



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΑΚΤΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ
ΒΟΗΘΕΙΑ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Εξεταστική Επιτροπή

Παρτσινέβελος Παναγιώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής (επιβλέπων)

Μερτίκας Στυλιανός, Καθηγητής

Δρ. Ράγια Λεμονιά, Ερευνητής στο Ερ. Κέντρο «Αθηνά»

Παπαδάκη Ελένη
Χανιά, 2018

Περιεχόμενα

Κατάλογος εικόνων	3
Πρόλογος	4
Περίληψη.....	5
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή.....	6
1.1 Εισαγωγή	6
1.2 Σκοπός	7
1.3 Εφαρμογές της διπλωματικής εργασίας.....	8
1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	9
Κεφάλαιο 2 - Νομοθεσία για την διαχείριση των ακτών	10
2.1 Βασικοί Ορισμοί	11
2.2 Διεθνές δίκαιο – Συνθήκη Ρίο Ντε Τζανέιρο	12
2.2.1 Agenda 21.....	12
2.3 Ευρωπαϊκή Πολιτική.....	13
2.3.1 Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών (Integrated Coastal Zone Management ICZM).....	13
2.3.2 Συνθήκη Βαρκελώνης.....	14
2.3.3 Παρακολούθηση των Παράκτιων Ζωνών από τα κράτη μέλη της Ε.Ε. για την τήρηση του σχεδίου της οδηγίας.	15
2.4 Ελληνική Νομοθεσία	16
Κεφάλαιο 3 – Θεωρία	19
3.2 Τηλεπισκόπηση	20
3.2.1 Τηλεπισκόπηση σε Παράκτιες Ζώνες.....	20
3.3 Φωτογραμμετρία	21
3.3.1 Πλεονεκτήματα φωτογραμμετρίας:.....	23
3.3.2 Μειονεκτήματα φωτογραμμετρίας:.....	23
3.3.3 Εφαρμογές Φωτογραμμετρίας	24
3.3.4 Εναέρια ψηφιακή φωτογραμμετρία	25
3.3.4.1 Αέρια Φωτογραμμετρία	25
3.3.4.2 Ιστορία της χρήσης αεροφωτογραφιών.....	25
3.3.4.3 Στερεοσκοπική όραση.....	26
3.3.4.4 Η Έννοια της Παράλλαξης	27
3.3.4.5 Κεντρική Προβολή.....	28
3.3.4.6 Προσανατολισμός Απεικονίσεων.....	29

3.3.4.7 Η Συνθήκη Συγγραμικότητας.....	31
3.3.4.8 Φωτογραμμετρικά προϊόντα ψηφιακής μορφής.....	32
3.4 UAV - Unmanned Aerial Vehicle.....	34
3.4.1 Φωτογραμμετρία με μη επανδρωμένα αεροσκάφη – UAV.....	34
Κεφάλαιο 4 – Περίπτωση Μελέτης και Επεξεργασία.....	36
4.1 Εξοπλισμός:	36
4.1.1 Μη Επανδρωμένο Όχημα: Drone DJI Matrice 100.....	37
4.1.2 Global Navigation Satellite Systems	38
4.2 Διαδικασία μετρήσεων.....	39
4.3 Φωτογραμμετρική Επεξεργασία	42
4.3.1 Λογισμικό Τρισδιάστατης Απεικόνισης.....	43
4.3.1.1 Σύνθεση συστήματος συντεταγμένων	44
4.4 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System –GIS).....	44
4.4.1 Επεξεργασία των Μοντέλων με Λογισμικό GIS	45
Κεφάλαιο 5 – Αποτελέσματα	47
5.1 Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα εδάφους και ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα.....	47
5.2 Επεξεργασία των δύο μοντέλων με λογισμικό γεωγραφικών πληροφοριών	55
Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα	64
6.1 Σύνοψη διαδικασίας	64
6.2 Συμπεράσματα	64
6.3 Σχετικά με την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών	65
Βιβλιογραφία	67

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 3.1 Στερεοσκοπική προβολή.....	22
Εικόνα 3.2 Κατά μήκος και κατά πλάτος επικάλυψη στερεοζεύγους.	27
Εικόνα 3.3 Παράλλαξη του αντικειμένου	28
Εικόνα 3.4 Κεντρική προβολή σημείου ($P \rightarrow p$) και ευθείας ($D \rightarrow d$) του χώρου.....	29
Εικόνα 3.5 Εικόνα με στροφές	32
Εικόνα 4.1.1 UAV Matrice DJI 100 στο χώρο μελέτης	37
Εικόνα 4.1.2 UAV Matrice DJI 100	38
Εικόνα 4.2 Ακτή Γεωργιούπολης Χανίων	39
Εικόνα 4.3 Περιοχή Μελέτης: Ακτή Γεωργιούπολης. Εικόνα από Google Earth	40
Εικόνα 4.4 Κινητός Δέκτης GPS.....	41
Εικόνα 5.1.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Δυτική Ακτή Νοεμβρίου 2016.	47
Εικόνα 5.1.2 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Ανατολική Ακτή Νοεμβρίου 2016.	48
Εικόνα 5.1.3 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Δυτική Ακτή Ιουνίου 2017.....	48
Εικόνα 5.1.4 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Ανατολική Ακτή Ιουνίου 2017	49
Εικόνα 5.2.1 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Νοέμβριος 2016.	50
Εικόνα 5.2.2 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Ανατολικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Νοέμβριος 2016.	50
Εικόνα 5.2.3 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Ιούνιος 2017.	51
Εικόνα 5.2.4 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Ιούνιος 2017.	51
Εικόνα 5.3 Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Ιουνίου	55
Εικόνα 5.4 Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Νοεμβρίου	56
Εικόνα 5.5.1 Minus Δυτικής Ακτής (Νοεμβρίου - Ιουνίου).....	57
Εικόνα 5.5.2 Minus Δυτικής Ακτής (Νοεμβρίου - Ιουνίου).....	57
Εικόνα 5.6.1 Ορθοφωτογραφία Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Νοέμβριος 2016.	58
Εικόνα 5.6.2 Ορθοφωτογραφία Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Ιούνιος 2017	59
Εικόνα 5.7 Ορθομωσαϊκό Μοντέλο Ιουνίου μετά την Ψηφιοποίηση	60
Εικόνα 5.8 Διατομές των ακτογραμμών ανά 10 m	61
Εικόνα 5.9 Αποστάσεις από την μία ακτογραμμή στην άλλη.....	62

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την παρακολούθηση της παράκτιας ζώνης της Γεωργιούπολης Χανίων, με σκοπό την αποτίμηση των ανθρωπογενών και περιβαλλοντικών πιέσεων που δέχεται με το πέρασμα του χρόνου. Η επεξεργασία των μετρήσεων έγινε στη Μονάδα Χωρικών Πληροφοριακών Συστημάτων (SenseLab) του Εργαστηρίου Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Παρτσινέβελο Παναγιώτη, επιβλέπων της διπλωματικής μου, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για τη εμπιστοσύνη που μου έδειξαν με την ανάθεση της συγκεκριμένης εργασίας και τη συμβολή τους στην υλοποίηση και συγγραφή της. Επίσης, σημαντική ήταν η συμβολή των μελών της ομάδας SenseLab για την βοήθεια που παρείχαν με την διεξαγωγή και επεξεργασία των μετρήσεων. Τέλος, να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συμπαράσταση τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Οι παράκτιες ζώνες αποτελούν εστίες περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης καθώς παρουσιάζουν ιδιαίτερα φυσικά και πλουτοπαραγωγικά χαρακτηριστικά. Το γεγονός όμως αυτό έχει οδηγήσει σε υπερ-συγκέντρωση πληθυσμού και βιομηχανικών/βιοτεχνικών δραστηριοτήτων με αποτέλεσμα να απειλείται η βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων κυρίως λόγω ρύπανσης και υπερεκμετάλλευσης των φυσικών πόρων των παράκτιων ζωνών. Παράλληλα, εκτός από ανθρωπογενείς κινδύνους, οι παράκτιες ζώνες χρήζουν προστασίας έναντι των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής και φαινομένων όπως η διάβρωση της ακτογραμμής, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, κ.ά..

Καθίσταται επομένως επιτακτική η ανάγκη ορθολογικής διαχείρισης και προστασίας των παράκτιων περιοχών. Η παρακολούθηση των μεταβολών των παράκτιων ζωνών πρέπει να περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τη χρήση κατάλληλων, τακτικά ανανεώσιμων χαρτογραφικών υποβάθρων τα οποία θα απεικονίζουν τη δυναμικά μεταβαλλόμενη (χωρικά και χρονικά) ακτογραμμή αλλά και τις επικρατούσες χρήσεις επί των ζωνών αυτών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκει να αναδείξει τεχνολογικά μέσα τα οποία με μεγάλη ακρίβεια αλλά και χαμηλό κόστος μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επιχειρησιακό επίπεδο για τη διαχρονική παρακολούθηση παράκτιων ζωνών. Συγκεκριμένα προτείνεται η συνδυαστική χρήση μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Η ευρύτερη περιοχή της Γεωργιούπολης της Περιφερειακής Ενότητας Χανίων, στην οποία παρατηρείται συγκέντρωση μεγάλων ξενοδοχειακών μονάδων, χρησιμοποιείται για την πειραματική τεκμηρίωση της χρησιμότητας των προτεινόμενων αυτών μέσων.

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Η παράκτια ζώνη αντιπροσωπεύει ένα συγκριτικά μικρό, αλλά εξαιρετικά παραγωγικό και διαφοροποιημένο γεωγραφικό χώρο του πλανήτη μας, με ποικίλα οικοσυστήματα που εκτείνονται από παράκτιους χερσαίους βιότοπους έως και θαλάσσιες περιοχές των οποίων το βάθος φτάνει έως και 200 μέτρα (Malthus & Mumby, 2003). Η ομορφιά και ο πλούτος των παράκτιων περιοχών τις καθιστά πολύ δημοφιλείς οικιστικές περιοχές, τουριστικούς προορισμούς, σημαντικές εμπορικές ζώνες για επιχειρήσεις καθώς και κόμβους μετακινήσεων και μεταφορών.

