την ώρα πτήσης.



Εικόνα 5.14 Τμήμα ορθοφωτογραφίας Κτηματολόγιο Α.Ε.



Εικόνα 5.15 Αντίστοιχο τμήμα ορθοφωτογραφίας από εικόνες Geoeye-1

5.7 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο, καθώς και στο προηγούμενο, παρατέθηκαν όλα τα τεχνικά στοιχεία που συμμετείχαν στην εφαρμογή αυτής της μελέτης, η οποία αφορούσε τη μικρή, σε έκταση, περιοχή της Νήσου Αντιπάρου. Στο κεφάλαιο 4 περιγράφηκε αναλυτικά η διαδικασία της παραγωγής του ορθοφωτομωσαϊκού από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1, που κάλυπταν την περιοχή μελέτης. Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάστηκαν οι προδιαγραφές αξιολόγησης του παραγόμενου προϊόντος για την έγκυρη αξιοποίησή του ως χαρτογραφικό υπόβαθρο του Εθνικού Κτηματολογίου. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος, παρεμφερής με αυτόν που επιβάλλεται από την Κτηματολόγιο Α.Ε., με χρήση ανεξάρτητων σημείων ελέγχου, τα οποία δίνουν εικόνα για την ακρίβεια των παραγομένων φωτογραμμετρικών προϊόντων. Διαπιστώθηκε ότι τα δύο προϊόντα που παρήχθησαν, το ορθοφωτομωσαϊκό και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, εκπληρώνουν τις απαιτούμενες ακρίβειες που τίθενται. Στη συνέχεια, με χρήση κατάλληλων εργαλείων, επιχειρήθηκε η σύγκριση των παραγομένων της διπλωματικής με τα αντίστοιχα προϊόντα της Κτηματολόγιο Α.Ε., εφαρμόζοντας τεχνικές αφαίρεσης του διαθέσιμου λογισμικού *ESRI ArcGIS*. Τα αποτελέσματα αυτών των ελέγχων απέδειξαν τη δυνατότητα των δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης, όπως ο Geoeye-1, να εκπληρώσουν με ισάξιο τρόπο τις μετρητικές ανάγκες του Εθνικού Κτηματολογίου, ως χαρτογραφικό υπόβαθρο. Παρόλα αυτά παρατηρούνται και κάποιες ποιοτικές διαφορές μεταξύ των προϊόντων που αφορούν στη ραδιομετρία, για τις οποίες ενδείκνυται να μελετηθεί η πηγή και το ενδεχόμενο διόρθωσης.

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

6.1 Εισαγωγή

Σκοπό του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί η συλλογή, διαχείριση, και αξιολόγηση των σχετικών πληροφοριών των προηγούμενων κεφαλαίων για την προσέγγιση μιας, κατά το δυνατόν πλήρους, οικονομοτεχνικής αξιολόγησης. Στόχο επίσης αποτελεί η εξαγωγή συμπεράσματος για το εάν θα αποτελούσε συμφέρουσα πρακτική, για την Κτηματολόγιο Α.Ε. και κατ' επέκταση για το κράτος, η παραγωγή χαρτογραφικών υποβάθρων από δορυφορικές εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης αντί από αεροφωτογραφίες. Πρόκειται να εξεταστεί το υφιστάμενο καθεστώς που διέπει την παραγωγή χαρτογραφικών υποβάθρων για το Εθνικό Κτηματολόγιο καθώς και η κλίμακα της συγκεκριμένης μελέτης που θα απορρέει από τις διαστάσεις που διακατέχει το πρόβλημα. Στη συνέχεια του κεφαλαίου ακολουθεί μια κοστολόγηση των σεναρίων που προτείνονται και τέλος μια ενδεικτική ανάλυση SWOT για την κατάληξη στο τελικό συμπέρασμα.

6.2 Αποστολή της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Βασική αποστολή και σκοπός του έργου της Κτηματολόγιο Α.Ε. είναι, όπως υποδηλώνεται και από την ονομασία της, η σύνταξη και λειτουργία του Εθνικού Κτηματολογίου. Το Εθνικό Κτηματολόγιο αποτελεί εγχείρημα και αναπτυξιακό δημοσιονομικό εργαλείο με ιστορική πορεία της οποίας η αφετηρία μπορεί να χρονολογηθεί από το 6200 π.Χ. στη πόλη Catalhoçuk της Τουρκίας, όπου βρέθηκαν αρχαία κτηματολογικά στοιχεία. Αυτή η διαχρονική ανάγκη καταγραφής της γης οφείλεται κυρίως στη φορολογία της και την παραγωγή εξ αυτής. Κύριο χαρακτηριστικό των κτηματολογικών συστημάτων του παρελθόντος αποτέλεσε το γεγονός ότι οι μεταβολές του γεωγραφικού χώρου των ιδιοκτησιών και οι αλλαγές των ιδιοκτητών πραγματοποιούνταν με πολύ βραδείς ρυθμούς. Πράγματι οι αγοραπωλησίες κυρίως στην αγροτική γη ήταν ελάχιστες και άρα οι ανάγκες ενημέρωσης των συστημάτων κτηματολογίου ήταν περιορισμένες και αντιμετωπίζονταν με χειροκίνητες διαδικασίες. Κύριο χαρακτηριστικό της σημερινής εποχής, όμως, αποτελεί το γεγονός ότι οι μεταβολές του γεωγραφικού χώρου των ιδιοκτησιών και οι αλλαγές των ιδιοκτητών γίνονται με προοδευτικά ταχύτερους ρυθμούς. Ο ρυθμός αλλαγής κυριότητας και ο ρυθμός ανάπτυξης των ακινήτων βαίνει προοδευτικά αυξανόμενος και άρα οι ανάγκες ενημέρωσης του συστήματος κτηματολογίου είναι αυξημένες, και αντιμετωπίζονται με τη χρήση της πληροφορικής και των τεχνολογιών επικοινωνιών, η εξέλιξη των οποίων προσαυξάνει κάθε φορά τις δυνατότητες. (Ζεντέλης, Π. 2011)

Το Εθνικό Κτηματολόγιο είναι ένα ενιαίο και διαρκώς ενημερούμενο σύστημα πληροφοριών που καταγράφει τις νομικές, τεχνικές, και άλλες πρόσθετες πληροφορίες για τα ακίνητα και τα δικαιώματα πάνω σε αυτά, με την ευθύνη και την εγγύηση του Δημοσίου. Η σύνταξή του αποσκοπεί στη δημιουργία ενός σύγχρονου, αυτοματοποιημένου αρχείου ακίνητης ιδιοκτησίας, όλα τα στοιχεία του οποίου έχουν αποδεικτικό χαρακτήρα, εξασφαλίζοντας τη μεγαλύτερη δυνατή δημοσιότητα και ασφάλεια των συναλλαγών. Πρόκειται για ένα σύστημα πολύ πιο σύγχρονο και ολοκληρωμένο από το παλαιό σύστημα των Υποθηκών και Μεταγραφών που υποστηρίζουν τα Υποθηκοφυλακεία.

Το Εθνικό Κτηματολόγιο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αναπτυξιακές υποδομές που αναπτύσσονται στη χώρα, η οποία πρόκειται να μεταρρυθμίσει ένα σημαντικό τμήμα της Δημόσιας Διοίκησης σε θέματα ακίνητης περιουσίας και να συμβάλει αποφασιστικά στην επέκταση και ενδυνάμωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Το έργο της Κτηματολόγιο Α.Ε. ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας 1990-2000 με σειρά πιλοτικών προγραμμάτων τα οποία έφεραν στο προσκήνιο πολλά από τα προβλήματα και τις ιδιαιτερότητες που υφίστανται στο

ιδιοκτησιακό καθεστώς της χώρας. Αυτός ο κύκλος των έργων ολοκληρώθηκε με αρκετά προβλήματα την περίοδο 2003-2008, με θετικό αντίκτυπο την αύξηση της τεχνογνωσίας στην Κτηματολόγιο Α.Ε. και τους εμπλεκόμενους φορείς.

Η εταιρεία Κτηματολόγιο Α.Ε. αποτελεί Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και συστάθηκε το 1995 με Κοινή Υπουργική Απόφαση του Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας και Οικονομικών και του Υπουργείου ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.. Λειτουργεί σύμφωνα με τους κανόνες του ιδιωτικού δικαίου αλλά το 2010 εντάχθηκε στο πλαίσιο των Δημοσίων Επιχειρήσεων και Οργανισμών ΔΕΚΟ, με μοναδικό μέτοχο το Ελληνικό Δημόσιο εποπτευόμενη από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος, «Κοινωνία της Πληροφορίας», του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Κτηματολόγιο Α.Ε. έχει πραγματοποιήσει και εξακολουθεί να βρίσκεται σε στάδιο υλοποίησης των υποστηρικτικών έργων που προβλέπονται με τίτλο «Υποδομή Δεδομένων και Τεχνολογίας Πληροφοριών για ένα σύγχρονο Κτηματολόγιο». Ο προϋπολογισμός του έργου εκτιμάται περίπου στα 79.670.000 €, με ποσοστά συγχρηματοδότησης 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση και 50% από το Ελληνικό Δημόσιο. Μια από τις υποστηρικτικές δράσεις που περιλαμβάνονται σε αυτό το πλαίσιο είναι η παραγωγή ενιαίων εθνικών χαρτογραφικών υποβάθρων.

6.3 Το Χαρτογραφικό Υπόβαθρο

Το χαρτογραφικό υπόβαθρο του Εθνικού Κτηματολογίου αποτελεί μία από τις σημαντικότερες υποδομές που συμβάλλουν στη σύνταξη, ενημέρωση, και ολοκλήρωση του παραπάνω εγχειρήματος. Την ευθύνη της παραγωγής του έχει η Κτηματολόγιο Α.Ε., μέσα από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης. Αναλαμβάνει την παραγωγή έγχρωμων ορθοφωτοχαρτών υψηλής ακριβείας, οι οποίοι διασφαλίζουν τον ευκρινή εντοπισμό και απεικόνιση των ιδιοκτησιών. Σημειώνεται ότι παρατηρείται διάκριση ανάμεσα στις μεγάλες αστικές περιοχές VLSO (περίπου 900 σε πλήθος), όπου οι προδιαγραφές ακριβείας είναι πιο αυστηρές και ορίζουν μέγεθος εδαφοψηφίδας 0,20 m, και τις μη αστικές περιοχές LSO (περίπου 12.000 σε πλήθος) για τις οποίες ορίζεται μέγεθος εδαφοψηφίδας 0,50 m. Ο ορθοφωτοχάρτης παρουσιάζει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με έναν κοινό χάρτη, καθώς προέρχεται από την ορθοαναγωγή αεροφωτογραφιών, και παράλληλα διατηρεί τις ποιοτικές πληροφορίες που παρέχει μια φωτογραφία. Συμπληρώνεται συχνά με χαρτογραφικές πληροφορίες, όπως οδικό δίκτυο, ιδιοκτησίες, τοπωνύμια, αριθμούς ιδιοκτησιών, και άλλα κτηματολογικά στοιχεία.

Στην Ελλάδα οι κυριότεροι δημόσιοι οργανισμοί που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή ορθοφωτοχαρτών είναι το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, ο Οργανισμός Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.), καθώς και η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού. Παράλληλα λειτουργούν και πολλές ιδιωτικές εταιρείες και μελετητικά γραφεία με δυνατότητα παραγωγής ορθοφωτοχαρτών και οι οποίες έχουν τον ρόλο των βασικών αναδόχων των έργων που προκηρύσσει η Κτηματολόγιο Α.Ε.. Η Κτηματολόγιο Α.Ε. διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες εταιρείες του Δημοσίου κυρίως λόγω του ότι συστάθηκε εξ αρχής αποκλειστικά και μόνο με σκοπό την ολοκλήρωση και λειτουργία του Εθνικού Κτηματολογίου. Οι πόροι του Ελληνικού Δημοσίου και της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι προσανατολισμένοι στην επιτυχία αυτού του εγχειρήματος καθώς η εταιρεία παράλληλα εποπτεύεται από δημόσιους φορείς. Το ευρύτερο κοινοτικό και αναπτυξιακό πλαίσιο στο οποίο εντάσσεται το έργο της Κτηματολόγιο Α.Ε. δεσμεύει την εταιρεία με προθεσμία ολοκλήρωσης έως το 2020. Σημειώνεται ότι η σημασία του έργου για την ανάπτυξη και τον εκσυγχρονισμό της δημόσιας διοίκησης και του κράτους γενικότερα, οδήγησε την πολιτεία στην ανάθεση του ρόλου του αρμόδιου φορέα για την επίβλεψη, τον έλεγχο των αποφάσεων, και τη διαβούλευση για το έργο της Κτηματολόγιο Α.Ε., στον Οργανισμό Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος (Ν. 2664/98).

Είναι γεγονός ότι σήμερα η παραγωγή των ορθοφωτοχαρτών από την Κτηματολόγιο Α.Ε., πραγματοποιείται μετά τη διακήρυξη των αντίστοιχων διαγωνισμών. Συγκεκριμένα, η Κτηματολόγιο Α.Ε., κατόπιν αποτίμησης και αξιολόγησης της περιοχής προς κτηματογράφηση, προβαίνει σε διακήρυξη διαγωνισμών προς τα ενδιαφερομένα υποψήφια φυσικά ή νομικά πρόσωπα ή κοινοπραξίες. Στις διακηρύξεις συμπεριλαμβάνονται και οι τεχνικές προδιαγραφές των τελικών προϊόντων, από τις οποίες οι σημαντικότερες αναλύθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Βέβαια, τουλάχιστον μέχρι πρότινος, οι οδηγίες προς τους υποψηφίους αναδόχους προβλέπουν αεροφωτογραφίες με ψηφιακές ή αναλογικές μηχανές.

6.4 Η Οδηγία INSPIRE και το Κτηματολόγιο

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να δοθεί έμφαση στον ευρύτερο ρόλο του έργου της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Από τις προηγούμενες ενότητες δύναται να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το έργο σε εξέλιξη αποτελεί δημοσιονομικό αλλά ταυτόχρονα και αναπτυξιακό εργαλείο. Παράλληλα σημειώνεται ότι η Κτηματολόγιο Α.Ε. καλύπτει μια μόνο θέση στο ευρύτερο φάσμα των επιχειρήσεων και δημόσιων υπηρεσιών που διαχειρίζονται και παράγουν γεωχωρικά δεδομένα στην Ελλάδα. Αυτά τα χαρακτηριστικά της Κτηματολόγιο Α.Ε. οδηγούν στην ανάληψη του ρόλου της στην Ευρωπαϊκή προσπάθεια συλλογής, αξιοποίησης, και ενσωμάτωσης των γεωχωρικών δεδομένων σε μια ενιαία βάση πληροφοριών.

Η κοινοτική οδηγία INSPIRE που τέθηκε σε ισχύ το 2007 εντάσσει τη γεωχωρική διάσταση και τις χωρικές λειτουργίες του έργου του Εθνικού Κτηματολογίου στο ευρύτερο πλαίσιο της. Αυτό το πλαίσιο θέτει ως θεμέλιο και προϋπόθεση για την ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Υποδομή Γεωγραφικών Πληροφοριών τη δημιουργία μιας Εθνικής Υποδομής Γεωγραφικών Πληροφοριών. Ως μέτρο για την υλοποίηση αυτού του στόχου τίθεται η εφαρμογή πολιτικών που θα περιορίζουν τη διπλή συλλογή ίδιων δεδομένων και που θα στηρίζουν και θα προωθούν την εναρμόνιση, την ευρεία διάδοση και τη χρήση των πληροφοριών για τον γεωγραφικό χώρο. Τα οφέλη που μπορεί να προκύψουν από τέτοιες πολιτικές μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και της διάχυσης ποιοτικά αναβαθμισμένων πληροφοριών σε όλους τους φορείς και χρήστες που τις έχουν ανάγκη.