Η έντονη συγκέντρωση του πληθυσμού, οι θαλάσσιες κατασκευές και η υπερβολική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, ασκούν μεγάλη πίεση στα παράκτια οικοσυστήματα και οδηγούν σε απώλεια της βιοποικιλότητας, καταστροφή των οικοτόπων, ρύπανση και προβλήματα συμφόρησης.

Οι παράκτιες ζώνες είναι επίσης από τις πιο ευάλωτες περιοχές όσον αφορά τις κλιματικές αλλαγές και τους φυσικούς κινδύνους. Στους κινδύνους αυτούς περιλαμβάνονται οι πλημμύρες, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Αυτές οι επιπτώσεις ήδη επηρεάζουν τις ζωές και τον βιοπορισμό των παράκτιων κοινοτήτων (European Commission, 2018).

Οι φυσικοί κίνδυνοι, οι κλιματικές αλλαγές, αλλά και οι ανθρωπογενείς παράγοντες έχουν αντίκτυπο και τις ακτογραμμές. Η φυσική ακτογραμμή ορίζεται ως η γραμμή που εφάπτεται η στεριά με την επιφάνεια του νερού, η οποία συνεχώς αλλάζει και αναδιαμορφώνεται (National Geographic, 2018). Το φαινόμενο της έντονης μεταβολής των ακτογραμμών σε βάθος χρόνου, είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την διαχείριση της παράκτιας ζώνης και τον σχεδιασμό τεχνικών έργων, κατά μήκος τους.

Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό να υπάρχουν είτε μακροπρόθεσμες είτε βραχυπρόθεσμες προβλέψεις για τις μεταβολές που δέχονται τα παράκτια περιβάλλοντα και οι ακτογραμμές, καθώς και για τους παράγοντες που τα επηρεάζουν. Αυτές είναι απαραίτητες για την προστασία του περιβάλλοντος, τον σχεδιασμό βιώσιμης ανάπτυξης των παράκτιων περιοχών και την προστασία των παράκτιων κατασκευών. Οι προβλέψεις αυτές προκύπτουν από την παρακολούθηση των παράκτιων ζωνών, ανά τακτά χρονικά διαστήματα και την συνεχή ανανέωση των χαρτών των ευρύτερων περιοχών.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι ο σχεδιασμός και η αποτίμηση μεθοδολογίας παρακολούθησης της παράκτιας ζώνης με χρήση μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων (Unmanned Aerial Vehicles - UAVs). Η τρισδιάστατη αποτύπωση και τα παράγωγα προϊόντα της χαρτογράφησης μέσω των UAVs αξιολογούνται ως προς την αποτίμηση των μεταβολών που υφίσταται η παράκτια ζώνη κατά την πάροδο του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβολές μπορούν να οφείλονται είτε σε φυσικούς είτε σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Στόχος μας ήταν η καταγραφή της μετατόπισης της ακτογραμμής, της αύξησης των κτισμάτων της περιοχής, των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα και των λοιπών χρήσεων γης, αλλά και των μεταβολών του υψομέτρου. Ουσιαστικά η διπλωματική αυτή έχει στόχο να αποτιμήσει τη συμβολή ενός μη επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος σε σχέση με τις χρονοβόρες και δαπανηρές διαδικασίες που συνηθίζονται να χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα για την παρακολούθηση των παράκτιων ζωνών (π.χ. αεροφωτογραφίες με επανδρωμένα μέσα, δορυφορικές εικόνες, επίγειες μετρήσεις, κ.ά).

1.3 Εφαρμογές της διπλωματικής εργασίας

Οι παράκτιες ζώνες χρειάζονται ειδική προστασία και συνεχή παρακολούθηση. Ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος για να γίνει αυτό είναι μέσα από ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης των Παράκτιων Περιοχών (Integrated Coastal Zone Management - ICZM) στο οποίο εμπλέκονται όλοι οι αρμόδιοι φορείς για τα οικονομικά, τεχνικά και νομικά θέματα.

Στην παρούσα διπλωματική περιγράφεται μια μεθοδολογία χαμηλού κόστους η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έγκαιρη και αποτελεσματική διαχρονική παρακολούθηση των γεωμορφολογικών αλλαγών αλλά και αλλαγών χρήσεων γης των παράκτιων ζωνών. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αξιοποιεί τις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων και παρέχει ένα ρεαλιστικό και εφαρμόσιμο μοντέλο παρακολούθησης παράκτιων ζωνών, το οποίο μπορεί να εφαρμοσθεί, σχετικά εύκολα, από τους εμπλεκόμενους φορείς.

Δυνητικά, η προτεινόμενη μεθοδολογία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί από την Κτηματική Υπηρεσία του Ελληνικού Δημοσίου, τις Δημοτικές Αρχές (π.χ. Υπηρεσίες Δόμησης), το Λιμενικό Σώμα, κ.ά. Μέσω της μεθοδολογίας οι φορείς αυτοί αποκτούν ένα σημαντικό εργαλείο στην προσπάθεια που καταβάλλουν για την παρακολούθηση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων εντός των παράκτιων ζωνών, την προστασία του περιβάλλοντος, και εντοπισμό τυχόν παραβατικών ενεργειών που επιφέρουν οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις (π.χ. καταπατήσεις γης).

Για παράδειγμα, οι δημοτικές υπηρεσίες παραχωρούν, έναντι ανταλλάγματος, τμήμα των παραλιών προς εκμετάλλευση. Το αντίτιμο εξαρτάται κυρίως από την έκταση της περιοχής που παραχωρείται. Με την μεθοδολογία που αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία οι Υπηρεσίες αποκτούν ένα εργαλείο τακτικών και έκτακτων επιθεωρήσεων και άμεσης οπτικοποίησης και ποσοτικοποίησης των περιοχών που τυγχάνουν πραγματικά εκμετάλλευσης.

1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Η διάρθρωση της εργασίας είναι η ακόλουθη: Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το νομικό πλαίσιο στην Ελλάδα και στην Ευρώπη για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Περιοχών. Στην συνέχεια, το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο και η αρχή λειτουργίας της επιστήμης της Τηλεπισκόπησης και αναλύεται η τεχνική της εναέριας Φωτογραμμετρίας. Το Κεφάλαιο 4 αποτελεί τον πυρήνα της εργασίας καθώς περιέχει τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε και τη μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία των πρωτογενών μετρήσεων. Η εργασία ολοκληρώνεται με παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την επεξεργασία αυτή, των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν στο Κεφάλαιο 5, καθώς επίσης και των γενικότερων συμπερασμάτων και προτάσεων για μελλοντική έρευνα στο Κεφάλαιο 6.

Κεφάλαιο 2 - Νομοθεσία για την διαχείριση των ακτών

Η παράκτια ζώνη είναι μια περιοχή εκατέρωθεν της ακτογραμμής, που περιλαμβάνει ξηρά και θάλασσα. Το εύρος της είναι διαφορετικό από περιοχή σε περιοχή και οφείλεται κυρίως στην αλληλεπίδραση χερσαίων και θαλάσσιων φυσικών παραγόντων αλλά και στις ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για το πλάτος χερσαίου τμήματος της παράκτιας ζώνης: αυτό κυμαίνεται από 50 km (Eurostat, 2017) έως 100 km (UN, 2018). Στο χερσαίο τμήμα των παράκτιων ζωνών φιλοξενείται το 60% του συνολικού πληθυσμού του πλανήτη παρά το γεγονός ότι αποτελεί περίπου το 18% της συνολικής έκτασης της γης και είναι χτισμένα εκεί τα 2/3 των πόλεων του κόσμου (Cracknell, 1999).

Προκειμένου να υλοποιηθούν οι απαραίτητες ενέργειες για την προστασία των παράκτιων οικοσυστημάτων, της βιοποικιλότητας και της αποτροπής της ρύπανσης αυτών, καθώς και για την προστασία των παράκτιων κατασκευών και τον σχεδιασμό βιώσιμης ανάπτυξης των παράκτιων περιοχών, έχει συνταχθεί από την χώρα μας κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο που παραθέτει κανονισμούς και οδηγίες για την σωστή διαχείριση των παράκτιων περιοχών. Επίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει μεριμνήσει να συνάψει ένα πρωτόκολλο που αναφέρεται στις παράκτιες ζώνες της Μεσογείου θαλάσσης και απευθύνεται στα κράτη μέλη της, προκειμένου να υπάρξει συλλογική και ολοκληρωμένη διαχείριση αυτών, αλλά και σε διεθνές επίπεδο έχει υπογραφεί μια σύμβαση στα Ηνωμένα Έθνη για το δίκαιο της θάλασσας που απευθύνεται προς όλα τα κράτη με σκοπό την βιώσιμη ανάπτυξη του θαλάσσιου και παράκτιου περιβάλλοντος. Παρακάτω αναφέρονται πιο αναλυτικά.

2.1 Βασικοί Ορισμοί

«**Αιγιαλός**» είναι η ζώνη της ξηράς, που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της (ΦΕΚ, Ν 2971/2001).

«**Παραλία**» είναι η ζώνη ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό, καθορίζεται σε πλάτος μέχρι και πενήντα μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού, προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα (ΦΕΚ, Ν. 2971/2001).

«**Παλαιός αιγιαλός**» είναι η ζώνη της ξηράς, που προέκυψε από τη μετακίνηση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα, οφείλεται σε φυσικές προσχώσεις ή τεχνικά έργα και προσδιορίζεται από τη νέα γραμμή αιγιαλού και το όριο του παλαιότερα υφιστάμενου αιγιαλού (ΦΕΚ, Ν. 2971/2001).

«**Παράκτια ζώνη**», είναι η γεωμορφολογική περιοχή εκατέρωθεν της ακτογραμμής στην οποία η αλληλεπίδραση μεταξύ του θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος αποκτά τη μορφή πολύπλοκων συστημάτων οικολογικών στοιχείων και πόρων αποτελούμενων από βιοτικές και αβιοτικές συνιστώσες που συνυπάρχουν και αλληλοεπιδρούν με τις ανθρώπινες κοινότητες και τις σχετικές κοινωνικό-οικονομικές δραστηριότητες (Πρωτόκολλο της Βαρκελώνης).

«**Ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών**», ορίζεται ως η δυναμική διαδικασία με σκοπό την αειφόρο διαχείριση και χρήση των παράκτιων ζωνών, κατά την οποία λαμβάνονται ταυτόχρονα υπόψη η ευπαθής φύση των παράκτιων οικοσυστημάτων και τοπίων, η ποικιλομορφία των δραστηριοτήτων και χρήσεων, οι αλληλεπιδράσεις τους, ο θαλάσσιος προσανατολισμός ορισμένων δραστηριοτήτων και χρήσεων και ο αντίκτυπός τους στο θαλάσσιο και το χερσαίο τμήμα (Πρωτόκολλο της Βαρκελώνης).

2.2 Διεθνές δίκαιο – Συνθήκη Ρίο Ντε Τζανέιρο

Θεμελιώδης κανόνας του διεθνούς εθιμικού δικαίου περιβάλλοντος, αποτελεί η υποχρέωση για το σεβασμό του περιβάλλοντος των άλλων κρατών και περιοχών, πέραν της κρατικής δικαιοδοσίας (Πατρώνος, 1998).

Προκειμένου να διατηρηθεί η βιολογική ποικιλότητα, η αειφορική χρήση των συστατικών της και ο δίκαιος και ισότιμος καταμερισμός των πλεονεκτημάτων, που προκύπτουν από τη χρήση των γενετικών πόρων, συνάφθηκε η συνθήκη του Ρίο. (Wikisource) τον Ιούνιο του 1992 στο Ρίο Ντε Τζανέιρο και αποτέλεσε την πρώτη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, η οποία οδήγησε στην υιοθέτηση της Agenda 21 (Υπουργείο Εξωτερικών, 2017).

2.2.1 Agenda 21

Η Agenda 21 αποτελεί Παγκόσμιο Πρόγραμμα Δράσης του ΟΗΕ που υιοθετήθηκε το 1992 για την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον. Αποσκοπεί στη διάσωση του πλανήτη που κινδυνεύει από την υπερεκμετάλλευση και παραμέληση του περιβάλλοντος και που μαστίζεται από τη φτώχεια και την υπανάπτυξη (ΕΣΠΑ, 2009).

Το κεφάλαιο 17 της Agenda 21 αναφέρεται στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος - συμπεριλαμβανομένων των ωκεανών, όλων των θαλασσών και των παράκτιων περιοχών - και την προστασία της οριακής χρήσης και της ανάπτυξης των ζώντων πόρων.

Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένα ολοκληρωμένο σύνολο, που παρουσιάζει ευκαιρίες για βιώσιμη ανάπτυξη. Το διεθνές δίκαιο, όπως αντικατοπτρίζεται στις διατάξεις της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας, καθορίζει τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των κρατών και παρέχει τη διεθνή βάση για την επιδίωξη της προστασίας και τη βιώσιμη ανάπτυξη του θαλάσσιου και παράκτιου περιβάλλοντος και των πόρων του. Αυτό απαιτεί νέες προσεγγίσεις για τη διαχείριση και την ανάπτυξη της θαλάσσιας και παράκτιας ζώνης, σε εθνικό, υποπεριφερειακό,

περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο οι οποίες περιλαμβάνονται στην Agenda 21. (Report of The United Nations Conference on Environment and Development, 1992)

2.3 Ευρωπαϊκή Πολιτική

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα είχε εκδώσει Οδηγίες προστασίας του περιβάλλοντος και των σπάνιων υδροτόπων και ποιότητας των υδάτων, ήδη από τις δεκαετίες του '70 και του '80 (85/337/EEC, 79/409/EEC, 92/43/EEC, 76/160/EEC). Το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος ζήτησε από την Επιτροπή να προετοιμάσει μια ολοκληρωμένη στρατηγική για τη διαχείριση της παράκτιας ζώνης το 1992. Η στρατηγική αυτή θα περιλάμβανε τη μέχρι εκείνη τη στιγμή υπάρχουσα νομοθεσία της Ε.Ε., ενώ ταυτόχρονα, θα ομογενοποιούσε τις ήδη υπάρχοντες Επιτροπές και Όργανα (Μητούλα, Οικονόμου, 2003).

2.3.1 Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών (Integrated Coastal Zone Management ICZM)

Η οικονομική βιωσιμότητα των επιχειρήσεων και το καλό του πληθυσμού και των παράκτιων περιοχών εξαρτάται άμεσα από την περιβαλλοντική κατάσταση των περιοχών αυτών. Είναι λοιπόν εξαιρετικά σημαντικό να χρησιμοποιηθούν μακροπρόθεσμοι μηχανισμοί διαχείρισης, όπως η ολοκληρωμένη διαχείριση των ακτών (ICZM), για την ενίσχυση της προστασίας των πόρων και παράλληλα την πιο αποτελεσματική χρήση τους.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών έχει στόχο την συντονισμένη εφαρμογή των διαφορετικών δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τις ακτές, όπως η προστασία της φύσης, οι υδατοκαλλιέργειες, η αλιεία, η γεωργία, η βιομηχανία, η αιολική ενέργεια, η ναυτιλία, ο τουρισμός, η ανάπτυξη των υποδομών και η προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές. Αυτό συνεισφέρει στην σταθερή ανάπτυξη των παράκτιων ζωνών, με την εφαρμογή μιας προσέγγισης που σέβεται τα όρια των φυσικών πόρων και των οικοσυστημάτων.

Η προσέγγιση σε κάθε τομέα χωριστά θα οδηγούσε σε αποφάσεις με διαφορετικό στόχο, που ρισκάρουν να υπονομεύσουν η μία την άλλη, σε αναποτελεσματική χρήση των πόρων, και σε πολλές χαμένες ευκαιρίες για βιώσιμη ανάπτυξη των ακτών.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των ακτών (ICZM) περιλαμβάνει την συλλογή πληροφοριών, τον σχεδιασμό, την λήψη των αποφάσεων, την διαχείριση και την παρακολούθηση της εκτέλεσης αυτών. Για την επίτευξη της ολοκληρωμένης διαχείρισης των Παράκτιων Ζωνών συνάφθηκε η συνθήκη της Βαρκελώνης.

2.3.2 Συνθήκη Βαρκελώνης

Η συνθήκη της Βαρκελώνης είναι ένα πρωτόκολλο που συνάφθηκε στη Βαρκελώνη το 1976 και τροποποιήθηκε το 1995. Το πρωτόκολλο αυτό έχει στόχο την προστασία των παράκτιων ζωνών της Μεσογείου θαλάσσης και την χρήση τους με σύνεση διαφυλάσσοντας τις για τις επόμενες γενιές, αναγνωρίζοντας ότι αποτελούν κοινή φυσική και πολιτιστική κληρονομιά. Προσπαθεί να περιορίσει την απώλεια της βιοποικιλότητας των παράκτιων οικοσυστημάτων, να μειώσει τις αρνητικές επιδράσεις των φυσικών φαινομένων, να διαφυλάξει την αειφόρο ανάπτυξη των παράκτιων περιοχών, και να ενισχύσει τις προσπάθειες των παράκτιων κρατών να εξασφαλισθεί ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών, εντείνοντας τις συντονισμένες δράσεις προώθησης και συνεργασίας των εθνών, ώστε να επιτευχθεί η αποτελεσματική διαχείριση των περιοχών αυτών.

Για την προστασία και αειφόρο χρήση των παράκτιων ζωνών στο πρωτόκολλο της Βαρκελώνης, αναφέρονται οι προτεραιότητες και οι στόχοι των ρυθμίσεων. Ορίζονται ακριβώς οι κατευθύνσεις όσον αφορά τις οικονομικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στις παράκτιες ζώνες, την προστασία των χαρακτηριστικών των παράκτιων οικοσυστημάτων, θεσπίζουν μέτρα για την προστασία των παράκτιων τοπίων και των νήσων. Αναφέρεται στην αναγκαιότητα της προστασίας της πολιτιστικής και αρχαιολογικής κληρονομιάς των παράκτιων ζωνών. Τονίζει την σημαντικότητα της ευαισθητοποίησης, κατάρτισης, εκπαίδευσης και έρευνας γύρω από την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών. Κρίνεται αναγκαία η

συμμετοχή μεταξύ των δημόσιων και οικονομικών φορέων, μη κυβερνητικών οργανώσεων, κοινωνικών φορέων και του ενδιαφερόμενου κοινού, με σκοπό την κατανόηση, την συνολική θεώρηση των προβλημάτων σε κοινοτικό επίπεδο και την επίλυση καίριων ζητημάτων (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης - European Commission, 1995).

2.3.3 Παρακολούθηση των Παράκτιων Ζωνών από τα κράτη μέλη της Ε.Ε. για την τήρηση του σχεδίου της οδηγίας.

Το πρωτόκολλο απαιτεί από τα κράτη μέλη να καθορίσουν όλες τις δραστηριότητες των ανθρώπων στην θάλασσα, την εύρεση της πιο αποτελεσματικής μελλοντικής ανάπτυξης, και τον συντονισμό σχετικών πολιτικών που επηρεάζουν τις στρατηγικές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Παράκτιων Ζωνών. Για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος των διάφορων χρήσεων στις θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές και της σωστής διαχείρισης αυτών, θα πρέπει να εφαρμοσθεί μια προσέγγιση που σέβεται τα όρια των οικοσυστημάτων

Μέσα από την τακτική παρακολούθηση των παράκτιων ζωνών, με μια μεθοδολογία χαμηλού κόστους, εύκολη στην εφαρμογή καθώς και χωρίς μεγάλη σπατάλη χρόνου, τα κράτη μέλη που υποχρεούνται να συμμορφωθούν με το σχέδιο της οδηγίας, αποκτούν ένα εργαλείο για τον έλεγχο των παράκτιων περιοχών, πράγμα που διευκολύνει στις παρακάτω ενέργειες:

- Στον καθορισμό της παράκτιας ζώνης, από την υψηλότερη χειμερινή ίσαλη γραμμή, ζώνη στην οποία δεν επιτρέπεται η δόμηση, και δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 100 m.
- Στον προσδιορισμό και την οριοθέτηση, των προστατευόμενων ζωνών, αλλά και των ανοικτών περιοχών στις οποίες η αστική ανάπτυξη και άλλες δραστηριότητες είναι περιορισμένες ή απαγορευμένες.
- Στον έλεγχο για ύπαρξη ελευθερίας πρόσβασης του κοινού στη θάλασσα και κατά μήκος της ακτής.