Σύμφωνα με πληροφορίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Οδηγία INSPIRE, ο ρόλος της Κτηματολόγιο Α.Ε. περιορίζεται στη συμμετοχή της στη διαδικασία αξιολόγησης των πληροφοριών, την εφαρμογή πιλοτικών προγραμμάτων για τη δοκιμή, αναθεώρηση, και ανάπτυξη των αρχών της οδηγίας, τη συνεισφορά στην ενημέρωση και εκπαίδευση, καθώς επίσης στη διαρκή ενημέρωση για τις τεχνικές και νομικές εξελίξεις που αφορούν τη γεωγραφική πληροφορία. Ως εκτελεστικός και λειτουργικός φορέας για την ανάπτυξη και τη λειτουργία της Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών, η οποία και θεσμοθετήθηκε τον Σεπτέμβριο του 2010 με τον Ν.3882/2010, έχει οριστεί ο Ο.Κ.Χ.Ε.. Ο Ο.Κ.Χ.Ε. είναι ο υπεύθυνος οργανισμός που εποπτεύει τη συμμόρφωση της Κτηματολόγιο Α.Ε. στις τεχνικές προδιαγραφές που ορίζει η Κοινοτική Οδηγία INSPIRE.

6.5 Οικονομική Διάσταση

Είναι αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι το εγχείρημα της σύνταξης και λειτουργίας του Εθνικού Κτηματολογίου αποτελεί μια δημόσια επένδυση πολύ μεγάλης κλίμακας και σημασίας. Σύμφωνα με την οικονομική οπτική γωνία, μια επένδυση ορίζεται ως η μετατροπή των πόρων από κατανάλωση σε χρήσεις που εξυπηρετούν την αποτελεσματικότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Η απόφαση της υλοποίησής της συνεπάγεται αναγκαστικά την ανάληψη από τους επενδυτές ενός κινδύνου, του οποίου ο βαθμός θα είναι ανάλογος του ύψους της επένδυσης.

Η λήψη αυτής της απόφασης στηρίζεται σε προηγούμενη εμπειρία, στη διαίσθηση του επενδυτή, η ακόμη και στην τύχη. Ως αποτέλεσμα, στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης αυτού του κινδύνου, οι επενδυτικές αποφάσεις στηρίζονται και τεκμηριώνονται σε μελέτες, μέσω των οποίων υπολογίζονται όλα τα δεδομένα, οι τάσεις του κλάδου και της αγοράς, το κόστος της επένδυσης, οι πηγές χρηματοδότησής της, τα αναμενόμενα οικονομικά αποτελέσματα και οι προοπτικές βιωσιμότητας και αποδοτικότητάς της.

Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής, δεν έχει τεθεί προφανώς ο στόχος της οικονομοτεχνικής αξιολόγησης ολόκληρου του εγχειρήματος του Εθνικού Κτηματολογίου παρά μόνο ενός έργου που συμβάλλει στην επιτυχία και ποιότητά του. Αυτό το έργο είναι η παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου ή αλλιώς της ορθοφωτογραφίας που θα χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την επισήμανση των στοιχείων των ακινήτων του Ελλαδικού χώρου. Οι εναλλακτικές λύσεις που εξετάζονται στο παρόν κεφάλαιο είναι δύο. Η πρώτη περιγράφεται από την υφιστάμενη μέθοδο της παραγωγής υποβάθρου με συμβατικές αεροφωτοληψίες και η δεύτερη εξετάζει το ενδεχόμενο χρήσης δορυφορικών απεικονίσεων για τον ίδιο σκοπό.

Θεωρείται σκόπιμο σε αυτό το σημείο να γίνει αναφορά στις διαστάσεις της μελέτης. Διαπιστώνεται ότι η εφαρμογή αυτής της διπλωματικής, η οποία και αναλύθηκε κυρίως στο Κεφάλαιο 4, καλύπτει περιορισμένο σε έκταση και επιρροή αντικείμενο καθώς γεωγραφικά ορίζεται από έκταση περίπου 40 km². Σκοπός της δεν είναι η εκτενής οικονομοτεχνική ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των επιχειρησιακών, νομικών, και οικονομικών παραγόντων της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Αυτό σε κάθε περίπτωση κρίνεται ανέφικτο εφόσον αρκετά από τα παραπάνω στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα. Εξάλλου, το αντικείμενο το οποίο πραγματεύεται η μελέτη δεν θα διαφοροποιηθεί τόσο ως προς τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος όσο ως προς τον τρόπο παραγωγής του. Γι' αυτόν τον λόγο θα εξεταστούν συγκριτικά οι δύο εναλλακτικές σε δύο διαφορετικές κλίμακες. Η πρώτη κλίμακα σχετίζεται με το επίπεδο της εφαρμογής που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 4 και αφορά στη σύγκριση του ορθοφωτομωσαϊκού που παρήχθη από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1 με ορθοφωτογραφία παραγόμενη από αεροφωτογραφίες που καλύπτουν αντίστοιχη έκταση και περιοχή. Η δεύτερη κλίμακα σχετίζεται με το επίπεδο της χώρας και θα διαμορφώσει σημαντική πτυχή αυτής της εργασίας καθώς θα παρέχει τη δυνατότητα σχηματισμού μιας πιο γενικής και ολοκληρωμένης εικόνας, ώστε το συμπέρασμα που θα προκύψει να μην αφορά μόνο στη γεωγραφική έκταση που καλύπτει η Νήσος Αντίπαρος, αλλά να είναι αντιπροσωπευτικό για το σύνολο της χώρας. Για να επιτευχθεί η δεύτερη κλίμακα, τα οικονομικά μεγέθη και των δύο εναλλακτικών θα υποστούν μια αναγωγή ως προς την τάξη μεγέθους και τον χρόνο.

6.6 Δόμηση Σεναρίων

Σε αυτήν την ενότητα κρίθηκε απαραίτητη η δόμηση των δύο εναλλακτικών σεναρίων που αφορούν στην παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου για το Εθνικό Κτηματολόγιο από την Κτηματολόγιο Α.Ε.. Το πρώτο σενάριο αφορά στην υφιστάμενη μέθοδο, η οποία χαρακτηρίζεται από την αξιοποίηση συμβατικών αεροφωτογραφιών για το εθνικό εγχείρημα του Κτηματολογίου. Το δεύτερο σενάριο εξετάζει την εναλλακτική της χρήσης δορυφορικών εικόνων έναντι των συμβατικών εικόνων στη μέθοδο παραγωγής του υποβάθρου. Αναλύονται οι οικονομικές επιπτώσεις μιας τέτοιας αλλαγής τακτικής και σχολιάζονται οι πρόσθετες τεχνικές και οικονομικές παράμετροι που επηρεάζουν αυτές τις αποφάσεις, καθώς επίσης και τι προβλέπεται να είναι πιο συμφέρον για τη χώρα.

6.7 Νομικό Πλαίσιο

Προκειμένου να κοστολογηθούν όσο το δυνατόν πιο έγκυρα οι εργασίες που αφορούν στην παραγωγή χαρτογραφικού υποβάθρου για το Εθνικό Κτηματολόγιο, το οποίο εξάλλου αποτελεί και δημόσιο έργο ευρύτερης εμβέλειας, θεωρείται σκόπιμο να μελετηθεί το αντίστοιχο νομικό πλαίσιο, το οποίο αφορά στον Ν. 3316/05. Αυτός ο νόμος αφορά στην ανάθεση και εκτέλεση δημοσίων συμβάσεων εκπόνησης μελετών και παροχής συναφών υπηρεσιών. Συνοδεύεται από τον Κανονισμό Προεκτιμώμενων Αμοιβών Μελετών και Υπηρεσιών. Συγκεκριμένα, στο Τμήμα Α' του Κανονισμού αναφέρονται οι γενικές διατάξεις που διέπουν τις αμοιβές μηχανικών και μελετητών ανάλογα με τον χρόνο απασχόλησης και τον δείκτη τιμών καταναλωτή. Το Τμήμα Β' αφορά στις Κατηγορίες Μελετών και συγκεκριμένα στο Κεφάλαιο Α' αυτού του Τμήματος αναλύονται οι ειδικές διατάξεις που ρυθμίζουν τις Γεωδαιτικές, Φωτογραμμετρικές, Χαρτογραφικές, Κτηματογραφικές και Τοπογραφικές Μελέτες. Όλες οι τιμές θα υποστούν αναγωγή με τον συντελεστή τ.κ., ο οποίος προκύπτει από τον λόγο του επίσημου γενικού δείκτη τιμών καταναλωτή τον Δεκέμβριο του προηγούμενου έτους (Δεκέμβριος 2012) προς τον επίσημο γενικό δείκτη τιμών καταναλωτή του Δεκεμβρίου του 2004. Ο συντελεστής τ.κ. για το 2013 εκτιμάται ως 1,259. Επισημαίνεται ότι ο συγκεκριμένος κανονισμός θεωρείται υποχρεωτικός στην περίπτωση αεροφωτογραφίσεων που είναι αναγκαίες για τη μελέτη έργων κάθε είδους (συγκοινωνιακά, υδραυλικά, κτιριακά κ.λπ.). Προκειμένου περί αεροφωτογραφήσεων επιφανειών που γίνονται για άλλους σκοπούς, ο Εργοδότης είναι δυνατόν να διενεργήσει διαγωνισμό, χωρίς να επιβάλλονται οι δεσμεύσεις από τις οριζόμενες τιμές που παρατίθενται.

Όσον αφορά στα έργα που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί και σχετίζονται με την αεροφωτογράφιση και παραγωγή υποβάθρου για όλη την Επικράτεια με Αναθέτουσα Αρχή την Κτηματολόγιο Α.Ε., θα παρουσιαστούν οι πραγματικές συμφωνημένες τιμές των δημοσίων συμβάσεων για τη συνέχεια της οικονομοτεχνικής αξιολόγησης. Θα παρατεθούν οι αντίστοιχες τιμές καθώς και οι διαφορές τους με τις τιμές που προέκυψαν από τον προαναφερθέντα νόμο με σκοπό τη σύγκριση και ερμηνεία τους.

6.8 Κόστος Υποβάθρου βάσει του Ν. 3316/05 με Αναλογικές Αεροφωτογραφίες

6.8.1 Εκτίμηση Κόστους Παραγωγής Χαρτογραφικού Υποβάθρου στην Περιοχή Μελέτης

6.8.1.1 Κοστολόγηση Αεροφωτογράφισης

Σύμφωνα με όσα ορίζει ο Ν. 3316/05, με δεδομένη την κλίμακα της αεροφωτογράφισης και την τυπική τιμή της κατά μήκος επικάλυψης (60%), το κόστος ανά χιλιόμετρο μήκους αεροφωτογράφισης υπολογίζεται από την σχέση [1] και εκτιμάται περίπου στα 577 €. Η Αντίπαρος και τα περιβάλλοντα νησιά καλύπτουν έκταση περίπου 40 km² και έχουν μέγιστο μήκος λωρίδας 13 km. Το μήκος της διαδρομής του αεροσκάφους υπολογίζεται περίπου ως 40 km, σύμφωνα και με τον τεχνικό προγραμματισμό που θα αναλυθεί παρακάτω. Επομένως, βάσει του ισχύοντος νόμου και με συνεκτίμηση του συντελεστή τ.κ., το κόστος αεροφωτογράφισης της περιοχής μελέτης εκτιμάται περίπου στα **32.500 €**, το οποίο έχει προσαυξηθεί κατά 12% για έγχρωμες λήψεις. Παρακάτω παρατίθεται η εξίσωση κοστολόγησης της αεροφωτογράφισης βάσει του Ν. 3316/05. Σημειώνεται ότι η ελάχιστη, επιτρεπόμενη από τον Νόμο, αμοιβή που ορίζεται για μια αποστολή αεροφωτογράφισης είναι 15.000 €, ανεξάρτητα από το μήκος της πτήσης.

$$T = \left[0,20 \times \left(2400 + \frac{13600000}{\kappa} \right) \times L \right] \text{€} \quad [1]$$

όπου κ ο παρονομαστής της κλίμακας αεροφωτογράφησης και L το μήκος της πτήσης

6.8.1.2 Κοστολόγηση Υπολοίπων Εργασιών

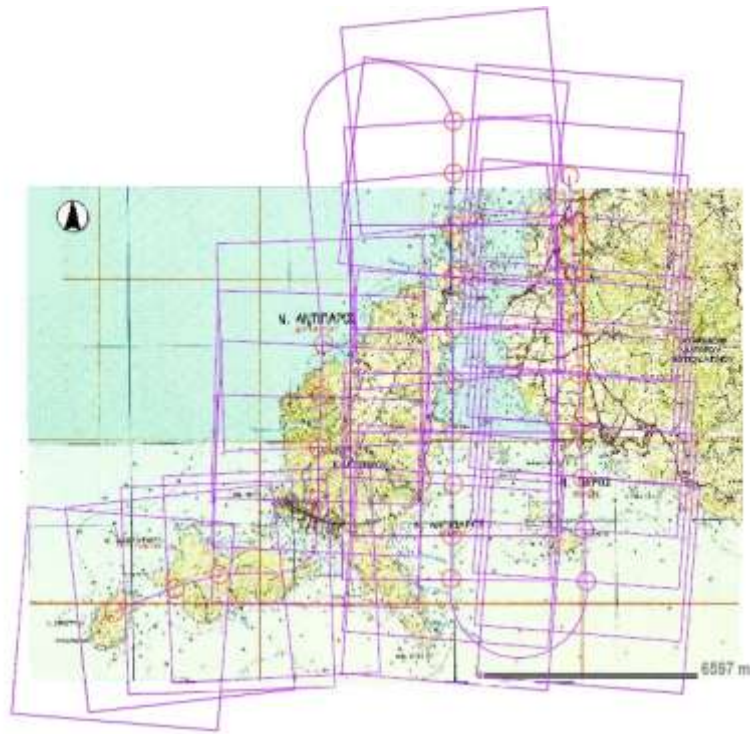
- ο Τεχνικός Προγραμματισμός

Όσον αφορά στις μετρήσεις πεδίου και στην υλοποίηση των φωτοσταθερών, επιβάλλεται να ληφθεί υπόψη ο αναγκαίος αριθμός σημείων γνωστών συντεταγμένων. Οι λήψεις για την παραγωγή ορθοφωτοχαρτών LSO στο πλαίσιο του έργου της Κτηματολόγιο Α.Ε., πραγματοποιήθηκαν με την αναλογική αεροφωτομηχανή Zeiss RMK Top 15, της οποίας τα στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1. Επιπλέον, σύμφωνα με στοιχεία της ΦΩΤΟΠΟ Α.Ε. η οποία συμμετείχε στο ανάδοχο σχήμα που παρήγαγε τις ορθοφωτογραφίες LSO για την συγκεκριμένη περιοχή, το μέσο ύψος πτήσης του αεροσκάφους κατά τη διάρκεια των αεροφωτοληψιών στην περιοχή μελέτης, ήταν 4.200 m, η κατά μήκος επικάλυψη 75% και η κατά πλάτος επικάλυψη 35%. Με δεδομένα το μέσο ύψος πτήσης, την εστιακή απόσταση της μηχανής, και τις διαστάσεις του φιλμ, υπολογίζεται ότι η μέση κλίμακα της λήψης στην περιοχή ενδιαφέροντος ήταν περίπου 1:28.000 και το υπό κλίμακα εμβαδόν κάθε λήψης, περίπου 41,5 km². Με τις δεδομένες επικαλύψεις, η εκτιμώμενη βάση λήψης για την αεροφωτογράφιση της περιοχής μελέτης υπολογίζεται ως 1,6 km.