- Στον έλεγχο της τήρησης της χωροθέτησης των γεωργικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων ώστε να προστατεύονται τα παράκτια οικοσυστήματα και τα τοπία και να αποτρέπεται η ρύπανση της θάλασσας, των υδάτων, του αέρα και του εδάφους
- Στον έλεγχο των υποδομών, και των εγκαταστάσεων, ώστε να επαληθευθεί η τήρηση σχετικών αδειών για την αποφυγή του αρνητικού αντίκτυπού τους στα παράκτια οικοσυστήματα, τα τοπία και τη γεωμορφολογία των περιοχών αυτών.
- Στον έλεγχο των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση των παράκτιων οικοσυστημάτων σύμφωνα με τους κανόνες, τα πρότυπα και τις διαδικασίες των σχετικών διεθνών συμβάσεων (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης - European Commission, 1995).

2.4 Ελληνική Νομοθεσία

Το Ελληνικό κράτος έχει θεσπίσει μια σειρά νομοθετημάτων, προσπαθώντας να καλύψει τις ανάγκες κάθε εποχής. Η προσπάθεια για την διευθέτηση των θεμάτων γίνεται με αποσπασματικές διατάξεις, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω:

- **N. 2344/1940** Περί αιγιαλού και παραλίας
- **N. 1337/1983** Χωρικός και αστικός σχεδιασμός
- **ΠΔ 24.4.1985** Τρόπος καθορισμού ορίων οικισμών της χώρας μέχρι 2.000 κατοίκους, κατηγορίες αυτών και καθορισμός όρων και περιορισμών δόμησής τους.
- **N. 1650/1986** Προστασία του περιβάλλοντος
- **N. 2204/1994 (ΦΕΚ59, Α')** Κύρωση Σύμβασης για τη βιολογική ποικιλότητα
- **N. 2508/1997** Βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη των πόλεων και οικισμών της χώρας και άλλες διατάξεις

- **ΚΥΑ (33318/3028/1998)** Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας
- **N. 2742/1999** Χωροταξικός σχεδιασμός και αειφόρος ανάπτυξη και άλλες διατάξεις
- **N. 2971/2001** Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις
- **N. 3010/2002** Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 και 96/61 της Ευρωπαϊκής Ένωσης και άλλες διατάξεις
- **N. 3201/2003** Αποκατάσταση, προστασία και ανάδειξη του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος των νησιών
- **ΚΥΑ (1089532/Π.Ε./8205Π.Ε./2005)** Στοιχεία καθορισμού αιγιαλού και παραλίας
- **N. 3983/2011** Εθνική στρατηγική για την προστασία και διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/56/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Ιουνίου 2008 και άλλες διατάξεις.
- **ΚΥΑ (Δ10Β1053970/1672ΕΞ/2013)** Απευθείας παραχώρηση, με αντάλλαγμα, του δικαιώματος απλής χρήσης αιγιαλού, παραλίας, όχθης και παρόχθιας ζώνης μεγάλων λιμνών και πλεύσιμων ποταμών, στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) Α' βαθμού

(Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο: Εθνικό Τυπογραφείο-ΦΕΚ, e-νομοθεσία.gr, Βαββιάς 2011, Μιχόπουλος 2009, Τσιώνης 2017)

Από τους νόμους που αναφέρονται ιδιαίτερη σημασία έχουν οι ακόλουθοι:

Ο Ν. **2344/1940** «Περί αιγιαλού και παραλίας» για 60 έτη αποτελούσε το μοναδικό θεσμικό εργαλείο για την προστασία των ακτών. Συμπληρωμένος με τον Ν. 1337/1983 καθόριζε τον τρόπο οριοθέτησης του αιγιαλού, τις διαδικασίες διαπλάτυνσής του και δημιουργίας θαλάσσιων προσχώσεων για την κατασκευή εσωτερικών λιμενικών έργων, τις διαδικασίες παραχώρησης της χρήσης του αιγιαλού για την εκτέλεση εμπορικών, βιομηχανικών, μεταλλευτικών, ή άλλων έργων καθώς και τις διαδικασίες κατασκευής εξωτερικών λιμενικών έργων.

Ο **N. 1650/1986** περιλαμβάνει γενικές ρυθμίσεις που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος, αναφέρεται στην προστασία των ακτών των θαλασσών, των οχθών των ποταμών, των λιμνών, του βυθού και των νησίδων ως φυσικών πόρων, ως στοιχεία οικοσυστημάτων και στοιχεία του τοπίου, καθώς και κανόνες για την εξασφάλιση της ζωής του ανθρώπου σε ένα υψηλής ποιότητας περιβάλλον.

Ο **N. 2971/2001** είχε σκοπό να αντικαταστήσει τον Ν. 2344/1940 λόγω της ανάγκης αντιμετώπισης των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων και των δυσμενών επιπτώσεων του παράκτιου χώρου εξαιτίας της τουριστικής ανάπτυξης, των παραγωγικών διαδικασιών, της οικιστικής επέκτασης, του οδικού δικτύου κ.α.. Ο νόμος αυτός αντιμετωπίζει τα θέματα που σχετίζονται με τον αιγιαλό και την παραλία από την ιδιοκτησιακή πλευρά (καθορισμός κοινόχρηστων και ιδιωτικών χώρων) και με τις διαδικασίες παραχωρήσεων για απλή χρήση κατασκευή έργων. Αναφέρονται οι διαδικασίες οριοθέτησης, το ιδιοκτησιακό καθεστώς και οι χρήσεις αιγιαλού και παραλίας. Επίσης, γίνεται υποχρεωτικά καθορισμός του αιγιαλού και της παραλίας πριν από κάθε οικιστική δραστηριότητα ή μελέτη και συντάσσονται υδρογεωλογικές μελέτες για τον καθορισμό του αιγιαλού. (Τσίωνης, 2017)

Με τις διατάξεις του νόμου **3983/2011** αυτού εναρμονίζεται το εθνικό δίκαιο με τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/56/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου «Περί πλαισίου κοινοτικής δράσης στο πεδίο της πολιτικής για το θαλάσσιο περιβάλλον» και θεσπίζονται κανόνες, μέτρα και διαδικασίες που αποσκοπούν στη διαμόρφωση και εφαρμογή εθνικής περιβαλλοντικής στρατηγικής για την προστασία και διαχείριση των θαλάσσιων υδάτων.

Σύμφωνα με τον νόμο **2204/1994** κυρώνεται η σύμβαση για τη βιολογική ποικιλότητα και έχει την ισχύ που ορίζει το άρθρο 28 παρ. 1 του Συντάγματος, που υπογράφηκε στο Ρίο ντε Τζανέιρο στις 5 Ιουνίου 1992 (e-νομοθεσία.gr).

Κεφάλαιο 3 – Θεωρία

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο που είναι απαραίτητο για την κατανόηση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε παρακάτω.

3.1 Συνήθεις μέθοδοι χαρτογράφησης ακτών

Οι πρώτες μέθοδοι χαρτογράφησης των ακτών βασίζονταν σε συμβατικές έρευνες πεδίου (1807-1927) ή στην ερμηνεία αεροφωτογραφιών (1927-1980). Συνήθως, οι διορθωμένες αεροφωτογραφίες ερμηνεύονται χειροκίνητα χρησιμοποιώντας αναλυτικό εξοπλισμό στερεογραφικού σχεδιασμού (π.χ. Lillesand and Kiefer, 1987). Ωστόσο, ο αριθμός των αεροφωτογραφιών που απαιτούνται για την χαρτογράφηση των ακτών, ακόμη και σε περιφερειακή κλίμακα, είναι μεγάλος. Η συλλογή, η διόρθωση, η ανάλυση και η μεταφορά των πληροφοριών από φωτογραφίες σε χάρτη είναι δαπανηρές και χρονοβόρες. Από το 1972 οι δορυφόροι Landsat και άλλοι δορυφόροι τηλεπισκόπησης παρέχουν ψηφιακές εικόνες σε υπέρυθρες φασματικές ζώνες, οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν ένα κατάλληλο εργαλείο για την ενημέρωση των παράκτιων χαρτών σε μεγάλες περιοχές με σχετικά χαμηλό κόστος (Cracknell, 1999, Nayak, 2000). Επιπλέον, ο υψηλός ρυθμός επανάληψης εικόνων που έχουν αποκτηθεί από το διάστημα μπορεί να παρέχει την κατάλληλη προσωρινή δειγματοληψία για τη μελέτη των ιδιαίτερα δυναμικών φαινομένων που καθορίζουν το σχήμα της ακτογραμμής (Guariglia et al., 2006, Alesheikh et al., 2007).

3.2 Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης, και ερμηνείας της πληροφορίας γύρω από ένα στόχο για την αναγνώριση και μέτρηση των ιδιοτήτων του, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις του με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χωρίς να χρειαστεί να έρθουμε σε απευθείας επαφή με τον στόχο. Έτσι, η τηλεπισκόπηση μπορεί να αποδοθεί και ως η αναγνώριση ενός αντικειμένου από απόσταση (Μερτίκας, 2009).

Είναι βασικό συστατικό της Γεωπληροφορικής, καθώς συμβάλλει στη μέτρηση και την χαρτογράφηση της επιφάνειας της Γης. Προσφέρει ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες των διάφορων αντικειμένων, την κατανομή τους στον χώρο και τον χρόνο. καθώς και τις χωρικές και χρονικές σχέσεις τους, κ.λπ

Οι ανιχνευτές καταγράφουν την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που ανιχνεύουν πάνω από κάποια επιφάνεια, σε διαφορετικές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της ανακλώμενης και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας καθορίζεται η ανακλαστικότητα του στόχου. Η ανακλαστικότητα εξαρτάται από τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες της επιφάνειας. Επομένως, η διαδικασία αλληλεπίδρασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με την ύλη, διαμορφώνει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα, το οποίο μας δίνει τις πληροφορίες της επιφάνειας (Μερτίκας, 2009).