Πίνακας 6.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά του μοντέλου μηχανής Zeiss RMK Top 15

Στοιχεία Εσωτερικού Προσανατολισμού της Zeiss RMK Top 15	
Εστιακή Απόσταση	153 mm
Διαστάσεις αρνητικού	23 * 23 cm
Γωνιακό άνοιγμα	93°
Διάφραγμα	f/4 (mm)
Ταχύτητα Κλείστρου	0.02 s
Μήκος Φιλμ	150 m
Ελάχιστος Κύκλος Φωτογράφισης	1,5 s
Συνολικό Βάρος	180 kg

Στη συνέχεια, προγραμματίστηκε ενδεικτικά η πορεία του αεροσκάφους με βάση τα παραπάνω στοιχεία για τον σχηματισμό σαφέστερης εικόνας των υπολοίπων εργασιακών αναγκών της περιοχής. Όπως απεικονίζεται και στην Εικόνα 6.1, σχηματίζονται 3 λωρίδες πτήσης με ενδιάμεση απόσταση 4,2 km. Με αυτά τα δεδομένα, η περιοχή καλύπτεται από 1 μπλοκ 24 αεροφωτογραφιών και 21 μοντέλων καθώς και μια ξεχωριστή λωρίδα 4 αεροφωτογραφιών (Δεσποτικό και Στρογγυλό). Για αυτόν τον αριθμό λήψεων και την εφαρμογή της συμβατικής μεθόδου αεροτριγωνισμού, ο ελάχιστος αριθμός αναγκαίων φωτοσταθερών στο διαμορφωμένο μπλοκ είναι 10. Σε αυτόν τον αριθμό, θα πρέπει να προστεθούν επίσης τρία με τέσσερα σημεία ελέγχου για τον έλεγχο της επίλυσης του Αεροτριγωνισμού και της τελικής ορθοφωτογραφίας. Επομένως θα πρέπει να μετρηθούν συνολικά τουλάχιστον 13 σημεία στο πεδίο για την επαρκή κάλυψη της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.1 Ενδεικτικό Σκαρίφημα Προγραμματισμού Πτήσης [21]

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στις πιο σύγχρονες μεθόδους αεροφωτογράφησης που διευκολύνουν την επίλυση του Αεροτριγωνισμού και ελαχιστοποιούν τον αναγκαίο αριθμό σημείων γνωστών γεωδαιτικών συντεταγμένων. Πρόκειται για τις συνδυασμένες επιλύσεις Αεροτριγωνισμού, κατά τις οποίες γίνεται χρήση παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού GPS και αδρανειακής μονάδας μετρήσεων IMU. Τοιουτοτρόπως είναι δυνατός ο προσδιορισμός του κέντρου λήψης κάθε εικόνας και του γωνιακού προσανατολισμού του άξονα λήψης για κάθε λήψη, δηλαδή των έξι παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού για κάθε εικόνα του μπλοκ. Σε αυτήν την περίπτωση, οι συντεταγμένες κάθε κέντρου λήψης χρησιμοποιούνται ως φωτοσταθερά. Ως αποτέλεσμα, θεωρητικά είναι δυνατή η εξάλειψη της ανάγκης επίγειων μετρήσεων για την υλοποίηση φωτοσταθερών σημείων.

Πρακτικά, όμως, υπεισέρχονται και σφάλματα που σχετίζονται με τον συγχρονισμό της φωτομηχανής με το GPS, και την επίδραση της δύναμης της βαρύτητας στο σύστημα IMU. Αυτά τα σφάλματα είναι συστηματικά και δύναται να μοντελοποιηθούν ώστε να διορθωθούν εκ των υστέρων οι παρατηρήσεις. Όμως, για λόγους ασφαλείας και την αποφυγή χονδροειδών ή τυχαίων σφαλμάτων που δεν αντιμετωπίζονται με ευκολία, συνήθως μετρώνται 4 σημεία στις γωνίες του μπλοκ. Εμπειρικά χρειάζονται περίπου 80% λιγότερα σημεία από τα αναγκαία στην περίπτωση της συμβατικής μεθόδου επίλυσης αεροτριγωνισμού. Σημειώνεται ότι η αεροφωτογράφηση της περιοχής Πάρου-Αντιπάρου από την Geomatics A.E., για λογαριασμό της ΦΩΤΟΠΟ Α.Ε., πραγματοποιήθηκε με χρήση συστημάτων GPS και IMU στο αεροσκάφος και ότι συνολικά μετρήθηκαν 3 φωτοσταθερά στην περιοχή της Αντιπάρου.

- Οικονομικός Προγραμματισμός

Διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία που εκφράζουν απομονωμένα το κόστος της μέτρησης των τριών αναγκαίων φωτοσταθερών, ούτε το κόστος των υπολοίπων επιμέρους σταδίων που συμμετέχουν στην παραγωγή του υποβάθρου για την περιοχή της Νήσου Αντιπάρου. Ως εκ τούτου θα εκτιμηθεί αυτό το κόστος βάσει των ισχυουσών νομικών διατάξεων του προαναφερθέντος Ν. 3316/05. Το κόστος των επίγειων μετρήσεων θα υπολογιστεί εντός του συνόλου των εργασιών δημιουργίας έγχρωμου ορθοφωτοχάρτη με τα προβλεπόμενα όργανα και συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των εργασιών αεροτριγωνισμού, χρήσης υπαρχόντων και εγκατάστασης συμπληρωματικών τριγωνομετρικών

σημείων, ανάλογα με την κλίση των εδαφών και ανεξάρτητα από την ύπαρξη δόμησης. Σε αυτήν την τιμή συμπεριλαμβάνεται και το κόστος της πληρωμής του εξειδικευμένου προσωπικού, ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, η μεταφορά του, καθώς και η απόσβεσή του. Με βάση τη μορφολογία του εδάφους και την έκταση της περιοχής μελέτης, καθώς και την κλίμακα απόδοσης του τελικού ορθοφωτοχάρτη, ο Ν. 3316/05 προβλέπει κόστος περίπου **100 €**. Επομένως, το συνολικό κόστος της παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου από αεροφωτογραφίες στο επίπεδο της εφαρμογής της διπλωματικής ανέρχεται περίπου στα **32.600 €**.

Πίνακας 6.2 Συντελεστές αναγωγής για το κόστος της παραγωγής, πλην του σταδίου των λήψεων, με βάση την μορφολογία του εδάφους (Κανονισμός Ν. 3316/05)

α/α	Μορφολογία εδάφους (εγκάρσιες κλίσεις)	Τιμή (€ / στρέμμα) για κλίμακα :				
		1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10.000
1	A. (κλίση εδάφους 0-10%)	12	6	3.6	1.8	0.9
2	B. (κλίση εδάφους 10-40%)	18	8.5	4.8	2.4	1.2
3	Γ. (κλίση εδάφους >40%)	22	11	6	3.6	1.4

6.8.2 Αναγωγή Κόστους σε Επίπεδο Χώρας

Προκειμένου να καθιστούν συγκρίσιμα τα οικονομικά στοιχεία που προκύπτουν για κάθε σενάριο στις δύο κλίμακες που μελετώνται, επιβάλλεται αυτά να εκτιμηθούν με την ίδια μεθοδολογία και τα αντίστοιχα δεδομένα. Ακολουθώντας αυτό το σκεπτικό, η αναγωγή του κόστους παραγωγής του υποβάθρου για το Εθνικό Κτηματολόγιο οφείλεται να πραγματοποιηθεί με τις προβλεπόμενες διατάξεις του Ν. 3316/05. Σημειώνεται όμως ότι αυτές οι διατάξεις προβλέπουν την κοστολόγηση δημοσίων έργων πιο μικρής κλίμακας και τοπικού ενδιαφέροντος. Η εφαρμογή του νόμου σε έργα ενημέρωσης του Κτηματολογίου, ή για άλλες μικρές περιοχές, θα δίνει τιμές που προσεγγίζουν τις πραγματικές τιμές που επικρατούν.

Για έργα της τάξης του Εθνικού Κτηματολογίου όμως, ο Ν. 3316/05 δεν αναμένεται να δώσει τιμές που υφίστανται και που γίνονται αποδεκτές στις εκάστοτε δημόσιες συμβάσεις. Αυτό το γεγονός συνδέεται άμεσα με την τιμή μονάδος της παραγωγής του υποβάθρου για τις δύο διαφορετικές κλίμακες. Ειδικά στο στάδιο των λήψεων το οποίο, όπως διαπιστώθηκε προηγουμένως, αποτελεί σχεδόν ολόκληρο το κόστος της παραγωγής του υποβάθρου, εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι η τιμή μονάδος αεροφωτογράφισης μειώνεται όσο αυξάνεται και η έκταση του αντικειμένου. Αυτό οφείλεται στα πάγια και σταθερά κόστη που υπεισέρχονται σε κάθε πτήση και τα οποία μειώνουν την τιμή μονάδος της παραγωγής υποβάθρου σε περιοχές μεγάλης έκτασης. Ο Ν. 3316/05 λαμβάνει υψηλότερη τιμή μονάδος λόγω του ότι δεν είχε προβλεφθεί η εκπόνηση έργου της τάξης του Εθνικού Κτηματολογίου και τα δεδομένα που ελήφθησαν υπόψη σχετίζονται με την περίπτωση των έργων μικρότερων διαστάσεων. Για αυτόν τον λόγο, η εφαρμογή του για την αναγωγή του κόστους παραγωγής του υποβάθρου στην κλίμακα του Εθνικού Κτηματολογίου πραγματοποιείται ενδεικτικά με σκοπό τη διαπίστωση της μεγάλης διαφοράς που προκύπτει μεταξύ της τιμής που εκτιμάται από τον νόμο, και της τιμής που επικρατεί.

Προκειμένου να εκτιμηθεί το κόστος για το σύνολο της χώρας βάσει του Ν. 3316/05, θα θεωρηθεί ότι οι κατηγορίες κλίσεων που αναφέρονται στον κανονισμό αμοιβών μελετών και υπηρεσιών (0-10%, 10-40%, και >40%) είναι ισοκατανεμημένες στην Επικράτεια και ότι η κλίμακα αεροφωτογράφισης είναι 1:15.000 με τιμή μονάδος 660 €, η οποία ορίζεται από τον κανονισμό ως η επιθυμητή κλίμακα για απόδοση 1:5.000. Ως έκταση της Επικράτειας θα ληφθεί η προσεγγιστική τιμή 132.000 km². Επομένως, με βάση τη σχέση του προηγουμένου εδαφίου, το κόστος αεροφωτογράφισης για το σύνολο της Επικράτειας ανέρχεται περίπου στα

122.846.000 €. Για τις υπόλοιπες εργασίες που συμμετέχουν στην παραγωγή το κόστος υπολογίζεται ως **432.000 €**. Συνολικά, το κόστος παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου για όλη την Επικράτεια με τη χρήση αναλογικών αεροφωτογραφιών ανέρχεται περίπου στα **123.278.000 €**. Ακολουθεί η αντίστοιχη γραφική απεικόνιση με τα ποσοστά συμμετοχής των σταδίων της διαδικασίας στο συνολικό κόστος παραγωγής του υποβάθρου με τη χρήση αεροφωτογραφιών, σύμφωνα με τον κανονισμό του Ν.3316/05. Τα ποσοστά αυτά αντιπροσωπεύουν και τις δύο τάξεις μεγέθους που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 6.1 Ποσοστιαία Συμμετοχή των Επιμέρους Σταδίων στο Συνολικό Κόστος Παραγωγής Υποβάθρου από Αναλογικές Αεροφωτογραφίες

6.9 Κόστος Υποβάθρου βάσει του Ν. 3316/05 με Δορυφορικές Εικόνες Geoeye-1

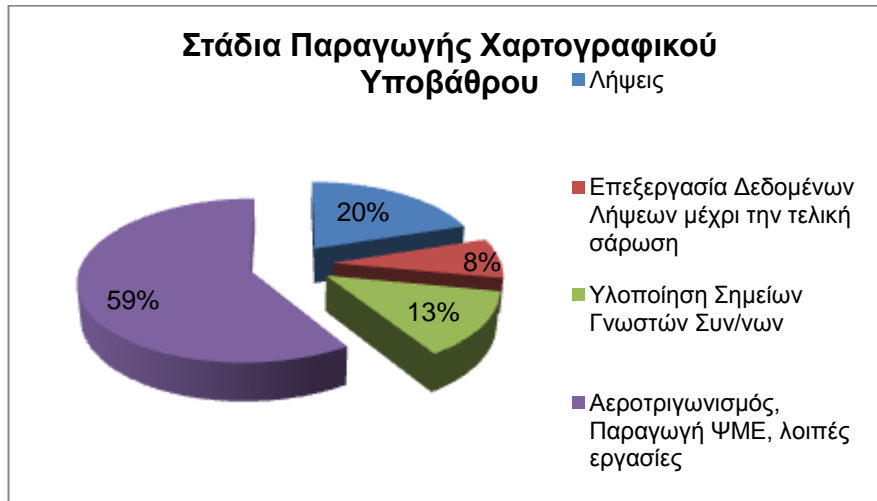
6.9.1 Εκτίμηση Κόστους Υποβάθρου στην Περιοχή Μελέτης

Ο απαραίτητος αριθμός μονοσκοπικών δορυφορικών εικόνων για την κάλυψη της περιοχής μελέτης, η οποία θεωρείται ως αντιπροσωπευτική για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας για περιοχή μικρής έκτασης, είναι δύο, με δεδομένη τη διάθεση προϋπάρχοντος ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Σε αυτήν την περίπτωση, το κόστος απόκτησης των εικόνων, σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές της αγοράς, είναι περίπου 19 €/km². Για δύο εικόνες, που θα καλύπτουν υποχρεωτικά ελάχιστη έκταση 100 km² η καθεμία, το κόστος αγοράς ανέρχεται στα 3.800 €. Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμο το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής ενδιαφέροντος και επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν στερεοσκοπικές λήψεις για την εξαγωγή του, θα χρειαστούν δύο στερεοσκοπικά μοντέλα, όπου το κόστος εκτιμάται περίπου ως 31 €/km². Το κόστος απόκτησης των στερεοσκοπικών εικόνων Geoeye-1 από την εταιρεία διάθεσης, ανέρχεται στα **6.180 €**. Βέβαια, σημειώνεται ότι οι στερεοσκοπικές εικόνες που αγόρασε το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας είχαν τιμή περίπου 3.000 €, λόγω εκπαιδευτικής έκπτωσης, η οποία δεν ξεπερνά το 30% της τελικής τιμής, υπό κανονικές συνθήκες.

Θεωρήθηκε σκόπιμο να εκτιμηθεί το κόστος των υπολοίπων εργασιών παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου από δορυφορικές εικόνες, πλην του σταδίου των λήψεων, βάσει εμπειρικών στοιχείων που δίνουν το ποσοστό συμμετοχής των επιμέρους σταδίων στο συνολικό κόστος των εργασιών. Αυτή η μεθοδολογία προέκυψε λόγω των παραμέτρων του Ν. 3316/05, που συμμετέχουν στον υπολογισμό του κόστους της παραγωγής ορθοφωτογραφίας. Διαπιστώνεται ότι με βάση τον νόμο, δεν προβλέπεται η απομόνωση του κόστους της υλοποίησης των σημείων γνωστών συντεταγμένων. Ως αποτέλεσμα δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός της διαφοράς που προκύπτει με τη διαφορετική τεχνική που εξετάζεται. Το Διάγραμμα 6.2 εμφανίζει τα εμπειρικά στοιχεία που απορρέουν από εμπειρογνώμονες και

στελέχη της ΦΩΤΟΠΟ Α.Ε. και εκφράζουν τα ποσοστά συμμετοχής των σταδίων παραγωγής στο συνολικό κόστος του .

Σύμφωνα με αυτά τα στοιχεία, οι εργασίες υλοποίησης των σημείων γνωστών συντεταγμένων συμμετέχουν με ποσοστό 13% σε ολόκληρη τη διαδικασία, απο το οποίο το 6,5% αναφέρεται στις μετρήσεις των φωτοσταθερών. Για να εκτιμηθεί η διαφορά που προκύπτει σε αυτό το στάδιο λόγω της χρήσης δορυφορικών εικόνων, θα υπολογιστεί αναλογικά η έκπτωση λόγω της μείωσης του αναγκαίου αριθμού σημείων γνωστών συντεταγμένων.



Διάγραμμα 6.2 Εμπειρικά ποσοστά οικονομικής συμμετοχής των επιμέρους σταδίων στο κόστος της παραγωγής του υποβάθρου

Έχει αποδειχθεί ότι οι μετρήσεις πεδίου για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας από δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης είναι μειωμένες σε σχέση με την αντίστοιχη διαδικασία χρησιμοποιώντας συμβατικές αεροφωτογραφίες. Όπως υποστηρίχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, για την ακριβή γεωαναφορά μιας δορυφορικής εικόνας απαιτείται η γνώση των συντεταγμένων **X,Y,Z ενός μοναδικού σημείου**. Επιθυμητή είναι η γνώση και κάποιων σημείων ελέγχου για την κατοπινή εξασφάλιση της απαιτούμενης ακρίβειας της εργασίας. Επομένως ένας ασφαλής αριθμός όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα κατανομημένων σημείων ελέγχου για την περιοχή της Αντιπάρου είναι τρία. Σύμφωνα με τον Ν. 3316/05, με την αφαίρεση των επιπλέον φωτοσταθερών, το κόστος που υπεισέρχεται από τις εργασίες πεδίου είναι 11,25 €. Οι υπόλοιπες εργασίες που συμμετέχουν στην παραγωγή του ορθοφωτοχάρτη, πλην των λήψεων και των μετρήσεων πεδίου εκτιμώνται στα 100 €. Επομένως υπολογίζεται ότι το συνολικό κόστος για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας της περιοχής της Νήσου Αντιπάρου από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1, συμπεριλαμβανομένων και των εργασιών παραγωγής του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, είναι περίπου **6.280 €**. Η μείωση στο κόστος που προκύπτει λόγω της μείωσης του αριθμού των αναγκαίων φωτοσταθερών είναι πρακτικά αμελητέα, λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό του συνολικού κόστους που καλύπτουν οι μετρήσεις πεδίου.

Παρατηρείται ότι το κόστος απόκτησης των δορυφορικών εικόνων είναι οικονομικότερο από το αντίστοιχο κόστος των αεροφωτοληψιών. Βέβαια, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, συχνά οι τιμές που υπολογίζονται με βάση το νομικό πλαίσιο δεν είναι ενδεικτικές της επικρατούσας κατάστασης και υπεισέρχονται σημαντικές πολλές φορές εκπτώσεις. Αυτές οι εκπτώσεις και οι πρόσθετες παράμετροι που επηρεάζουν τις τιμές θα σχολιαστούν στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Επιπλέον σημειώνεται ότι κατά την εφαρμογή της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν περισσότερα φωτοσταθερά και σημεία ελέγχου για την παραγωγή και έλεγχο της ορθοφωτογραφίας. Αυτό οφείλεται στη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού και δυναμικού για τη μέτρηση των συγκεκριμένων σημείων καθώς και στην ελαστικότητα του χρόνου, όταν πραγματοποιήθηκαν οι εργασίες τον Μάιο του 2012. Αξιοποιήθηκε η πληθώρα των σημείων

για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων εσωτερικής και εξωτερικής ακρίβειας που προκύπτουν με τη μεταβολή του πλήθους και της κατανομής των φωτοσταθερών.

6.9.2 Αναγωγή Κόστους σε Επίπεδο Χώρας

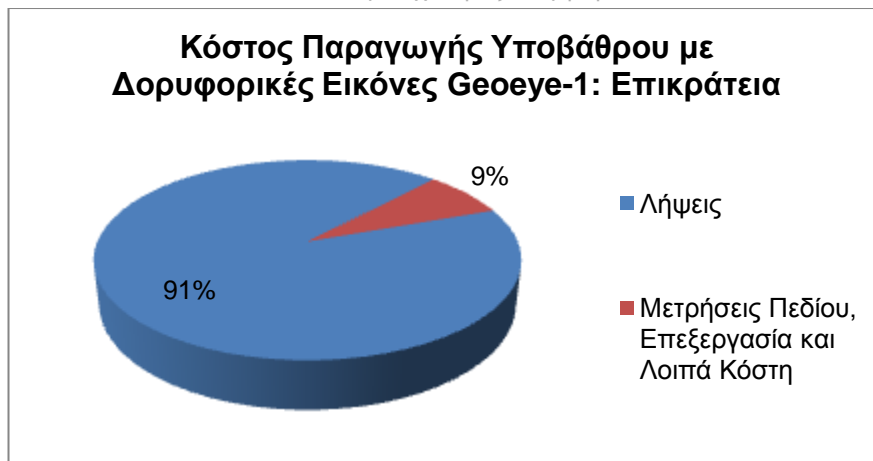
Με την παραπάνω μεθοδολογία που εφαρμόστηκε, προκύπτει ότι χρειάζονται περίπου 19.000 μετρημένα φωτοσταθερά σε όλη τη χώρα για την κάλυψή της με υπόβαθρο κλίμακας 1:5.000 (23.000 με την χρήση αναλογικής αεροφωτομηχανής). Σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές των δορυφορικών εικόνων Geoeye-1 (βλ. Κεφάλαιο 1), το κόστος αγοράς στεροσκοπικών εικόνων για όλη την Επικράτεια χωρίς έκπτωση εκτιμάται ως 4.092.000 €.

Όσον αφορά στις υπόλοιπες εργασίες που συμμετέχουν στην παραγωγή της ορθοφωτογραφίας, υπολογίστηκαν βάσει συνδυασμού του κανονισμού του Ν. 3316/05 και των εμπειρικών στοιχείων που αναφέρονται στο Διάγραμμα 6.2. Επιχειρήθηκε αυτή η προσέγγιση λόγω της μείωσης του κόστους που προβλέπεται να υπάρξει από την μείωση των αναγκαίων επίγειων μετρήσεων και της απαλοιφής του σταδίου επεξεργασίας αρχικών δεδομένων, που προβλέπεται στην περίπτωση των αναλογικών αεροφωτογραφιών.

Ως εκ τούτου, το κόστος υπολογίστηκε αρχικά βάσει της σχέσης που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση των αεροφωτογραφιών για όλη την Επικράτεια (βλ. εδάφιο 6.8.2) και στη συνέχεια, συνυπολογίζοντας τα εμπειρικά ποσοστά συμμετοχής των εργασιών στο συνολικό κόστος, μειώθηκε το κόστος που υπολογίστηκε κατά ποσοστό που αναλογούσε σε κάθε στάδιο. Το υπολογισμένο κόστος των υπολοίπων εργασιών, σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, εκτιμάται περίπου στα **388.000 €**. Το συνολικό κόστος παραγωγής ορθοφωτογραφίας κλίμακας 1:5000 από δορυφορικές εικόνες Geoeye-1, χωρίς έκπτωση, εκτιμάται ως **4.480.000 €**.



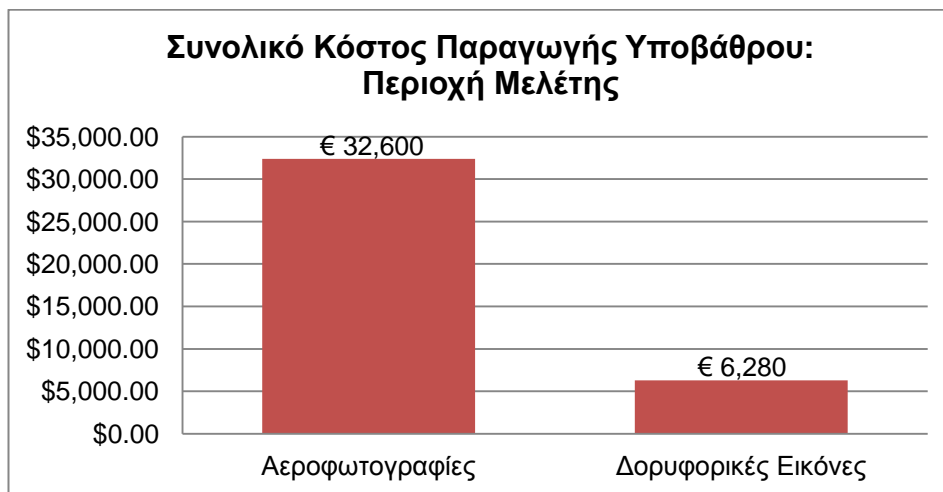
Διάγραμμα 6.3 Ποσοστιαία Συμμετοχή των Επιμέρους Σταδίων στο Συνολικό Κόστος Παραγωγής Υποβάθρου από Δορυφορικές Εικόνες για την Περιοχή Μελέτης



Διάγραμμα 6.4 Ποσοστιαία Συμμετοχή των Επιμέρους Σταδίων στο Συνολικό Κόστος Παραγωγής Υποβάθρου από Δορυφορικές Εικόνες για την Επικράτεια

6.10 Σύγκριση Μεθόδων με Εφαρμογή του Ν. 3316/05

Παρακάτω παρουσιάζονται οι γραφικές απεικονίσεις σύγκρισης του συνολικού κόστους παραγωγής με τις δύο μεθόδους που περιγράφηκαν, καθώς επίσης οι γραφικές απεικονίσεις για τα κόστη των επιμέρους σταδίων της διαδικασίας παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου, στις δύο κλίμακες που μελετώνται. Επισημαίνεται ότι αυτά τα οικονομικά μεγέθη είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού εμπειρικών ποσοστών που αναφέρονται στην οικονομική συμμετοχή συγκεκριμένων παραγόντων στην παραγωγική διαδικασία καθώς επίσης της εφαρμογής του Ν. 3316/05, όσο ήταν δυνατόν να ακολουθηθεί.

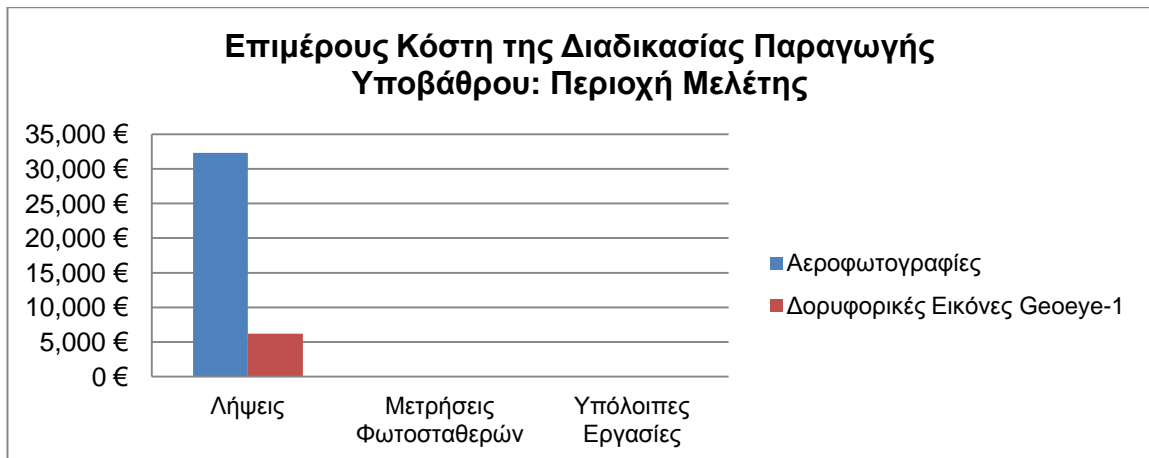


Διάγραμμα 6.5 Συνολικό Κόστος Παραγωγής: Ν. Αντίπαρος

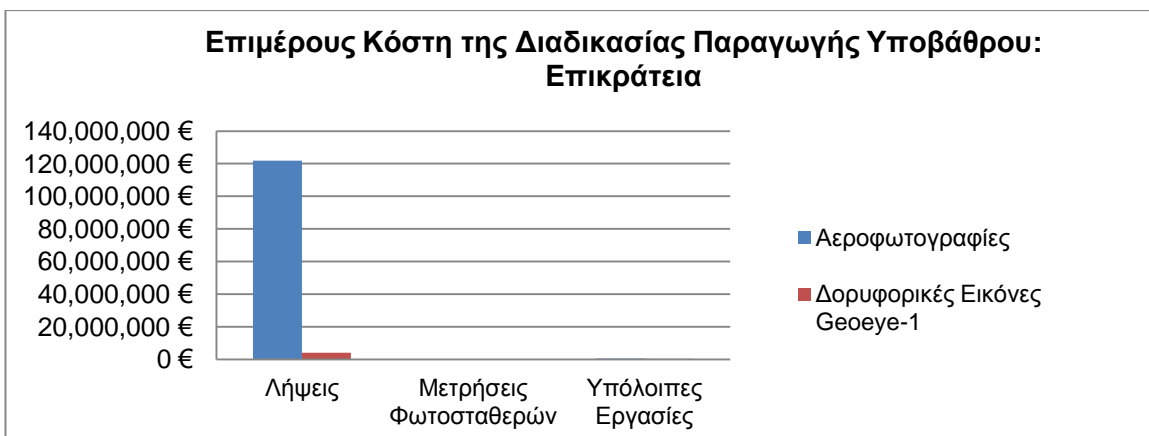


Διάγραμμα 6.6 Συνολικό Κόστος Παραγωγής: Επικράτεια

Με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες και τον Ν. 3316/05, γίνεται αντιληπτή η σημαντική οικονομικότητα που παρουσιάζουν οι δορυφορικές εικόνες έναντι των συμβατικών αεροφωτογραφιών για την παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου, και βεβαίως λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές προδιαγραφές που ικανοποιούνται και στις δύο περιπτώσεις. Τα παρακάτω γραφήματα οπτικοποιούν αυτήν την διαφορά καθώς τονίζεται η διαφορά στο κόστος που υπεισέρχεται κατά την αγορά των εικόνων από την Geoeye, σε σχέση με το κόστος αεροφωτογράφισης που προκύπτει με βάση τις νομικές διατάξεις και τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.



Διάγραμμα 6.7 Σύγκριση των Κοστών των Επιμέρους Σταδίων της Παραγωγής Υποβάθρου: Ν. Αντίπαρος



Διάγραμμα 6.8 Σύγκριση των Κοστών των Επιμέρους Σταδίων Παραγωγής Υποβάθρου: Επικράτεια

Από τα αριθμητικά μεγέθη και τα γραφήματα που παρουσιάζονται, γίνεται αντιληπτό ότι το υψηλό κόστος που προκύπτει για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας από συμβατικές αεροφωτογραφίες απορρέει πρωτίστως από το κόστος της αεροφωτογράφισης. Λαμβάνοντας υπόψη κανείς μόνο το κανονιστικό πλαίσιο, συμπεραίνεται ότι οι αεροφωτογραφίες είναι ασύμφωρες σε σχέση με τις δορυφορικές εικόνες και στις δύο κλίμακες που μελετήθηκαν. Ειδικά στην περίπτωση της Επικράτειας, το κανονιστικό πλαίσιο του Ν. 3316/2005 δίνει τιμές που, όπως θα φανεί και παρακάτω, προσπερνούν σε μεγάλο βαθμό την πραγματικότητα. Επίσης, παρατηρείται ότι σύμφωνα με τον κανονισμό, υπάρχει μια μη ισορροπημένη σχέση μεταξύ των οικονομικών συμμετοχών των επιμέρους σταδίων στο συνολικό κόστος, γεγονός που σηματοδοτεί αναποτελεσματικό οικονομικό σχεδιασμό για την κοστολόγηση των εργασιών. Ωστόσο επισημαίνεται ότι το κανονιστικό πλαίσιο έχει ενδεικτικό χαρακτήρα, εφόσον οι εκπτώσεις και οι δυνάμεις της αγοράς ωθούν τις τελικές τιμές σε διαφορετικά επίπεδα, γεγονός που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια του κεφαλαίου.