3.2.1 Τηλεπισκόπηση σε Παράκτιες Ζώνες

Οι πιέσεις οικονομικής και δημογραφικής ανάπτυξης που υφίστανται οι παράκτιες ζώνες, τις καθιστούν ως δυναμικά και ευαίσθητα περιβάλλοντα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή των χρήσεων γης, και σε αρκετές περιπτώσεις όπου συνδυάζονται με γεωμορφολογικές ιδιομορφίες, οι επιπτώσεις είναι αρκετά σοβαρές, όπως καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος, διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας, απώλεια αγαθών ή ακόμα και απώλεια ανθρώπινων ζωών.

Οι παράκτιες ζώνες χρειάζονται ειδική προστασία και συνεχή παρακολούθηση. Ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος για να γίνει αυτό είναι μέσα από το Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης των Παράκτιων Περιοχών (Integrated Coastal Zone Management - ICZM) στο οποίο εμπλέκονται όλοι οι αρμόδιοι φορείς για τα οικονομικά, τεχνικά και νομικά θέματα.

Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών μπορούν να στηρίξουν σημαντικά την διαχείριση και προστασία των ευαίσθητων αυτών περιοχών προσφέροντας αξιόπιστες πληροφορίες για την χαρτογράφηση, για τις αλλαγές χρήσεων γης, για την ποιότητα και το βάθος του νερού κ.α. Όταν μιλάμε για παράκτιες ζώνες μπορούμε να αναφερόμαστε είτε στο θαλάσσιο είτε στο χερσαίο τμήμα τους. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση μπορεί να καλύψει και τις δύο περιπτώσεις (Καρτάλης & Φείδας 2013). Μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές τηλεπισκόπησης αποτελούν οι μετρήσεις θερμοκρασίας στην επιφάνεια της θάλασσας, η χαρτογράφηση του θαλάσσιου πυθμένα, η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούνται από την ρίψη των αποβλήτων στους ωκεανούς, από τα γεωργικά χημικά που καταλήγουν στην θάλασσα και η ρύπανση των θαλασσών από πετρελαιοκηλίδες. Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις ανίχνευσης κοιτασμάτων και υδρογονανθράκων από δορυφορικές εικόνες. (Μερτίκας, 2009)

3.3 Φωτογραμμετρία

Φωτογραμμετρία είναι η τέχνη, επιστήμη και τεχνολογία για την απόκτηση αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον, μέσα από διαδικασίες καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων. (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing - ISPRS)

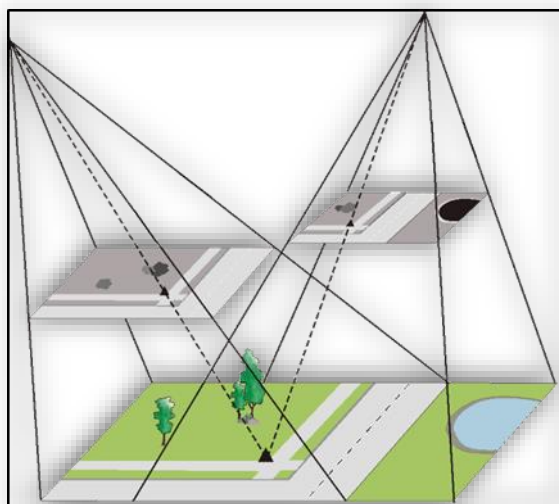
Σε αντίθεση με την τηλεπισκόπηση η οποία χρησιμοποιείται για την καταγραφή της “αντίδρασης” ενός αντικειμένου ή μιας επιφάνειας σε ολόκληρο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, η Φωτογραμμετρία χρησιμοποιείται μόνο για ένα μικρό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, το ορατό φως.

Οι φωτογραμμετρικές τεχνικές δεν χρησιμοποιούν απευθείας μετρήσεις πάνω στο αντικείμενο, χρησιμοποιούν την μετρητική πληροφορία που συλλέγεται πάνω σε μια εικόνα, για την καταγραφή της θέσης, του σχήματος και των διαστάσεων των αντικειμένων. (Πατιάς 1991)

Η εικόνα αποτελεί ισχυρό μέσο καταγραφής πληροφοριών. Οι πληροφορίες που παρέχει είναι πλήρεις, μετρητικά σταθερές και εύκολα αναγνώσιμες. Αυτό που καθιστά την χρήση της εικόνας δυνατή για μετρητικούς σκοπούς είναι ότι η σχέση μεταξύ του αντικειμένου στο χώρο και της εικόνας γίνεται να εκφραστεί με μαθηματικές σχέσεις επομένως ακριβείς μετρήσεις πάνω σε μια εικόνα μπορούν να αναχθούν σε μετρήσεις στον χώρο.

Η φωτογραφία αποτελεί απεικόνιση αντικειμένων δύο διαστάσεων, επομένως με μια φωτογραφία δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί πλήρως ένα αντικείμενο τριών διαστάσεων.

Για να επιτευχθεί ο προσδιορισμός του χώρου ενός αντικειμένου πρέπει να ληφθούν δύο επικαλυπτόμενες φωτογραφίες και να συσχετισθούν κατάλληλα, σύμφωνα με την αρχή της στερεοσκοπικής όρασης. Η φωτογραμμετρία λοιπόν χρησιμοποιεί την ίδια αρχή, που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, ο οποίος με τα δύο του μάτια λαμβάνει δύο διαφορετικές εικόνες από διαφορετικό σημείο (μια από το ένα μάτι και μια από το άλλο) (Μπαντέκας 1975).



Εικόνα 3.1 Στερεοσκοπική προβολή

3.3.1 Πλεονεκτήματα φωτογραμμετρίας:

Ταχύτητα: Η παραγωγή χαρτών είναι ταχύτερη με φωτογραφικές μεθόδους σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο που απαιτεί κυρίως επίγειες μετρήσεις.

Οικονομία: Το κόστος είναι αρκετά χαμηλότερο μιας και μεγάλο μέρος του εξαρτάται από την ταχύτητα συλλογής δεδομένων.

Προσπελασιμότητα εδάφους: Σε περιπτώσεις όπου το έδαφος είναι απροσπέλαστο, η μόνη λύση για την λήψη μετρήσεων είναι με φωτογραμμετρία.

Συνεχής απεικόνιση: Η Φωτογραμμετρία είναι μια συνεχής απεικόνιση του φυσικού κόσμου που σημαίνει ότι μπορεί να μας παρέχει πολύ μεγαλύτερο αριθμό λεπτομερειών σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο, η οποία θα μας έδινε πληροφορίες για μεμονωμένα σημεία και όχι για μια ολόκληρη επιφάνεια.

3.3.2 Μειονεκτήματα φωτογραμμετρίας:

Πολλές πηγές σφαλμάτων: Οι πηγές σφαλμάτων κατά τις φωτογραμμετρικές μεθόδους είναι αρκετές, απαιτώντας έτσι πολυπλοκότερες μεθοδολογίες επεξεργασίας δεδομένων. Κάποιες φορές η ακρίβεια που επιτυγχάνεται είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή των επίγειων μεθόδων.

Απαιτήσεις σε σημεία ελέγχου: Απαιτείται η ύπαρξη γνωστών σημείων στο έδαφος που έχουν καθοριστεί από επίγειες μετρήσεις, αποτελώντας έτσι ένα δευτερογενές στάδιο συλλογής πληροφοριών (Πατιάς 1991).

3.3.3 Εφαρμογές Φωτογραμμετρίας

Η φωτογραμμετρία είναι μια μετρητική διαδικασία κατάλληλη για αντικείμενα όλων των ειδών, οτιδήποτε μπορεί να φωτογραφηθεί μπορεί και να μετρηθεί. Έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Οι πιο χαρακτηριστικές εφαρμογές λαμβάνουν χώρα:

- στην Τοπογραφία και Χαρτογραφία,
- σε μελέτες και κατασκευές έργων,
- στον σχεδιασμό πολεοδομικών συγκροτημάτων,
- στην Αρχιτεκτονική,
- σε περιβαλλοντικές μελέτες,
- στην Γεωλογία την Γεωπονική και την Δασολογία,
- στην Αρχαιολογία,
- στην Ιατρική,
- σε έργα μηχανολόγου μηχανικού,
- σε Στρατιωτικούς σκοπούς και στρατηγικούς στόχους
- στην Αστυνομία,
- στο Διάστημα (Πατιάς 1991).

3.3.4 Εναέρια ψηφιακή φωτογραμμετρία

Παρακάτω παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της εναέριας ψηφιακής φωτογραμμετρίας, της τεχνικής που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

3.3.4.1 Αέρια Φωτογραμμετρία

Η αέρια φωτογραμμετρία αποτελεί την βασική πηγή δεδομένων για την δημιουργία χαρτών από φωτογραμμετρικά μέσα. Η φωτογραφία είναι το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας απόκτησης δεδομένων. Η ποιότητα των αέριων φωτογραφιών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ο σχεδιασμός και η ποιότητα του συστήματος φακών, η κατασκευή της κάμερας, το φωτογραφικό υλικό, η διαδικασία λήψης των μετρήσεων, οι καιρικές συνθήκες και η γωνία των ακτινών του ήλιου κατά την διάρκεια της πτήσης (Schenk, 2005).

Οι αεροφωτογραφίες είναι τα πρωταρχικά δεδομένα την Φωτογραμμετρίας. Αεροφωτογραφία είναι μια φωτογραφία που έχει ληφθεί από κάποιο ύψος, δηλαδή η φωτογραφική μηχανή βρίσκεται πάνω σε μια πλατφόρμα αερομεταφοράς (δορυφόρος, αεροσκάφος, μη επανδρωμένο όχημα, αερόστατο κ.α.).

3.3.4.2 Ιστορία της χρήσης αεροφωτογραφιών

Τα μπαλόνια είναι πιθανώς οι παλαιότερες πλατφόρμες για εναέρια παρατήρηση. Αεροφωτογραφίες του Παρισιού είχαν ήδη καταγραφεί το 1858 με ένα μπαλόνι ζεστού αέρα. Αργότερα, χάρη στην απλοποίηση της τεχνολογίας της κάμερας χρησιμοποιήθηκαν και άλλα μέσα όπως οι χαρταετοί και οι ρουκέτες για αεροφωτογράφιση.