6.11 Εκπτώσεις στο Κόστος του Υποβάθρου

Όπως διαπιστώθηκε στην προηγούμενη ενότητα, σύμφωνα με τον κανονιστικό πλαίσιο του Ν.3316/05, η χρήση δορυφορικών εικόνων έναντι συμβατικών αεροφωτογραφιών στη διαδικασία παραγωγής του υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου, αποτελεί την οικονομικά συμφέρουσα πρακτική. Τα δεδομένα που μελετήθηκαν για την εξαγωγή αυτού του συμπεράσματος σχετίζονται με την πρακτική εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε στη Νήσο Αντίπαρο, τα στοιχεία του εξοπλισμού και τις συνθήκες αεροφωτογράφισης που επικρατούσαν την εποχή που παρήχθη ο ορθοφωτοχάρτης της Κτηματολόγιο Α.Ε., καθώς επίσης εμπειρικά στοιχεία που συνέβαλαν στην κοστολόγηση των επιμέρους εργασιών. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, οι τιμές που προκύπτουν από το κανονιστικό πλαίσιο διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από τις πραγματικές, συγκρινόμενες με τις τελικές συμφωνηθείσες της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Θεωρείται σκόπιμο για αυτόν τον λόγο να μελετηθεί αυτό το γεγονός και να επιχειρηθεί η κοστολόγηση των δεδομένων, λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες στους οποίους οφείλεται αυτή η οικονομική απόκλιση.

6.11.1 Έκπτωση στις Αεροφωτογραφίες για την Περιοχή Μελέτης

Όπως διαπιστώθηκε στο εδάφιο 6.7.2, η εκτίμηση του κόστους παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου από αεροφωτογραφίες για ανεξάρτητα έργα μεγάλης κλίμακας δύναται να πραγματοποιηθεί μέσω της εφαρμογής του αντίστοιχου νομικού πλαισίου. Βάσει εμπειρικών στοιχείων και μετά από προφορικές συζητήσεις με αναδόχους αεροφωτογραφικών αποστολών στην Ελλάδα, το επικρατόν κόστος που υφίσταται μετά από την έκπτωση για αντίστοιχο έργο εκτιμάται περίπου στα **8.000 €**. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η τιμή είναι επίσης ενδεικτική για την περίπτωση έργων ενημέρωσης του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου, όπου προβλέπεται η απομόνωση ορισμένης περιοχής μικρών διαστάσεων.

Στην περίπτωση, όμως, που η μικρή, σε διαστάσεις, περιοχή εντάσσεται στο πλαίσιο ενός συνολικότερου έργου, το αποτέλεσμα της κοστολόγησης θα αποκλίνει από την προηγούμενη τιμή. Όταν η Κτηματολόγιο Α.Ε. ανέλαβε την παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου το 2007, πραγματοποιήθηκε το έργο στο οποίο εντάχθηκε και η περιοχή Πάρου-Αντιπάρου, το οποίο υπέστη σημαντική έκπτωση της τάξης του 94%. Το κόστος παραγωγής εκτιμήθηκε στα 35 €/km². Λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την τιμή, το κόστος παραγωγής υποβάθρου για την Αντίπαρο στο πλαίσιο ενός συνολικότερου έργου της Κτηματολόγιο Α.Ε., εκτιμάται περίπου στα **1.400 €**.

6.11.2 Έκπτωση στις Αεροφωτογραφίες για την Επικράτεια

Διαπιστώνεται ότι η παραπάνω τιμή μονάδος των 35 €/km², είναι διαμορφωμένη για εφαρμογή σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπως του Εθνικού Κτηματολογίου. Σύμφωνα με πληροφορίες της Κτηματολόγιο Α.Ε., το 2007, το χαρτογραφικού υποβάθρου της Επικράτειας για τις περιοχές LSO, διαιρέθηκε σε τρία αυτοτελή έργα με διαφορετικούς αναδόχους. Παρακάτω παρουσιάζονται τα κόστη των επιμέρους έργων καθώς και οι εκτάσεις στις οποίες αντιστοιχούσαν. Το συνολικό κόστος παραγωγής του υποβάθρου από αναλογικές αεροφωτογραφίες, για το σύνολο της χώρας, ανήλθε το 2007 στα 4.676.900 €. Με βάση τον δείκτη τιμών καταναλωτή που ίσχυε το 2007 (1,066) και αναγωγή στο 2013, αυτό το κόστος εκτιμάται σήμερα ως 5.480.000 €. Με την συμπερίληψη ενός συντελεστή ασφαλείας στην περίπτωση έκτακτων εργασιών της τάξης του 20%, η τιμή ανέρχεται στα **6.576.000 €**.

Πίνακας 6.3 Προϋπολογισμός κόστους παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου Εθνικού Κτηματολογίου για την Επικράτεια (Πηγή:Καράμπελας, Ε., 2008)

Επιφάνεια	Προϋπολογισμός 2007
49.041 km ²	1.655.385 €
42.978 km ²	1.503.077 €
40.005 km ²	1.518.461 €

6.11.3 Έκπτωση στις Δορυφορικές Εικόνες

Όσον αφορά στην αγορά και απόκτηση δορυφορικών εικόνων, για ανεξάρτητα έργα μικρής κλίμακας και εμβέλειας, διαπιστώνεται ότι δεν προσφέρεται έκπτωση στα προϊόντα από τις εταιρείες παροχής, εκτός εάν πρόκειται για εκπαιδευτική χρήση. Στην παρούσα διπλωματική, οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν υποστεί έκπτωση λόγω εκπαιδευτικής χρήσης της τάξης του 50% με τιμή 3.000 € για δύο στερεοσκοπικά μοντέλα. Όμως, εφόσον η συγκεκριμένη μελέτη δεν πραγματεύεται τον εκπαιδευτικό χαρακτήρα του εγχειρήματος, θα χρησιμοποιηθεί η κανονική τιμή των 6.180 €, θεωρώντας ότι δεν υφίσταται καμία έκπτωση στις εικόνες για έργο αυτής της κλίμακας. Με την πρόσθεση του κόστους των υπολοίπων εργασιών που συμμετέχουν στην παραγωγή του υποβάθρου, όπως έχει προκύψει από τα εμπειρικά δεδομένα, και εκτιμάται ως 5.700€, το κόστος αυτό ανέρχεται στα **11.900 €**.

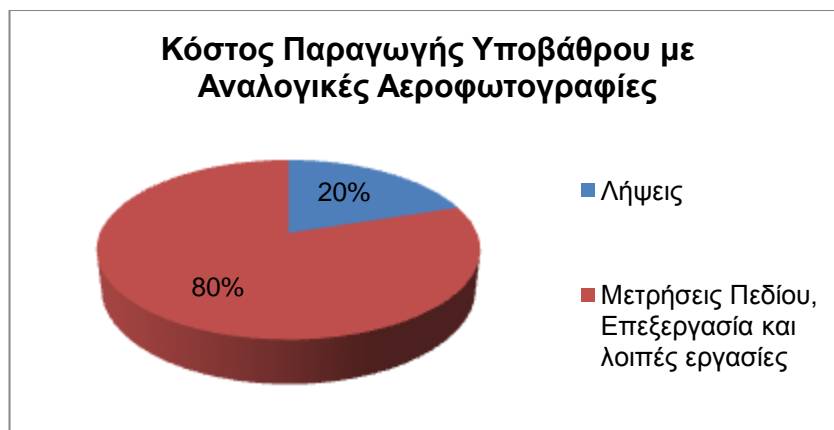
Ωστόσο, στην περίπτωση των έργων ευρύτερης εμβέλειας όπως το Εθνικό Κτηματολόγιο, θεωρείται πιθανή η χορήγηση έκπτωσης για τον προγραμματισμό, τη λήψη και την προμήθεια των δορυφορικών εικόνων όλης της Ελλάδας. Πράγματι η συμβολή σε ένα δημόσιο έργο τέτοιων διαστάσεων θα αποτελούσε μια οικονομικά συμφέρουσα κίνηση για την ενδιαφερόμενη εταιρεία. Σύμφωνα με κάποια εμπειρικά στοιχεία από παλαιότερες προτάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, η έκπτωση για έργο των διαστάσεων του Εθνικού Κτηματολογίου είναι της τάξης του 60%. Ως αποτέλεσμα, εκτιμάται ότι το κόστος της λήψης και απόκτησης των δορυφορικών εικόνων όλης της Επικράτειας είναι περίπου **1.584.000 €**. Τέλος, η ρεαλιστική τιμή σύγκρισης του κόστους παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου για το Εθνικό Κτηματολόγιο από δορυφορικές εικόνες εκτιμάται περίπου ως 5.552.000 €, συμπεριλαμβανομένων των υπολοίπων εργασιών των οποίων το κόστος υπολογίζεται ως 3.968.000 €. Στην περίπτωση επιπλέον έκτακτων εργασιών, προσαυξάνεται αυτή η τιμή, βάσει εμπειρίας, κατά 20%, με αποτέλεσμα το τελικό κόστος να ανέρχεται περίπου στα **6.662.000 €**.



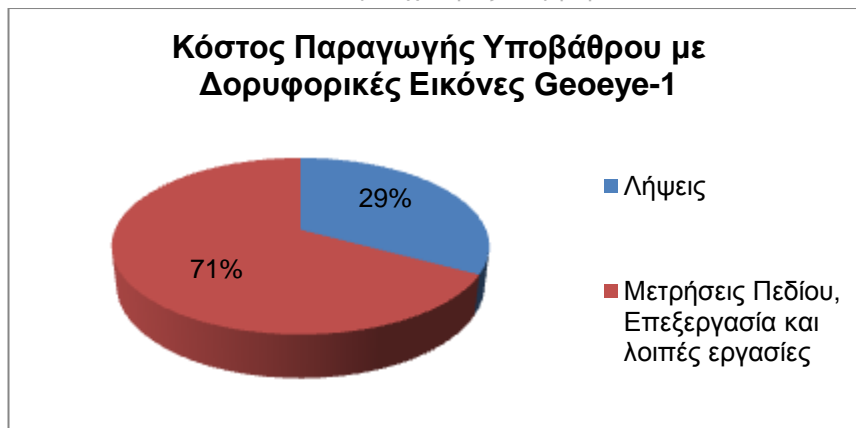
Διάγραμμα 6.9 Συνολικά κόστη παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου με έκπτωση για την περιοχή μελέτης



Διάγραμμα 6.10 Συνολικό κόστος παραγωγής χαρτογραφικού υποβάθρου με έκπτωση για την Επικράτεια



Διάγραμμα 6.11 Οικονομική συμμετοχή των σταδίων της παραγωγής του υποβάθρου με αεροφωτογραφίες στο συνολικό κόστος για την Επικράτεια



Διάγραμμα 6.12 Οικονομική συμμετοχή των σταδίων της παραγωγής του υποβάθρου με δορυφορικές εικόνες στο συνολικό κόστος για την Επικράτεια

Όπως γίνεται έντονα αντιληπτό και από τα παραπάνω διαγράμματα, η διαφορά στο κόστος μεταξύ των δύο τεχνικών έχει μειωθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό. Επιπλέον παρατηρείται πιο ισορροπημένη κατανομή οικονομικής συμμετοχής των επιμέρους σταδίων στο συνολικό κόστος της παραγωγής του υποβάθρου. Ενώ στην περίπτωση των μικρότερων έργων, όπως της εφαρμογής της παρούσας διπλωματικής, μπορεί να θεωρηθεί ότι υπεισέρχονται εκπτώσεις που μειώνουν την τελική τιμή της συμφωνίας, επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι ο νόμος 3316/05 δεν εφαρμόζεται στην περίπτωση των αεροφωτογραφήσεων για έργα των διαστάσεων της Επικράτειας. Σε αυτήν την περίπτωση, οι τιμές καθορίζονται από τις δυνάμεις της αγοράς, καθώς και από τις οικονομικές συνθήκες της εποχής.

Από τα παραπάνω δεδομένα, διαπιστώνεται ότι η οικονομικότερη τεχνική παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου διαφέρει στις δύο κλίμακες που μελετήθηκαν. Για **μικρά έργα ενημέρωσης**, ή και για ανεξάρτητα έργα που καλύπτουν σχετικά μικρές εκτάσεις, **ευνοείται η αγορά δορυφορικών εικόνων** υψηλής ανάλυσης. Η μείωση στο κόστος που οφείλεται στην απαλλαγή από τα πάγια κόστη τα οποία σχετίζονται με την αεροφωτογράφιση είναι ιδιαίτερα αισθητή σε αυτήν την περίπτωση. Αντιθέτως, **για έργα μεγάλης κλίμακας**, όπως του Εθνικού Κτηματολογίου, εκτιμάται ότι **η αεροφωτογράφιση μπορεί να εξοικονομήσει** μέχρι και **86.000 €**, διαφορά του 1%.

Βέβαια, στην περίπτωση που θεωρείται ότι το ψηφιακό μοντέλο εδάφους προϋπάρχει για μεγάλο ποσοστό της επικράτειας, ενδεικτικά για έκταση από 20 έως 60% της έκτασης, αυτή η διαφορά στο τελικό κόστος μεταξύ των δύο προϊόντων προβλέπεται να μειωθεί, με αποτέλεσμα οι δορυφορικές εικόνες να εκτιμούνται ως η οικονομικότερη λύση. Συγκεκριμένα, μειώνεται το κόστος περίπου από 6.662.000 € σε τιμές από 5.156.000 έως 5.341.000 €.

6.12 Προβληματισμοί

Λαμβάνοντας κανείς υπόψη τα ενδεικτικά μεγέθη και στοιχεία που παρουσιάστηκαν, εξάγεται λογικώς το συμπέρασμα ότι δεν συμφέρει οικονομικά την Κτηματολόγιο Α.Ε., και εμμέσως το κράτος, να επενδύσει στην αγορά δορυφορικών απεικονίσεων υψηλής ευκρίνειας για έργα που καλύπτουν μικρή γεωγραφική έκταση, όπως τα έργα ενημέρωσης. Στην περίπτωση όμως, που η εταιρεία καλείται να καλύψει όλη την Επικράτεια στα πλαίσια ενός ή μικρού αριθμού έργων, οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτη διαφορά στο κόστος. Παρόλα αυτά θεωρείται σκοπιμο να διατυπωθούν κάποιοι προβληματισμοί που κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν υπόψη πριν από την εξαγωγή τελικού συμπεράσματος για την τελικά συμφέρουσα τεχνική.

6.12.1 Νέες Τεχνικές Προδιαγραφές

Παρατηρείται ότι η παραπάνω μελέτη βασίζεται και θεμελιώνεται στις τεχνικές προδιαγραφές που τέθηκαν σε ισχύ το 2007 από τους αρμόδιους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων της Κτηματολόγιο Α.Ε., του Ο.Κ.Χ.Ε. καθώς και των εποπτευόντων φορέων (Υ.Π.Ε.Κ.Α., Ε.Ε.). Αφορά ειδικότερα στην περίπτωση των ορθοφωτοχαρτών μεγάλης κλίμακας LSO όπου η απαιτούμενη χωρική ανάλυση των τελικών προϊόντων ορίζεται ως 0,50 m. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, μέχρι σήμερα, η υψηλότερη χωρική ανάλυση σε δορυφορικές εικόνες που προσφέρεται στη διεθνή αγορά για χρήση είναι επίσης 0,50 m. Εξάλλου βάσει αυτής της οριακής τιμής ήταν εφικτή και η σύγκριση και αξιολόγηση των δύο μεθόδων που αναπτύχθηκαν.

Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου, τις τεχνολογικές εξελίξεις, την αύξηση του ανταγωνισμού στην παραγωγή ορθοφωτοχαρτών, τη βελτιστοποίηση των τεχνικών δυνατοτήτων των σύγχρονων ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών και τη μείωση του κόστους απόκτησής τους, οι απαιτήσεις ακριβείας και ποιότητας των παραγομένων της Κτηματολόγιο Α.Ε. υφίστανται και ανάλογη μεταβολή. Ήδη έχει υπογραφεί η σύμβαση από την εταιρεία για την ενοποίηση των περιοχών LSO και VLSO, με την υιοθέτηση ενιαίου μεγέθους εδαφοψηφίδας των χαρτογραφικών υποβάθρων 0,25 m. Με τα σημερινά δεδομένα, αυτή η τροποποίηση θα συνεπάγεται τον αποκλεισμό των δορυφορικών απεικονίσεων, ως υποψήφια οικονομικότερη λύση στη θέση των συμβατικών αεροφωτογραφιών, τουλάχιστον προς το παρόν.

Εάν εξαιρέσει κανείς το μεγαλύτερο κόστος που υπεισέρχεται στην παραγωγή ορθοφωτογραφίας από συμβατικές αναλογικές ή ψηφιακές αεροφωτογραφίες για μικρά έργα, ποιοτικά το αποτέλεσμα είναι πρότυπο για τη χρήση που μελετάται. Επιπλέον, με τις νέες προδιαγραφές που τίθενται, βρίσκονται σε θέση εκτός συναγωνισμού. Με αυτόν τον τρόπο, επόμενο είναι να εκτοπίζεται ο ρόλος των δορυφορικών απεικονίσεων. Ωστόσο με την ολοένα και αυξανόμενη χωρική ανάλυση που εξασφαλίζουν οι νέοι τηλεπισκοπικοί δορυφόροι, αναμένεται μελλοντικά να τεθούν σε τροχιά κάποιοι που θα ικανοποιούν τις νέες προδιαγραφές, και των οποίων οι εικόνες ενδεχόμενως να απελευθερωθούν στην αγορά για την αξιοποίηση σε εφαρμογές γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, όπως το Εθνικό Κτηματολόγιο. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό, μπορεί κανείς να πει ότι υπάρχει προοπτική επιστροφής και επανάκτησης της ανταγωνιστικής θέσης των δορυφορικών εικόνων για το δημόσιο εγχείρημα που εξετάζεται.

6.12.2 Σύγκριση Προϊόντων

Στα Κεφάλαια 4 και 5 της διπλωματικής αυτής εργασίας, περιγράφηκε η ανάπτυξη και πρακτική εφαρμογή των απαραίτητων τεχνικών μεθόδων για τη δημιουργία του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου από δορυφορικές εικόνες. Κρίσιμο στοιχείο τους ήταν η τεχνική αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε, βάσει των υφιστάμενων προδιαγραφών, με στόχο την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με το εάν οι δύο μέθοδοι μπορούν να θεωρηθούν ποιοτικά και μετρητικά ισάξιες για το εγχείρημα που υπηρετούν. Μολονότι το αποτέλεσμα της σύγκρισης ανέδειξε τις δορυφορικές εικόνες ως μετρητικά ισάξια εναλλακτική λύση στην προκειμένη μελέτη, δεν μπορεί να υποτεθεί ότι τα δύο προϊόντα που εξετάζονται είναι και ποιοτικά ταυτόσημα. Παρουσιάζουν κάποιες διαφορές ακόμα και στην αρχική τους μορφή, οι οποίες θα εξεταστούν, καθώς πιθανώς να επηρεάζουν την ποιότητα και το κόστος τους μακροπρόθεσμα.

6.12.2.1 Καιρικές Συνθήκες

Αξίζει να σχολιαστεί η επίδραση των καιρικών συνθηκών κατά τη συλλογή των αρχικών δεδομένων. Παρατηρείται ότι οι καιρικές συνθήκες αποτελούν έναν σταθερό αλλά συγχρόνως και τυχαίο παράγοντα, ο οποίος επηρεάζει την ποιότητα και αξιοπιστία των εικόνων από μικρό

έως και πολύ μεγάλο βαθμό. Κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, από 50 έως 70% της γήινης επιφάνειας είναι καλυμμένη με νέφη (NASA, 2004). Στην περίπτωση των αεροφωτογραφιών, ο προγραμματισμός της πτήσης, ο οποίος περιλαμβάνει και τη ρύθμιση της ώρας που θα γίνει η πτήση, και το χαμηλό ύψος πτήσης είναι δύο μέτρα που συμβάλλουν αποτελεσματικά στον περιορισμό ή και την αποφυγή νεφοκάλυψης στις λήψεις. Αντιθέτως, το μεγάλο ύψος πτήσης του δορυφόρου και η προκαθορισμένη διαδρομή που εκτελεί συχνά οδηγούν σε εικόνες με νεφοκάλυψη, καθιστώντας τις εικόνες ακατάλληλες για χρήση.

Οι εταιρείες παροχής των τηλεπισκοπικών δεδομένων εγγυώνται ένα ελάχιστο όριο στο ποσοστό νεφοκάλυψης για τα προϊόντα τους. Η τιμή αυτή για την Geoeye και την DigitalGlobe είναι 15%. Παρέχεται και η δυνατότητα μείωσης αυτού του ποσοστού με μια παραπάνω χρέωση, ανάλογη του ποσοστού που μειώνεται. Στην περίπτωση που παρατηρείται νέφος στην εικόνα που καλύπτει περιοχή μικρότερη από το συγκεκριμένο οριακό ποσοστό της εικόνας, ο πελάτης επιβαρύνεται με την εκ νέου παραγγελία και αγορά για την καταγραφή της συγκεκριμένης περιοχής από τον δορυφόρο στο επόμενο πέρασμά του.

Εκτός από την επιπλέον οικονομική επιβάρυνση, λόγω των καιρικών συνθηκών, αυξάνεται σημαντικά και το απαραίτητο χρονικό διάστημα για την επίτευξη μιας «καθαρής» λήψης και η τροχιακή περίοδος πιθανώς να μην επαρκεί. Αυτή η χρονική υστέρηση στη λήψη μιας «καθαρής» σκηνής ισοδυναμεί με περιορισμένη διαθεσιμότητα των τηλεπισκοπικών δεδομένων προς τους ενδιαφερόμενους πελάτες. Η συμβατική μέθοδος αεροφωτογράφισης βρίσκεται σε πλεονεκτικότερη θέση όσον αφορά στη διαθεσιμότητα αεροσκάφους για την πραγματοποίηση λήψης, οποιαδήποτε χρονική στιγμή προκύπτει η ανάγκη. Αυτό το γεγονός παρατηρείται έντονα στις περιπτώσεις ανάγκης ενημέρωσης του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου για περιοχές μικρής ή μεσαίας έκτασης, όπου συχνά η οικονομία χρόνου είναι προτεραιότητα στη διεκπεραίωση μιας εργασίας και δεν ενδείκνυται η παραγγελία δορυφορικών εικόνων, αλλά αντιθέτως προτιμάται η πιο άμεση λύση που προσφέρει η αεροφωτογράφιση.

6.12.2.2 Φωτισμός

Αξίζει να αναφερθεί κανείς επίσης στην επίδραση που προκαλεί το ηλιακό φως της αρχικής εικόνας, κατά την αξιολόγηση της ποιότητάς του. Ως γνωστόν, οι τηλεπισκοπικοί δορυφόροι, όπως ο Geoeye-1, ακολουθούν ηλιοσύγχρονη τροχιά και περνούν από δεδομένο σημείο στο έδαφος την ίδια τοπική ώρα σε κάθε τροχιακή περίοδο. Συγκεκριμένα, ο Geoeye-1 περνάει από δεδομένη περιοχή περίπου στις 10:30 π.μ., περίπου κάθε τρεις ημέρες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εικόνες που λαμβάνονται, ανεξάρτητα από τις ιδιαίτερες συνθήκες και ανάγκες που επικρατούν στην περιοχή ενδιαφέροντος, και την τυχούσα νεφοκάλυψη, να παρουσιάζουν προκαθορισμένες συνθήκες φωτισμού. Ο πελάτης δεν έχει τη δυνατότητα παρέμβασης στη ρύθμιση των παραμέτρων φωτισμού, όπως τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας και την ποσότητα του φωτός που προσπίπτει, οι οποίες ενίοτε προκαλούν απόκρυψη σημαντικών πληροφοριών και διαφοροποίηση της ποιότητας του αποτελέσματος της καταγραφής από περιοχή σε περιοχή (π.χ. σκίαση αναγλύφου και ραδιομετρικός κορεσμός). Οι λήψεις των αεροφωτογραφιών, αντιθέτως, παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να προγραμματιστούν για οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, ανάλογα με την ιδιομορφία της εκάστοτε περιοχής.

6.12.3 Ελάχιστο Μέγεθος Δορυφορικής Λήψης

Είναι γνωστό ότι οι κανονισμοί των εταιρειών παραγωγής και παροχής δορυφορικών εικόνων επιτρέπουν τη διανομή τους σε μορφή αρχείων εικόνων που καλύπτουν έκταση τουλάχιστον 100 km². Για μεσαίες και μεγάλες περιοχές, ακόμη και για την περίπτωση της Νήσου Αντιπάρου, δεν προβλέπεται κάποιο πρόβλημα. Όμως στην περίπτωση ανάγκης καταγραφής

μικρότερων και συνήθως απομονωμένων εκτάσεων, όπως κάποια ακατοίκητα νησιά του Αιγαίου, η δορυφορική σκηνή ενδέχεται να είναι ασύμφορη καθώς το κόστος λήψης είναι ανεξάρτητο από τον όγκο των πληροφοριών που ενδιαφέρουν τον πελάτη.

6.12.4 Οργανισμός Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στον ρόλο του Οργανισμού Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος στο εγχείρημα του Εθνικού Κτηματολογίου. Ως γνωστόν, ο Ο.Κ.Χ.Ε., ο οποίος κατατάσσεται στην κατηγορία των νομικών προσώπων δημοσίου δικαίου, αποτελεί τον αρμόδιο εποπτικό φορέα της Κτηματολόγιο Α.Ε. καθώς και άλλων φορέων παροχής γεωχωρικών δεδομένων, υπεύθυνος για την εξασφάλιση της ομαλής και έγκαιρης ολοκλήρωσης και λειτουργίας του Εθνικού Κτηματολογίου, σύμφωνα και με τον Ν.2664/1998. Επιπλέον είναι το υπεύθυνο όργανο για την εξασφάλιση της εναρμόνισης της Κτηματολόγιο Α.Ε. με το θεσμικό πλαίσιο της ευρωπαϊκής οδηγίας INSPIRE. Ο ρόλος αυτός του προγραμματισμού και του συντονισμού των κτηματογραφικών και χαρτογραφικών δραστηριοτήτων για την κάλυψη των αναπτυξιακών αναγκών της χώρας αποτελούσε, κατά το παρελθόν, αντικείμενο αρμοδιότητας των διαφόρων Υπουργείων και Υπηρεσιών του Κράτους. Όμως, λόγω της αναποτελεσματικής αντιμετώπισης του ζητήματος, και ύστερα από μακροχρόνιες συζητήσεις και προβληματισμούς, ιδρύθηκε ο Ο.Κ.Χ.Ε., με την ψήφιση στη Βουλή του ν. 1647 το έτος 1986.

Σημειώνεται ότι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής αποτελεί το ανώτερο όργανο υπεύθυνο για την επίβλεψη της λειτουργίας του Ο.Κ.Χ.Ε.. Όταν μετασχηματίστηκε η διοίκηση το 2010, επισημάνθηκαν κάποια προβληματικά στοιχεία στον οργανισμό, τα οποία αξίζει να αναφερθούν. Παρατηρήθηκε ότι ο Οργανισμός ήταν αποδυναμωμένος και η κύρια δραστηριότητά του ήταν η διαχείριση των αρχείων των χαρτών και αεροφωτογραφιών και η επικύρωση των αποφάσεων του Διοικητικού Συμβουλίου της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Η πλειονότητα του προσωπικού αδυνατούσε να συμβαδίσει με τις απαιτήσεις που έφερε η νέα, προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής, διοίκηση, κυρίως λόγω της έλλειψης εκπαίδευσης και ενδιαφέροντος λόγω της μακρόχρονης υποτονικότητας του Οργανισμού. Υπήρχε επίσης εμφανές οργανωτικό έλλειμμα σε επίπεδο υποδομών και λειτουργίας.

Γι' αυτόν το λόγο εκπονήθηκε το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του Ο.Κ.Χ.Ε. για την περίοδο 2010-2013, με κύριους πυλώνες την οργανωτική αναδιάρθρωση, τη δημιουργία της Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓΕΠ) και τις δράσεις εκσυγχρονισμού των δραστηριοτήτων του. Με στόχο την ανάκαμψη του Οργανισμού και τον ανταγωνισμό με άλλες εταιρείες, ο Ο.Κ.Χ.Ε. προχώρησε σε στρατηγικές ενέργειες οργανωτικού, λειτουργικού, και χρηματοοικονομικού χαρακτήρα. Ενεργοποιήθηκαν εκ νέου οι πτήσεις σε συνεργασία με τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού για τη διενέργεια αεροφωτογραφήσεων, οδηγώντας στην παραγωγή νέων προϊόντων. Υπογράφηκαν και τέθηκαν σε εφαρμογή μνημόνια συνεργασίας με άλλους φορείς του Δημοσίου, και αναζητήθηκαν πηγές χρηματοδότησης δράσεων του Οργανισμού από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ψηφιακή Σύγκλιση». (Ειδική Έκδοση Ο.Κ.Χ.Ε. 2010-2013)

Αυτή η προσπάθεια του Οργανισμού για οικονομική, διοικητική και τεχνική ανάκαμψη είναι απαραίτητη κίνηση για τον επαναπροσδιορισμό του ρόλου του Δημοσίου στα αναπτυξιακά έργα της χώρας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται ότι ο ρόλος, η λειτουργία, οι υποδομές, και κυρίως η διοικητική οργάνωση της Κτηματολόγιο Α.Ε. έχουν πετύχει την υλοποίηση ενός σημαντικού ποσοστού του έργου που μέχρι πρότινος βρισκόταν σε στασιμότητα. Σημειώνεται ότι ο Ο.Κ.Χ.Ε. είχε αναλάβει την παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου της Πελοποννήσου το 2007, με την υποστήριξη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού για την εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών. Παρατηρείται ότι και οι δύο φορείς

διεκδικούν μια ουσιαστική θέση στο έργο του Εθνικού Κτηματολογίου, γεγονός το οποίο ενδέχεται να προκαλέσει σύγχυση και επιπλέον καθυστέρηση σε αυτό το ήδη επιβραδυμένο έργο στην περίπτωση που δεν γίνει σωστή διαχείριση. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, αξίζει κανείς να προβληματιστεί για τους συγκεκριμένους ρόλους που έχουν ανατεθεί, για τον κύριο στόχο που τίθεται πριν από την υλοποίηση οποιουδήποτε δημοσίου έργου, καθώς επίσης και για την οργανωτική δομή και τον τρόπο λειτουργίας του Ελληνικού δημοσίου τομέα. Αυτά τα τρία στοιχεία επιβάλλεται να είναι σαφώς καθορισμένα και ενσωματωμένα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο που υπηρετεί το συμφέρον της χώρας.

Είναι κοινώς γνωστό ότι πραγματοποιείται διάλογος γύρω από το ζήτημα της συνένωσης του Ο.Κ.Χ.Ε. με την Κτηματολόγιο Α.Ε., με σκοπό την εναρμονισμένη και σφαιρική αντιμετώπιση του προβλήματος από τους δύο φορείς. Επιπλέον γίνονται προτάσεις από την ομάδα δράσης “Task Force” της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ενίσχυση της αυτοτέλειας της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Αυτές οι συζητήσεις, και μελλοντικές πρωτοβουλίες, αναδεικνύουν την ανάγκη μιας διοικητικής αναδιάρθρωσης του δημοσίου τομέα για την ομαλότερη και αποτελεσματικότερη περάτωση των στόχων του. Στην περίπτωση που δεν επιλυθεί αυτό το πρόβλημα, ελλοχεύει ο κίνδυνος ότι ο ρόλος, οι υποχρεώσεις και τα δικαιώματα των δημοσίων αλλά και ιδιωτικών υπηρεσιών θα παραμείνουν εμπλεκόμενες, με δυσμενείς επιπτώσεις στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και την παραγωγικότητα του δημοσίου τομέα.