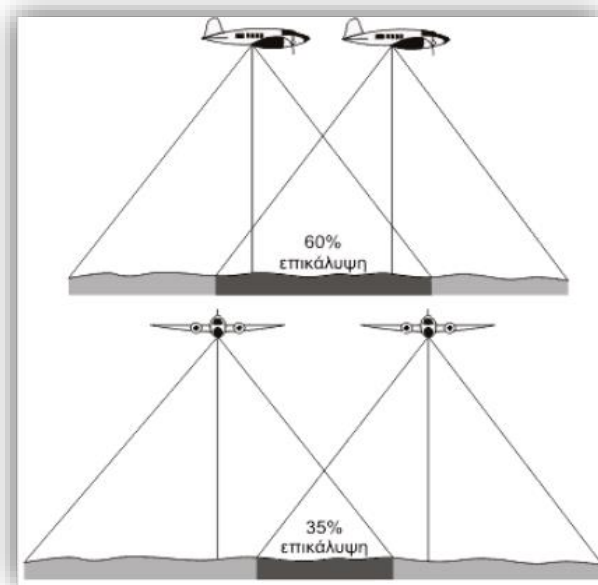
Οι επανδρωμένες εναέριας αεροφωτογραφίες ήρθαν αργότερα το 1909 και γρήγορα καθιερώθηκαν ως εργαλεία του στρατιωτικού τομέα, κυρίως για σκοπούς πολέμου, δεδομένης της εποχής εκείνης στην Ευρώπη. (Colomina & Molina, 2014)

Τα σύγχρονα συστήματα τηλεπισκόπησης ξεκίνησαν κατά την διάρκεια του πρώτου παγκοσμίου πολέμου, όπου τα αεροπλάνα πετούσαν πάνω από τις δυνάμεις του εχθρού για να καταγράψουν τις κινήσεις των στρατευμάτων του, χρησιμοποιώντας απλές φωτογραφικές μηχανές που στερεώνονταν στα αεροπλάνα. Έτσι από τις αεροφωτογραφίες μάθαιναν την θέση και την δύναμη του εχθρού. Κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο τελειοποίησαν αυτήν την τεχνική για να χαρτογραφήσουν τις ακτές της Νορμανδίας και να εντοπίσουν τα καταλληλότερα σημεία για την απόβαση. Επιπλέον, χρησιμοποίησαν υπέρυθρο φιλμ για να ταυτοποιήσουν τη βλάστηση και να τη διακρίνουν από τα δίκτυα που τοποθετούσαν οι εχθρικές δυνάμεις ως καμουφλάζ.

Στην συνέχεια φτιάχτηκαν φιλμ ευαίσθητα στα διαφορετικά μήκη κύματος, με τα οποία κατάφεραν να χαρτογραφηθούν αρκετά χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως ο τύπος βλάστησης (European Space Agency, 2017).

3.3.4.3 Στερεοσκοπική όραση

Η στερεοσκοπική παρατήρηση αεροφωτογραφιών, δηλαδή η τρισδιάστατη παρατήρηση των αντικειμένων μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση ενός ζεύγους διαδοχικών αεροφωτογραφιών (Kraus, 2000). Οι δύο αεροφωτογραφίες που έχουν ληφθεί από διαφορετικά σημεία αλλά με κοινή επικάλυψη, καλούνται στερεοζεύγος. Η κοινή επικαλυπτόμενη περιοχή μπορεί να παρατηρηθεί τρισδιάστατα (Εικόνα 3.4).

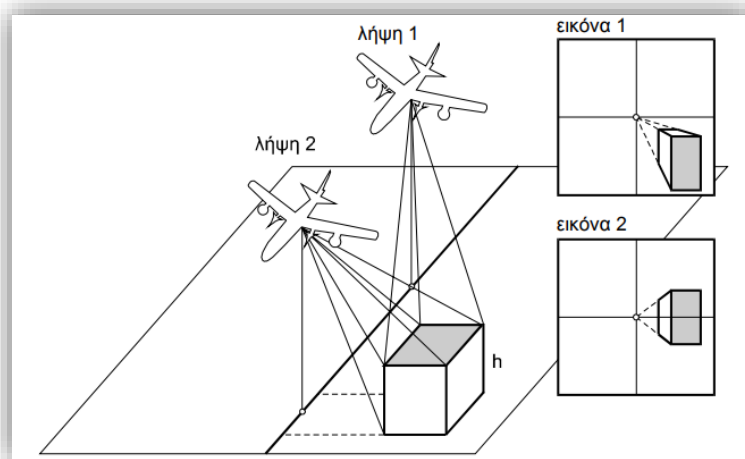


Εικόνα 3.2 Κατά μήκος και κατά πλάτος επικάλυψη στερεοζεύγους.

3.3.4.4. Η Έννοια της Παράλλαξης

Όταν δύο εικόνες έχουν ληφθεί από δύο διαφορετικά σημεία, έχουν ως αποτέλεσμα δύο διαφορετικές προοπτικές απεικονίσεις. Η διαφορά αυτή, ονομάζεται παράλλαξη του σημείου (Πέτσα, 2003).

Πιο αναλυτικά, η έννοια της παράλλαξης μπορεί να γίνει κατανοητή παρατηρώντας τα σχήμα 3.3 που μπορεί κανείς να τα δει ως δύο διαδοχικές φωτογραφίες που ελήφθησαν από έναν κινούμενο παρατηρητή. Στην εικόνα 1, το αντικείμενο, που βρίσκεται μπροστά στον παρατηρητή, εμφανίζεται στην κάτω δεξιά πλευρά της εικόνας. Όταν ο παρατηρητής πλησιάζει το αντικείμενο και βρίσκεται στην ίδια ευθεία με αυτό, το βλέπει πλέον μετατοπισμένο προς το κεντρικό δεξιό μέρος της εικόνας 2. Η διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης του αντικειμένου, είναι η παράλλαξη του αντικειμένου.



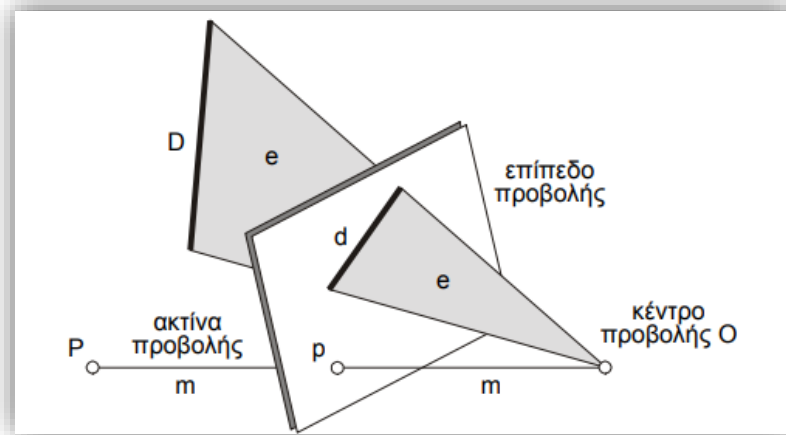
Εικόνα 3.3 Παράλλαξη του αντικειμένου

3.3.4.5 Κεντρική Προβολή

Μια εικόνα στην Φωτογραμμετρία προσεγγίζεται γεωμετρικά συνήθως με κεντρική προβολή. Δηλαδή, τα σημεία του χώρου προβάλλονται σε ένα επίπεδο προβολής, μέσω μιας δέσμης ακτινών οι οποίες διέρχονται όλες από το κέντρο προβολής (κέντρο του φακού). Η κεντρική προβολή έχει ως αποτέλεσμα, ένα σύνολο εικονοσημείων που συγκροτούν μια προοπτικά παραμορφωμένη άποψη του αντικειμένου.

Η κεντρική προβολή είναι απαραίτητη για να τοποθετηθούν και προσανατολιστούν σωστά στον χώρο οι δέσμες ακτινών, από τις οποίες ύστερα μπορούν να προσδιοριστούν σημεία, ως αλληλοτομίες δύο δεσμών ακτινών.

Μια κεντρική προβολή για να οριστεί πλήρως, πρέπει πρώτα να έχει προσανατολιστεί η εικόνα (Πέτσα, 2000).



Εικόνα 3.4 Κεντρική προβολή σημείου ($P \rightarrow p$) και ευθείας ($D \rightarrow d$) του χώρου.

3.3.4.6 Προσανατολισμός Απεικονίσεων

Στην φωτογραμμετρία υπάρχουν δύο τύποι προσανατολισμού. Ο εσωτερικός, ο οποίος αναφέρεται στην εσωτερική γεωμετρία της φωτογραφικής μηχανής την στιγμή της λήψης της εκάστοτε εικόνας, και ο εξωτερικός, που αναφέρεται στην σχέση μεταξύ του συστήματος συντεταγμένων της εικόνας και ενός επίγειου συστήματος αναφοράς (Πατιάς, 1991).

- Εσωτερικός Προσανατολισμός της Εικόνας

Ο εσωτερικός προσανατολισμός της εικόνας είναι η διαδικασία που αποκαθιστά την πορεία της φωτεινής ακτίνας μέσα στην φωτομηχανή όπως αυτή υπήρχε την στιγμή λήψης της φωτογραφίας. Αυτό γίνεται με την βαθμονόμηση της μηχανής. Η βαθμονόμηση μιας κάμερας αποτελεί την διαδικασία προσδιορισμού χαρακτηριστικών της. Η γνώση των χαρακτηριστικών αυτών είναι απαραίτητη εάν πρόκειται να πραγματοποιηθούν ακριβείς μετρήσεις αντικειμένων του φυσικού κόσμου επάνω στις φωτογραφίες που λήφθηκαν, ή να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή χαρτών.

Τα βασικά στοιχεία που προσδιορίζονται με την βαθμονόμηση είναι η θέση του πρωτεύοντος σημείου, η εστιακή απόσταση c της μηχανής καθώς και η

παραμόρφωση των φακών, η διακριτική ικανότητα των φακών και η επιπεδότητα του εστιακού επιπέδου (Πατιάς, 1991).