Εν κατακλείδι, η χρήση δορυφορικών εικόνων, έναντι αεροφωτογραφιών, για την ενημέρωση του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου αποτελεί μια ενέργεια, η οποία λογικώς προβλέπεται να μειώσει σε κάποιο βαθμό τις δραστηριότητες των επιχειρήσεων που εμπλέκονται στη διαδικασία της παραγωγής του. Πράγματι μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν θα αποτελούσε συμφέρουσα εναλλακτική για τον Ο.Κ.Χ.Ε., αν αναλάβει τον ρόλο του φορέα παραγωγής ορθοφωτογραφιών για το Εθνικό Κτηματολόγιο. Προκειμένου να ολοκληρωθεί το έργο εξασφαλίζοντας την τήρηση των συμφωνημένων προθεσμιών και τεχνικών προδιαγραφών, αποτελεί αναγκαία συνθήκη η αποσαφήνιση των ρόλων των αλληλοεπικαλυπτόμενων υπηρεσιών, οι οποίες έχουν ιδρυθεί για την εκπλήρωση διαφορετικών υποχρεώσεων.

6.13 Αξιολόγηση

6.13.1 Γενικά

Στα προηγούμενα εδάφια επιχειρήθηκε η επισήμανση των οικονομικών, τεχνικών, και θεσμικών παραγόντων που συμμετέχουν στη λήψη της απόφασης της μεθόδου παραγωγής του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου. Πιο συγκεκριμένα, βάσει των υπάρχοντων δεδομένων, κοστολογήθηκαν οι δυο εναλλακτικές μέθοδοι και στη συνέχεια παρατέθηκαν κάποιοι προβληματισμοί, στους οποίους κρίθηκε απαραίτητο να γίνει αναφορά, λόγω των ευρύτερων αλλά και εγγύτερων επιπτώσεων που ενδέχεται να φέρουν στη διοίκηση, την οικονομία, αλλά και το ίδιο το έργο, αντίστοιχα.

Λόγω ελλιπών δεδομένων σχετικά με αυτές τις παραμέτρους, δεν θεωρήθηκε δυνατή η ποσοτική προσέγγιση αξιολόγησης «Κόστους-Οφέλους», η οποία και εφαρμόζεται συνήθως στις μελέτες οικονομοτεχνικής σκοπιμότητας, με τις τεχνικές ποσοτικοποίησης που προβλέπονται στο πλαίσιο αυτής. Επειδή αυτή η μελέτη βασίζεται σε αρκετά εμπειρικά και ενδεικτικά μεγέθη και δεν υπήρχε η δυνατότητα ποσοτικοποίησης και συλλογής όλων των συμμετεχουσών παραμέτρων που θα την καθιστούσαν πλήρη, η αξιολόγηση που ακολουθεί θα είναι ενδεικτική και θα προσομοιάζει τη μέθοδο SWOT. Για την εφαρμογή αυτής της τεχνικής, θα παρατεθούν συγκεκριμένα ποιοτικά κριτήρια που αφορούν την επιχείρηση της Κτηματολόγιο Α.Ε., τα οποία θα απορρέουν από τους υποστόχους και την αποστολή της

εταιρείας και ως προς τα οποία θα ακολουθήσει σύγκριση με μεταβαλλόμενα βάρη, για την κατάληξη στο σενάριο που θα θεωρηθεί ως συμφέρον, ανάλογα με το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, για την Κτηματολόγιο Α.Ε., και κατ' επέκταση για το κράτος.

Η μέθοδος SWOT αποτελεί βοηθητικό εργαλείο που στοχεύει στη μελέτη και καταγραφή του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μιας επιχείρησης, για τον εντοπισμό των πλεονεκτημάτων, μειονεκτημάτων, ευκαιριών, και τέλος, των απειλών που συνδέονται με κάθε προτεινόμενη λύση. Με την πραγματοποίηση αυτής της καταγραφής, καθίσταται πιο απλή η ποιοτική σύγκριση ως προς τα κριτήρια που παρατίθενται.

6.13.2 Στόχος και Υποστόχοι

ο Στόχος

Ο στόχος της Κτηματολόγιο Α.Ε., όπως αναλύθηκε και στο εδάφιο 6.2, είναι η σύνταξη, ολοκλήρωση, και λειτουργία του Εθνικού Κτηματολογίου της χώρας. Προϋπόθεση για την επιτυχία αυτού του εγχειρήματος σημαντικών διαστάσεων είναι η διαφάνεια, η δημοσιότητα, η αξιοποίηση των διαθέσιμων τεχνολογικών και καινοτόμων μέσων, και η ολοκλήρωση του έργου εντός της προθεσμίας που έχει τεθεί, δηλαδή μέχρι το 2020.

ο Υποστόχοι

Όπως θα αναμενόταν, οι υποστόχοι αυτής της ιδιωτικής επιχείρησης, η οποία έχει συσταθεί για την υλοποίηση ενός δημοσίου έργου αποτελούμενο από πληθώρα λειτουργιών και μικρότερων έργων, είναι υπεραρκετοί. Ωστόσο, για τις ανάγκες αυτής της μελέτης, η οποία εξετάζει ένα μόνο από τα μικρότερα έργα που εντάσσονται στο εγχείρημα, θα διερευνηθεί **αποκλειστικά ο υποστόχος της παραγωγής του τεχνικά επαρκούς, αλλά συγχρόνως όσο το δυνατόν πιο οικονομικού χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου**. Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες άλλες σημαντικές αρμοδιότητες της εταιρείας.

- ο Η δημιουργία ψηφιακής βάσης δεδομένων των «ενεργών» τίτλων των υποθηκοφυλακείων των αστικών περιοχών
- ο Η ανάπτυξη του ελληνικού συστήματος εντοπισμού HEPOS, για την ταχύτερη και οικονομικότερη πραγματοποίηση ομοιογενών και ακριβών τοπογραφικών μετρήσεων με σύστημα GPS, για όλη την Επικράτεια
- ο Η ψηφιοποίηση και μετατροπή υφιστάμενων χαρτών, μητρώων, και στοιχείων των αναδασμών και διανομών για όλη τη χώρα
- ο Η ψηφιοποίηση του Κτηματολογίου Δωδεκανήσου
- ο Η οριοθέτηση των δασών και των δασικών εκτάσεων για το σύνολο της χώρας
- ο Η δημιουργία εθνικών ενιαίων χαρτογραφικών υποβάθρων κατάλληλων για τη χάραξη του αιγιαλού
- ο Η ανάπτυξη πληροφοριακής υποδομής, για τη βελτίωση και τον εκσυγχρονισμό του τρόπου διαχείρισης των έργων της εταιρείας
- ο Η λειτουργία των κτηματολογικών γραφείων και η υποστήριξη των διαδικασιών κτηματογράφησης

6.13.3 Κριτήρια Αξιολόγησης

Τα παρακάτω κριτήρια έχουν προκύψει από την αναλυτική μελέτη και σύγκριση των δύο μεθόδων που αναφέρονται στον υποστόχο που αναφέρθηκε. Στο τέλος αυτής της αξιολόγησης, αυτά θα χρησιμοποιηθούν για την ποιοτική σύγκριση των δύο εναλλακτικών που εξετάζονται με στόχο την εξαγωγή ενός, όσο το δυνατόν, πιο αντικειμενικού και εμπειρισταμένου συμπεράσματος.

- **Οικονομικά Κριτήρια**
 - Κόστος Υλοποίησης
 - Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ευκαιριών
 - Εγγύηση προϊόντος
 - Διαθεσιμότητα
- **Τεχνικά Κριτήρια**
 - Ικανοποίηση τεχνικών προδιαγραφών
 - Προοπτική ικανοποίησης νέων στόχων/προδιαγραφών
- **Πολιτικά Κριτήρια**
 - Συμμόρφωση με τους προγραμματισμένους στόχους
 - Ανάπτυξη Ανταγωνιστικότητας

6.13.4 Ανάλυση SWOT

Σενάριο 1: Χρήση αεροφωτογραφιών για την παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου

Εσωτερικό Περιβάλλον	
<u>Ισχυρά Σημεία</u>	<u>Αδύνατα Σημεία</u>
<p>Δυνατότητα επίτευξης πολύ υψηλότερης χωρικής ανάλυσης</p> <p>Δυνατότητα επιλογής της ώρας που θα πραγματοποιούνται οι λήψεις για την επίτευξη ευνοϊκότερων συνθηκών φωτισμού</p> <p>Ευελιξία ως προς την ώρα πτήσης, αυξημένη διαθεσιμότητα</p> <p>Ευελιξία στην ανανέωση και τον εκσυγχρονισμό φωτογραφικού και πτητικού εξοπλισμού</p> <p>Μικρότερο κόστος για μεγάλες περιοχές</p>	<p>Μικρότερη εδαφική κάλυψη, η οποία ισοδυναμεί με περισσότερες αναγκαίες λήψεις και επομένως, με αυξημένο εργασιακό φόρτο</p>

Εξωτερικό Περιβάλλον	
<u>Ευκαιρίες</u>	<u>Απειλές</u>
<p>Ενίσχυση των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον σχετικό τομέα</p> <p>Η υψηλότερη ανάλυση που δύναται να επιτευχθεί μπορεί να οδηγήσει σε πληρέστερη γεωβάση</p>	<p>Η ανεπάρκεια κανονιστικού πλαισίου κοστολόγησης των σχετικών έργων</p> <p>Ο συγκεχυμένος ρόλος του Ο.Κ.Χ.Ε.</p> <p>Η ελλιπής ενημέρωση σε σχέση με τη Φωτογραμμετρία</p> <p>Αυξημένη ευαισθησία στις εγχώριες οικονομικές συνθήκες, αστάθεια σε περιόδους κρίσης</p>

Σενάριο 2: Χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης για την παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου

Εσωτερικό Περιβάλλον	
<u>Ισχυρά Σημεία</u>	<u>Αδύνατα Σημεία</u>
<p>Εγγύηση προϊόντος</p> <p>Μείωση απαραίτητων εργασιών πεδίου</p> <p>Μεγαλύτερη εδαφική κάλυψη εικόνας-εξοικονόμηση εργασιών γραφείου (συρραφή εικόνων)</p>	<p>Περιορισμός της επιτρεπόμενης χωρικής ανάλυσης-αδυναμία άμεσης συμμόρφωσης με ανανεωμένες τεχνικές προδιαγραφές</p> <p>Μη ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού</p> <p>Προκαθορισμένη πορεία δορυφόρου, αναμονή για πέρασμα από την περιοχή ενδιαφέροντος-καθυστέρηση</p> <p>Υψηλότερη πιθανότητα παρουσίας νέφους με συνέπεια την απόκρυψη απαραίτητων πληροφοριών</p> <p>Αδυναμία ανανέωσης συστήματος σάρωσης δορυφόρου, αφού τεθεί σε λειτουργία</p> <p>Υψηλότερο κόστος για μικρά και μεγάλα έργα</p>

Εξωτερικό Περιβάλλον	
<u>Ευκαιρίες</u>	<u>Απειλές</u>
<p>Ανάπτυξη διεθνών σχέσεων</p> <p>Δημιουργία κινήτρων για τη μελλοντική απελευθέρωση των δορυφορικών εικόνων πολύ υψηλής ανάλυσης στην αγορά, από την πολιτεία των ΗΠΑ</p> <p>Ο διεθνής ανταγωνισμός και οι διεθνείς διατάξεις εξασφαλίζουν μια σχετική σταθερότητα στην τιμή του παραγόμενου προϊόντος</p>	<p>Η ελλιπής ενημέρωση σε σχέση με τη Φωτογραμμετρία</p> <p>Ο συγκεχυμένος ρόλος του Ο.Κ.Χ.Ε.</p>

6.13.5 Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Απόδοση Βαρών

Στην εφαρμοζόμενη μεθοδολογία, στόχο αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης της μεταβολής των συντελεστών βαρύτητας και των επιδόσεων των κριτηρίων αξιολόγησης, στο αποτέλεσμα της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Με αυτόν τον τρόπο, δύναται να εξαχθεί το καταλληλότερο σενάριο ως «συμφέρον», ανάλογα με τη σημασία που αποδίδεται σε κάθε κριτήριο αξιολόγησης από τον υπεύθυνο για τη λήψη της απόφασης. Έχουν διαμορφωθεί ως εκ τούτου τρεις διαφορετικοί συνδυασμοί των συντελεστών βαρύτητας, οι οποίοι περιγράφονται στη συνέχεια, με τιμές που κυμαίνονται από 0 έως 1. Οι συντελεστές βαρύτητας, για κάθε συνδυασμό, έχουν άθροισμα 1.

- Συνδυασμός Β1

Στον πρώτο συνδυασμό ο κύριος παράγοντας που συμμετέχει στη λήψη της απόφασης της επιχείρησης για τη μέθοδο παραγωγής που θα εφαρμόσει, είναι το κόστος της υλοποίησης του έργου. Ως εκ τούτου, το 75% του βάρους, όσον αφορά τα κριτήρια αξιολόγησης, θα αποδοθεί στο κόστος υλοποίησης. Δευτερεύουσα σημασία θα έχει η προοπτική βελτίωσης της χωρικής ανάλυσης, στην περίπτωση της ανανέωσης των τεχνικών προδιαγραφών της εταιρείας για το χαρτογραφικό υπόβαθρο.

- Συνδυασμός Β2

Στη δεύτερη ιεράρχηση, τα βάρη των κριτηρίων είναι πιο ισορροπημένα μεταξύ του κόστους του έργου και της ικανοποίησης των ισχυουσών και μελλοντικών τεχνικών προδιαγραφών. Συγκεκριμένα, το 50% του βάρους έχει αποδοθεί στην οικονομικότητα του έργου, και περίπου 30% στις τεχνικές προδιαγραφές.

- Συνδυασμός Β3

Στην τρίτη ιεράρχηση των κριτηρίων, μεγαλύτερη σημασία δίνεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις μελλοντικές ανάγκες του έργου, καθώς αποτελούν το 45% των καθοριστικών παραμέτρων για τη λήψη αυτής της απόφασης. Η οικονομία και το κόστος υλοποίησης εξακολουθούν να έχουν μεγάλο βάρος αλλά χωρίς να αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα της επιλογής στρατηγικής.

Βαθμολόγηση Σεναρίων

Με γνώμονα τα δεδομένα, τα κόστη και τους προβληματισμούς που περιγράφηκαν και αναλύθηκαν στα προηγούμενα εδάφια, επιχειρήθηκε η απόδοση βαθμού σε κάθε σενάριο σε σχέση με τα παρατιθέμενα κριτήρια αξιολόγησης. Οι βαθμοί κυμαίνονται από 1 έως 5, με αύξοντα βαθμό την θετικότερη επίδραση του κάθε σεναρίου στο εκάστοτε κριτήριο. Ο βαθμός επίδοσης κατόπιν πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή βαρύτητας που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κριτήριο. Ακολουθεί ο Πίνακας 6.5, ο οποίος παραθέτει τις τελικές βαθμολογίες των δύο εξεταζόμενων σεναρίων. Αυτές υπολογίστηκαν βάσει των αρχών της πολυκριτηριακής θεωρίας χρησιμότητας και συγκεκριμένα με χρήση του μοντέλου του σταθμισμένου μέσου, το οποίο εκφράζεται από την εξίσωση [2].

$$U(x) = \omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \dots + \omega_n x_n \quad [2]$$

όπου ω_i οι συντελεστές βαρύτητας ($B1, B2, B3$) των κριτηρίων αξιολόγησης και x_i οι επιμέρους βαθμολογίες των κριτηρίων αξιολόγησης

Πίνακας 6.4 Τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης για τα δύο εναλλακτικά σενάρια σε τρεις συνδυασμούς βαρών

Αξιολόγηση Σεναρίων										
Κριτήρια	Υποκριτήρια	Συντελεστές Βαρύτητας			Βαθμολογίες					
		B1	B2	B1	Σενάριο 1			Σενάριο 2		
		B1	B2	B1	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Οικονομία	Κόστος Υλοποίησης	0,75	0,50	0,01	3,00	2,00	0,04	2,25	1,50	0,03
	Τόνωση εγχώριας οικονομίας	0,005	0,07	0,01	0,02	0,28	0,04	0,01	0,14	0,02
	Εγγύηση προϊόντος	0,02	0,01	0,10	0,08	0,04	0,40	0,10	0,05	0,50
	Διαθεσιμότητα	0,015	0,015	0,045	0,075	0,075	0,225	0,045	0,045	0,135
Τεχνολογία	Ικανοποίηση τεχνικών προδιαγραφών	0,10	0,15	0,40	0,50	0,75	2,00	0,40	0,60	1,60
	Προοπτική ικανοποίησης νέων στόχων/προδιαγραφών	0,005	0,18	0,01	0,025	0,90	0,05	0,01	0,36	0,02
	Ραδιομετρία-πληρότητα προϊόντος	0,005	0,005	0,025	0,025	0,025	0,125	0,025	0,025	0,125
Πολιτική	Τήρηση των προγραμματισμένων στόχων	0,03	0,03	0,12	0,06	0,06	0,24	0,12	0,12	0,48
	Ανάπτυξη Ανταγωνιστικότητας-Βελτίωση διεθνούς εικόνας	0,07	0,04	0,28	0,07	0,04	0,28	0,28	0,16	1,12
Σύνολο					3,855	4,17	3,40	3,24	3,00	4,03

6.14 Συμπεράσματα

Μελετώντας τον Πίνακα 6.4 της πολυκριτηριακής ανάλυσης, διαπιστώνεται ότι το σενάριο 1, κατά το οποίο εξετάζεται η αποδοτικότητα της χρήσης αεροφωτογραφιών στην παραγωγική διαδικασία του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου, παρουσιάζει ανώτερη επίδοση στις ιεραρχήσεις B1 και B2 των βαρών, σε σχέση με το σενάριο 2. Αυτές οι βαθμολογίες είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού της επίδοσης του κάθε σεναρίου για κάθε κριτήριο με τον συντελεστή βαρύτητας που της αντιστοιχεί. Επομένως μπορεί να θεωρηθεί ότι και η τελική βαθμολογία του κάθε σεναρίου εξαρτάται άμεσα από τη σημασία που προσδίδεται σε κάθε κριτήριο. Αντίστοιχα το σενάριο 2 παρουσιάζει αρκετά καλή επίδοση στην ιεράρχηση B3 των βαρών.

Ωστόσο, τόσο η επιλογή της τελικής ιεράρχησης των βαρών η οποία θα χρησιμοποιηθεί, όσο και η επίδοση του κάθε σεναρίου σε κάθε κριτήριο, αποτελούν υποκειμενικές παραμέτρους. Είναι αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι η εμπειρία, το επιστημονικό υπόβαθρο, και οι διαθέσιμες πληροφορίες του μελετητή διέπουν και τα αποτελέσματα της εκάστοτε έρευνας. Σημειώνεται ότι η πολυκριτηριακή ανάλυση συμβάλλει ουσιαστικά στο τελικό συμπέρασμα που επιχειρείται να συντεθεί σε αυτήν τη διπλωματική, λόγω της ορθολογικής μεθοδολογίας που τη χαρακτηρίζει. Ωστόσο δεν υπάρχει δυνατότητα διαμόρφωσης μιας πλήρως τεκμηριωμένης πρότασης λαμβάνοντας υπόψη τις διαστάσεις του έργου, της εταιρείας, και των λοιπών εμπλεκόμενων παραγόντων.

Με γνώμονα τα παραπάνω, το Σενάριο 1 παρουσιάζει ανώτερες επιδόσεις σε τεχνικό αλλά και σε οικονομικό επίπεδο, συνυπολογίζοντας τόσο τις ποσοτικές όσο και τις ποιοτικές παραμέτρους, δεδομένης της κλίμακας της μελέτης η οποία αναφέρεται στην Επικράτεια. Ως εκ τούτου, θεωρείται ότι η χρήση αεροφωτογραφιών, για την εκ νέου παραγωγή του χαρτογραφικού υποβάθρου του Εθνικού Κτηματολογίου, συμπεριλαμβανομένου και του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, ενδείκνυται ως η οικονομικότερη πρακτική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αγατζά-Μπαλοδήμου, Α. (2007), Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις Ι. *Εκδόσεις ΕΜΠ*
- Αδάμ, Κ. (2011), Γεωμετρία του Στερεοζεύγους από Βαθμονομημένες και από μη Βαθμονομημένες Μηχανές. *Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ ΕΜΠ*
- Αλιπράντης, Θεολόγος Χρ., & Αλιπράντης, Νίκος Χρ., Αθήνα 1968, «Πάρος-Αντίπαρος» Β' Έκδοση, Παριανή Βιβλιοθήκη, σελ.151-164
- Γεωργόπουλος, Α. (2012), Δορυφορικές Απεικονίσεις. *Σημειώσεις Διάλεξης-ΣΑΤΜ, ΕΜΠ*
- Γεωργόπουλος, Α. (2012), Αρχές Λειτουργίας & Διακρίβωση Φωτογραμμετρικών Οργάνων: Όργανα Απόδοσης και Σαρωτές, *Σημειώσεις Διάλεξης-ΣΑΤΜ, ΕΜΠ*
- Ζεντέλης, Π. , 2011, Περί Κτημάτων Λόγος και Κτηματολόγιο, Τόμος Α', Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Θεοφάνους, Α. (2004), Ανάπτυξη Προγράμματος για την Επιτολική Επανασύσταση Στερεοζεύγους. *Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Αθήνας, Τμήμα Τοπογραφίας*
- Ιωαννίδης, Χ. Σημειώσεις Ορθοφωτογραφίας
- Καββάδας, Ι., 12.10.2012, Μοντέλο Ποιότητας Χωρικών Δεδομένων Εθνικού Κτηματολογίου- Συμβατότητα με την Οδηγία INSPIRE, Κτηματολόγιο Α.Ε.
- Καλούδας, Βασίλειος, Αθήνα 1962, «Η Αντίπαρος», Τουριστικός Οδηγός, Εκδόσεις Σκαράκη
- Καραμπέλας, Ε., 2008, Διεύθυνση Υπηρεσιών και Προϊόντων, «Χρήση HEPOS στην Παραγωγή LSO/VLSO», Κτηματολόγιο Α.Ε.
- Κτηματολόγιο Α.Ε., Νοέμβριος 2005, Διαγωνισμός «Για την ανάθεση υπηρεσιών αεροφωτογράφισης και παραγωγής έγχρωμων ψηφιακών ορθοφωτοχαρτών πολύ μεγάλης κλίμακας (VLSO) και μεγάλης κλίμακας (LSO)», Τεύχη Τεχνικών Προδιαγραφών
- Ο.Κ.Χ.Ε., Ειδική Έκδοση Ο.Κ.Χ.Ε. 2010-2013
- Παπαπαναγιώτου, Ε. (2000), Αυτόματος Συσχετισμός Στερεοζεύγους Ψηφιακών Εικόνων για την Εξαγωγή Τρισδιάστατων Συντεταγμένων με τη Χρήση Πολυωνυμικού Γεωμετρικού Μοντέλου. *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*
- Πατιάς, Π. (1991), Εισαγωγή στη Φωτογραμμετρία. *Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη*
- Σπαρτάλης, Ι. (2007), Ανάπτυξη Λογισμικού για την Παραγωγή Ορθοφωτογραφίας και την Διεξαγωγή Μονοεικονικής Σχεδίασης. *Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνική Σχολή Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών*
- Σταματάκης, Ε. (2009), Ανίχνευση και Εξαγωγή του Οδικού Δικτύου με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση Υπερφασματικών Δεδομένων Αερομεταφερόμενου Σαρωτή. *Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ*
- Φωτίου, Α. & Πικριδάς, Χ (2006), GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές. *Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη*

- Kraus, K. (2003), Φωτογραμμετρία, Τόμος Ι. *Εκδόσεις ΤΕΕ (Μετάφραση)*

Ξενόγλωση Βιβλιογραφία

- Baiocchi, V. *et al* (2005), A New Rigorous Model for the Orthorectification of Synchronous and Asynchronous High Resolution Imagery. *New Strategies for European Remote Sensing*, pp. 461-468
- Cheng, P. *et al* (2008), Correcting the Data: Mapping of IKONOS Images Using Minimum Ground Controls. *GEOInformatics*.
- Cheves, M. (2009), Eye in the Sky: A Visit to Geoeye. *The American Surveyor*
- Dial, G. & Grodecki, J., RPC Replacement Camera Models. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 34, Part XXX
- Dial, G. & Grodecki, J. (2004), Satellite Image Block Adjustment Simulations with Physical and RPC Camera Models. *ASPRS Annual Conference Proceedings*.
- ERDAS, (2010), ERDAS Field Guide
- Fraser, C. & Hanley, H., (2003), Bias Compensation in Rational Functions for Ikonos Satellite Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 69, No. 1, pp. 53-57*
- Fraser, C. & Hanley, H., (2005), Bias-Compensated RPCs for Sensor Orientation of High-resolution Satellite Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 78, No. 8, pp 909-915*
- Fraser, C.S. & Ravanbakhsh, M., Georeferencing from Geoeye-1 Imagery: Early Indications of Metric Performance. *Cooperative Research Centre for Spatial Information, Department of Geomatics, The University of Melbourne*
- Gaunavou, L., Image Data Pre-Processing for Pacific Island Countries, *Secretariat of the Pacific Community, Applied Geoscience and Technology Division (SOPAC)*
- Giannone, F. (2006), A Rigorous Model for High Resolution Satellite Imagery Orientation. *PhD Thesis, University of Rome "La Sapienza", Faculty of Engineering*
- Grodecki, J. & Dial, G. (2003), Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Polynomials. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 69, No. 1, pp.59-68
- Hu, Y. & Tao, V. (2002), Updating Solutions of the Rational Function Model Using Additional Control Information. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 68, No. 7, pp. 715-723
- Jacobsen, K., Geometry of Satellite Images- Calibration and Mathematical Models, *University of Hannover, Institute of Photogrammetry and Geoinformation*
- McCarty, Brock Adam, Φεβρουάριος 2010, "Word of the Month-Tasking Policies", eMap International's GeoView
- Ok, A. & Turker, M., Comparison of Different Mathematical Models on the Accuracy of the Orthorectification of Aster Imagery. *Commission I, WG I/6*

- Padwick, C. *et al* (2010), WorldView-2 Pan-Sharpener. ASPRS 2010 Annual Conference
- PCI Geomatics (2006), Orthorectification and Geometric Correction
- Poli, D. (2005), Developments in Geometric Modeling for Satellite Sensors. *European Commission- Joint Research Center*
- Poli, D., Orientation of Satellite and Airborne Imagery from Multi-line Pushbroom Sensors with a Rigorous Sensor Model. *Commission I, WG I/5*
- Spitzer, Hartwig, "The Improvement of Satellite Capabilities and its Implications for the Open Skies Regime", Chapter 9, UNIDIR, σελίδες 183-195
- Svab, A. & Ostir, K. (2006), High-resolution Image Fusion: Methods to Preserve Spectral and Spatial Resolution, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 72, No. 5, pp. 565-572*
- Toutin, Th. & Chénier, R., GCP Requirement for High-Resolution Satellite Mapping, *Canada Centre for Remote Sensing*
- Tu, T. *et al* (2012), An Adjustable Pan-Sharpener Approach for IKONOS/QuickBird/Geoeye-1/WorldView-2 Imagery, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 5, No. 1*
- Upan, R. *et al*, Comparison of Results Orthorectification Using Rigorous and RPC Models for WorldView-1 Data. *Geo-Informatics and Space Technology Development Agency*
- Xu, J. (2004), The Rational Function Model (RFM) in Photogrammetric Mapping: Method and Accuracy, *York University, Department of Earth and Space Science & Engineering*

Νομοθεσία

- Νόμος 1647/86, ΦΕΚ 141/19-9-86, Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.) και άλλες σχετικές διατάξεις
- Νόμος 2664/98, ΦΕΚ 275/03-12-98, Εθνικό Κτηματολόγιο και άλλες διατάξεις
- Νόμος 3316/05, ΦΕΚ 42 Α'/22-2-05, Τροποποίηση του ΦΕΚ 85 Α/7-4-05, Ανάθεση και εκτέλεση δημοσίων συμβάσεων εκπόνησης μελετών και παροχής συναφών υπηρεσιών και άλλες διατάξεις
- Νόμος 3882/10, ΦΕΚ 166/22-9-10, Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών – Τροποποίηση του ν. 1647/1986 «Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας και άλλες σχετικές διατάξεις»

Διαδικτυακοί Τόποι

Σελίδα	Τελευταία Επίσκεψη
• http://www.geoeeye.com	13-09-2012
• http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeeye-1.html	13-09-2012
• https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/geoeeye-1	13-09-2012
• http://www.imagingnotes.com/go/article_free.php?mp_id=128	13-09-2012
• http://www.aerospace-technology.com/projects/geoeeye-1-satellite/	13-09-2012
• http://gym-astyp.dod.sch.gr/sputnik/sputnik/INFORMATION%20.htm	13-09-2012
• http://www.specinst.com/What_Is_A_CCD.html	13-09-2012
• http://www.astrovox.gr/avat/photometry.php	13-09-2012
• http://www.fullhd.gr/articles/tech/84-ccd-a-cmos.html	13-09-2012
• http://fiducialmark.blogspot.gr/2009/03/processing-geoeeye-1-geostereo-imagery.html	13-09-2012
• http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Intro/Part2_5a.html	13-09-2012
• http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography-boundary/remotesensing/fundamentals/985	13-09-2012
• http://www.ktimatologio.gr/ktima/	6.02.2013
• http://www.okxe.gr/el/	6.02.2013
• http://inspire.jrc.ec.europa.eu/	6.02.2013
• http://www.bluesky-world.com/products/aerial-photography/satellite-imagery/	6.02.2013
• http://www.infosoc.gr/infosoc/el-GR/newopis_digital/	6.02.2013
• http://www.inspire.okxe.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=31	6.02.2013

- <http://www.esye.gr> 6.02.2013
- http://www.geoscientific.net/geoeeye1_priceguide.php 24.02.2013
- http://www.nasa.gov/vision/earth/lookkingatearth/icesat_light.html 28.02.2013
- <http://www.antiparos.gr/> 12.03.2013
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Αντίπαρος> 12.03.2013
- www.antiparos.info.htm 12.03.2013

Παραπομπές Εικόνων

Εικόνα Εξωφύλλου: Κακαβούλη, Ε., 2012

Κεφάλαιο 1

- [1] Google Maps
- [2] <http://www.kastra.eu/castlegr.php?kastro=antiparo>
- [3] http://antiparos-blog.blogspot.gr/2008/05/blog-post_15.html
- [4] <http://www.antiparos.info.htm>
- [5] <http://www.greekscapes.gr/index.php/2010-01-21-16-47-29/landscapescat/64/160-antiparos.html>

Κεφάλαιο 2

- [6] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/geoeeye-1>
- [7] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/geoeeye-1>
- [8] Geoeye Inc.
- [9] <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/spacebrn.htm>
- [10] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/geoeeye-1>
- [11] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/geoeeye-1>
- [12] European Commission, *Developments in Geometric Modelling for Satellite Sensors*, -Joint Research Center, Ιούνιος 2010
- [13] Grodecki, J.& Dial, G., Ikonos Geometry Accuracy
- [14] <http://www.siliconimaging.com/ARTICLES/CMOS%20PRIMER.htm>
- [15] <http://www.codeproject.com/Articles/15255/2D-and-3D-Image-histograms-and-2D-multistage-entrop>
- [16] Grodecki, J.& Dial, G., Ikonos Geometry Accuracy
- [17] Geoeye Inc.
- [18] Geoeye Inc.
- [19] Geoeye Inc.

- [20] Geoeye Inc.

Κεφάλαιο 6

- [21] Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Υπόβαθρο Εικόνας 6.1)