- Εξωτερικός Προσανατολισμός της Εικόνας

Η γνώση του εξωτερικού προσανατολισμού της εικόνας επιτρέπει την γεωμετρική ανακατασκευή της δέσμης των προβολικών ακτινών, η οποία στη συνέχεια εντάσσεται στο σύστημα χώρου. Ουσιαστικά σημαίνει ότι έχει αποκατασταθεί θέση της δέσμης στο χώρο αλλά και ο προσανατολισμός της.

Ο εξωτερικός προσανατολισμός λοιπόν, αποτελείται από έξι παραμέτρους. Τρεις γεωδαιτικές συντεταγμένες X_0 , Y_0 , Z_0 , του σημείου λήψης στον χώρο, και τρεις στροφές των αξόνων, ω , ϕ , κ , που ορίζουν την διεύθυνση του άξονα λήψης, και την στροφή της εικόνας γύρω από τους άξονες.

Ο εξωτερικός προσανατολισμός επιτυγχάνεται με δύο φωτογραμμετρικές διαδικασίες, τον σχετικό προσανατολισμό και τον απόλυτο.

1. Σχετικός Προσανατολισμός

Ο σχετικός προσανατολισμός έχει σκοπό να διαμορφώσει τις ίδιες συνθήκες προβολής ενός στερεοζεύγους φωτογραφιών, με τις συνθήκες που υπήρχαν την στιγμή της λήψης. Η διαδικασία στηρίζεται στο γεγονός ότι κάθε σημείο του εδάφους είναι η τομή δύο ακτινών που ενώνουν το σημείο αυτό με τα κέντρα προβολής. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου της πραγματικότητας, σε αυθαίρετο χώρο και κλίμακα.

2. Απόλυτος Προσανατολισμός

Ο απόλυτος προσανατολισμός είναι η διαδικασία αποκατάστασης της πραγματικής σχέσης μεταξύ του στερεομοντέλου και του εδάφους, με τον προσδιορισμό της

κλίμακας και του προσανατολισμού του μοντέλου στο χώρο, σύμφωνα με κάποιο σύστημα αναφοράς. Η διαδικασία βασίζεται στην συσχέτιση σημείων στο χώρο με γνωστές συντεταγμένες, τα επονομαζόμενα φωτοσταθερά ή αλλιώς σημεία ελέγχου εδάφους (GCPs) (Πατιάς, 1991).

3.3.4.7 Η Συνθήκη Συγγραμμικότητας

Η συνθήκη συγγραμμικότητας είναι η σχέση που συνδέει τα σημεία του εδάφους με τα αντίστοιχα σημεία επάνω στην φωτογραφία. Χρησιμοποιείται ένα σύστημα συντεταγμένων για την εικόνα και ένα σύστημα για τον χώρο. Για σημείο A του εδάφους, η αντίστοιχη εικόνα του α ορίζεται έτσι ώστε τα σημεία A, α και το κέντρο προβολής O (σημείο λήψης της φωτογραφίας) να είναι συγγραμμικά. Η γραμμή που ενώνει τα τρία σημεία εκφράζει μια ακτίνα φωτός που ξεκινάει από το A, περνάει από το σύστημα των φακών στο O, και δίνει την εικόνα α στο φιλμ (Πατιάς, 1991).

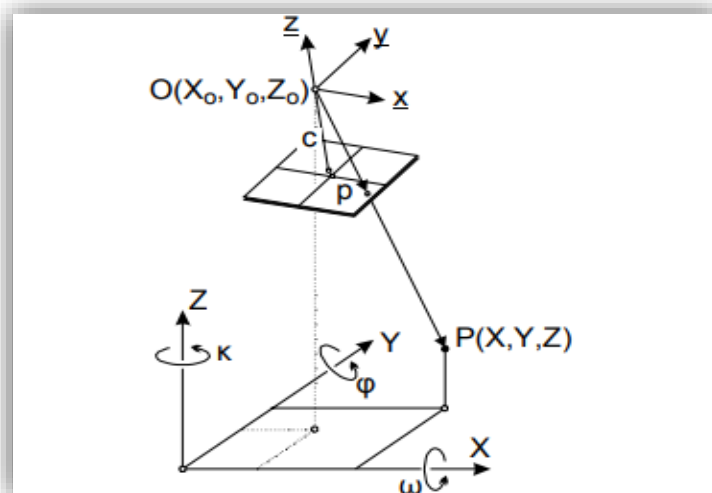
Η συνθήκη συγγραμμικότητας εκφράζεται λοιπόν για κάθε σημείο που μετράται στην εικόνα και συνδέει τις εικονοσυντεταγμένες xy με τις συντεταγμένες XYZ στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, μέσω των τριών βασικών στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού x_0, y_0, c , και των έξι στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού $X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa$ (Πέτσα 2000).

Η αναλυτική μορφή της συνθήκης συγγραμμικότητας είναι:

$$x = x_0 - c \frac{(X - X_0)R_{11} + (Y - Y_0)R_{12} + (Z - Z_0)R_{13}}{(X - X_0)R_{31} + (Y - Y_0)R_{32} + (Z - Z_0)R_{33}}$$

$$y = y_0 - c \frac{(X - X_0)R_{21} + (Y - Y_0)R_{22} + (Z - Z_0)R_{23}}{(X - X_0)R_{31} + (Y - Y_0)R_{32} + (Z - Z_0)R_{33}}$$

Όπου R_{ij} είναι το (i,j) στοιχείο του πίνακα $R(\kappa, \phi, \omega)$ ο οποίος είναι ένας πίνακας στροφής 3x3.



Εικόνα 3.5 Εικόνα με στροφές

3.3.4.8 Φωτογραμμετρικά προϊόντα ψηφιακής μορφής

Τα φωτογραμμετρικά προϊόντα ψηφιακής μορφής είναι τα παρακάτω:

- Ψηφιακά Μοντέλα Ανάγλυφου (Digital Elevation Model - DEM)

Χρησιμοποιείται σαν πρωτογενές δεδομένο ή για την παραγωγή ορθοφωτοχαρτών. Το Ψηφιακό Μοντέλο Ανάγλυφου αναπαριστά τα υψόμετρα της επιφάνειας της γης μέσω ενός συνόλου σημείων. Η αναπαράσταση του υψομέτρου γίνεται μεταξύ άλλων μέσω των τιμών φωτεινότητας ή με τη μέθοδο του σκιασμένου ανάγλυφου. Η πιο συνηθισμένη δομή του είναι η ψηφιδωτή μορφή (raster grid) με υψομετρική πληροφορία σε κάθε pixel. Άλλη μια δομή είναι τα δίκτια ακανόνιστων τριγώνων (Triangular Irregular Networks – TINs), στα οποία χρησιμοποιούνται, συνήθως, ομάδες ακανόνιστων σημείων υψομετρικής πληροφορίας και σχηματίζουν τρίγωνα προκειμένου να αναπαραστήσουν την γήινη επιφάνεια. Ο υπολογισμός των ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου μπορεί να γίνει αυτόματα με την χρήση ειδικών λογισμικών.

- Ψηφιακά Διανυσματικά Δεδομένα

Τα ψηφιακά διανυσματικά δεδομένα αναπαριστώνται ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Στην πιο απλή τους μορφή η δομή τους περιγράφονται από συντεταγμένες σε δύο ή τρεις διαστάσεις. Συνήθως τα δεδομένα αυτά συνοδεύονται από περιγραφικές πληροφορίες. Ένα οδικό δίκτυο για παράδειγμα μπορεί να ανήκει στην κατηγορία των γραμμικών διανυσματικών δεδομένων και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του θα μπορούσαν να είναι η ονομασία της οδού, η κατηγορία του δρόμου κλπ. Η αναπαράσταση κάθε διανυσματικού δεδομένου εξαρτάται από την κλίμακα απόδοσης, για παράδειγμα σε κλίμακα 1:50.000 μια πόλη θα αποτελούταν από ένα σημειακό δεδομένο, ενώ σε κλίμακα 1:5.000 θα αποτελούταν από ένα σύνολο πολυγώνων.

- Ορθοφωτοχάρτες

Μία φωτογραφία η οποία είναι ορθογραφική προβολή της περιοχής που απεικονίζει καλείται ορθοφωτογραφία ή ορθοεικόνα. Στην ορθογραφική προβολή οι ακτίνες προβολής κάθε σημείου είναι κάθετες σε ένα οριζόντιο επίπεδο αναφοράς που σημαίνει ότι το υψόμετρο κάθε σημείου δεν επηρεάζει την προβολική απεικόνισή της, άρα η κλίμακα στην εικόνα είναι συνεχής.

Ο ορθοφωτοχάρτης είναι μια ορθοεικόνα εμπλουτισμένη με χαρτογραφικά στοιχεία όπως συντεταγμένες και τοπωνύμια. Ένας ορθοφωτοχάρτης είναι εξαιρετικά χρήσιμος μιας και εμπεριέχει όλες τις χαρτογραφικές πληροφορίες ενός συμβατικού χάρτη συν τις πληροφορίες που λαμβάνονται από μια φωτογραφία (Περάκης & Φαρασλής & Μωυσιάδης, 2015).

3.4 UAV - Unmanned Aerial Vehicle

Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Unmanned Aerial Vehicle - UAV - Drone), ονομάζονται τα κάθε είδους ιπτάμενα οχήματα που δεν έχουν χειριστή στην άτρακτό τους, αλλά πραγματοποιούν πτήσεις είτε αυτόνομα είτε μέσω τηλεκατεύθυνσης και έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν μια κάμερα ως φορτίο (Rahardjo, 1989).

Τα drone πρωτοεμφανίστηκαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και χρησιμοποιήθηκαν ως στόχοι για εξάσκηση των στρατιωτικών δυνάμεων. Έπειτα κατά την διάρκεια του 'Β παγκόσμιου πολέμου θεωρήθηκε ότι μπορούν να μετασχηματιστούν σε μια ιπτάμενη βόμβα που θα ρίπτεται πίσω από το μέτωπο των αντιπάλων αιφνιδιάζοντάς τους. Πρακτικά όμως χρησιμοποιήθηκε για την παρακολούθηση των εχθρών εξ αποστάσεως, συλλέγοντας πληροφορίες για τις κινήσεις τους σε απρόσιτα σημεία. Κατά την διάρκεια του πολέμου κατά της τρομοκρατίας το μη επανδρωμένο όχημα μετατράπηκε σε συνδυαστικό όπλο, αφού μπορούσε να παρακολουθεί αλλά και να βάλει προς τους αντιπάλους. Σε επόμενο στάδιο περιμένουμε να δούμε τα UAV ανακατασκευασμένα, να λειτουργούν ως όπλα για την επιβολή της δικαιοσύνης από την αστυνομία (Shaw, 2014), ενώ ήδη χρησιμοποιούνται για ειρηνικούς σκοπούς, όπως μεταφορά φαρμάκων, βιολογικών υλικών για ιατρικές εξετάσεις και τροφίμων από και προς δύσβατες περιοχές (SenseLab, 2017).

3.4.1 Φωτογραμμετρία με μη επανδρωμένα αεροσκάφη – UAV

Σήμερα, τα UAV έχουν χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα εφαρμογών εναέριας φωτογραμμετρίας. Η εφαρμογή των drones στο πεδίο της γεωπληροφορικής σήμερα είναι ιδιαίτερα δημοφιλής λόγω της σχετικά εύκολης λειτουργίας και του προσιτού κόστους τους σε σύγκριση με τις εμπορικά διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης (εικονοστοιχείο με διάσταση <1m) καθώς και τις επίγειες μετρήσεις (Anurogo et al., 2017). Επί του παρόντος, τα UAV είναι μια βιώσιμη επιλογή για τη συλλογή δεδομένων τηλεπισκόπησης για ένα ευρύ φάσμα πρακτικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων επιστημονικών, γεωργικών και περιβαλλοντικών εφαρμογών.

Η φωτογραμμετρική διαδικασία με UAV έχει πολλά πλεονεκτήματα, πέραν του χαμηλού κόστους, η απόκτηση δεδομένων είναι γρήγορη και ευέλικτη, και οι πληροφορίες που προκύπτουν μπορεί να είναι πιο λεπτομερείς από τα δορυφορικά δεδομένα. Επιπλέον, επειδή το UAV μπορεί να πετάξει κάτω από τα σύννεφα, τα δεδομένα τους παράγονται χωρίς σύννεφα. Σε σύγκριση με τις δορυφορικές εικόνες που επηρεάζονται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, τα δεδομένα εικόνες από UAV είναι πιο λεπτομερή και ευκρινέστερα (Anurogo et al., 2017).

Η φωτογραμμετρική διαδικασία που βασίζεται σε UAV για την 3D ανασυγκρότηση παράκτιων περιβαλλόντων βασίζεται στην μέθοδο Structure from Motion - SfM. Συγκεκριμένα, η χρήση της προσέγγισης SfM είναι μια εναλλακτική λύση στην προσέγγιση της κλασσικής ψηφιακής φωτογραμμετρίας που βασίζεται στη δομημένη απόκτηση εικόνων. Οι μέθοδοι SfM, αναφέρονται στην καταγραφή πολλών εικόνων για την απόδοση της επιφάνειας του εδάφους, επιτυγχάνοντας υψηλότερο επίπεδο αυτοματισμού και μεγαλύτερη ευκολία στην χρήση. Ο στόχος της μεθόδου SfM είναι να αναδημιουργήσει 3D σκηνές, από την κίνηση μιας κάμερας που προσφέρει ένα σύνολο εικόνων μιας στατικής σκηνής, συνδυάζοντας κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ των εικόνων (Mancini et al., 2013).

Κεφάλαιο 4 – Περίπτωση Μελέτης και Επεξεργασία

Μετά τη θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος και την ανάδειξη των πλεονεκτημάτων που φαίνεται να έχουν τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα, έγινε προσπάθεια ποιοτικής και ποσοτικής τεκμηρίωσης. Για την επίτευξη του στόχου αυτού έπρεπε να πραγματοποιηθούν μετρήσεις πεδίου με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού σε περιοχή που εμφανίζει τυπικά χαρακτηριστικά παράκτια ζώνης στην Μεσόγειο. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η περιοχή της Γεωργιούπολης Χανίων, η οποία φιλοξενεί σημαντικά οικοσυστήματα αλλά και πλήθος ξενοδοχειακών μονάδων.

4.1 Εξοπλισμός:

Χρησιμοποιείται ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος για τη λήψη φωτογραφιών της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια οι φωτογραφίες αυτές πρέπει να συνενωθούν και να γεωαναφερθούν. Με τον όρο *γεωαναφορά* νοείται η μετάβαση μιας εικόνας (ή ενός συνόλου εικόνων) από το σχετικό σύστημα συντεταγμένων της εικόνας (γραμμές-στήλες) σε κάποιο κρατικό σύστημα συντεταγμένων (γεωγραφικό μήκος και πλάτος). Η διαδικασία της γεωαναφοράς γίνεται σε εφαρμογές όπου απαιτείται χαρτογράφηση της ίδιας περιοχής μελέτης σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Αυτό γιατί θα είναι δυνατή η ταύτιση των περιοχών που απεικονίζονται στις φωτογραφίες και στις δύο χρονικές περιόδους.

Για την υλοποίηση της διαδικασίας της *γεωαναφοράς* απαιτείται ο προσδιορισμός των απόλυτων συντεταγμένων με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε η χρήση των δεκτών δορυφορικού εντοπισμού (Global Navigation Satellite Systems-GNSS) του Εργαστηρίου Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Τέλος, η επεξεργασία των μετρήσεων απαιτεί τη χρήση κατάλληλου λογισμικού τόσο για την εξαγωγή των γεωγραφικών συντεταγμένων των σημείων ενδιαφέροντος όσο, κυρίως, για την εφαρμογή της τεχνικής της φωτογραμμετρίας και της δημιουργίας του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της περιοχής μελέτης.

4.1.1 Μη Επανδρωμένο Όχημα: Drone DJI Matrice 100

Το UAV DJI Matrice 100 είναι μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα που υποστηρίζει πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία προγραμματισμού πτήσης, συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων.

Κατά την διάρκεια της πτήσης είναι δυνατόν να ελέγχεται και να καταγράφεται η συμπεριφορά του μη επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος μέσω διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών (Application Programming Interface-API) αλλά και να ανταλλάσσονται δεδομένα με άλλα προγράμματα ώστε να αυτοματοποιηθεί κατά το δυνατόν η διαδικασία της φωτοληψίας. (Official DJI Site)



Εικόνα 4.1.1 UAV Matrice DJI 100 στο χώρο μελέτης



Εικόνα 4.1.2 UAV Matrice DJI 100

4.1.2 Global Navigation Satellite Systems

Η γεωαναφορά της συνένωσης των εικόνων που λαμβάνονται από το UAV σε κάθε χρονική περίοδο γίνεται μέσω επίγειων σημείων ελέγχου (ground control points-GCPs). Τα σημεία αυτά είναι ευδιάκριτα στις εικόνες και οι γεωδαιτικές τους συντεταγμένες προσδιορίζονται με επίγεια μέσα με πολύ μεγάλη ακρίβεια.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δέκτες δορυφορικού εντοπισμού GNSS που αποτελούν πλέον το κύριο μέσο προσδιορισμού συντεταγμένων ακριβείας σε τοπογραφικές εφαρμογές (1-3cm).

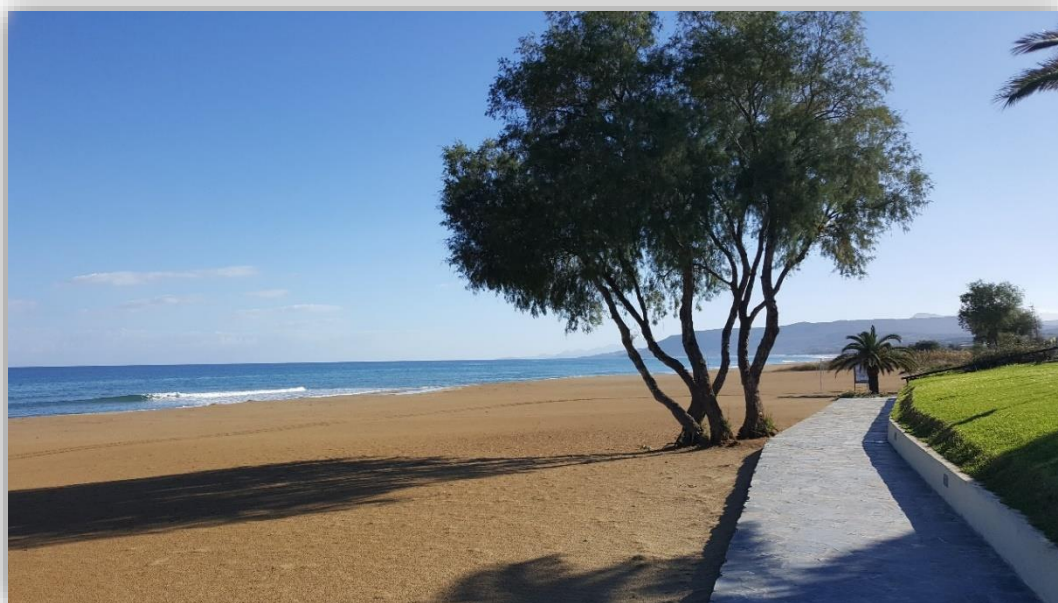
Ένα σύστημα GNSS αποτελείται από δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη και μεταδίδουν σήματα που περιέχουν δεδομένα θέσης και χρόνου. Σήμερα υπάρχουν διάφορα συστήματα GNSS όπως το GPS που ελέγχεται από τις ΗΠΑ, το πρόγραμμα Galileo που αναπτύσσεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, το σύστημα Glonass της Ρωσίας και το BeiDou της Κίνας (European Global Navigation Satellite Systems Agency).

Δεν αποτελεί σκοπό της παρούσας εργασίας να εμβαθύνει στην αρχή λειτουργίας των συστημάτων GNSS. Αυτό γιατί χρησιμοποιήθηκαν ως συμβατικό μέσο προσδιορισμού γεωδαιτικών συντεταγμένων με μια διαδικασία ρουτίνας για το

σύνολο σχεδόν των Μηχανικών που ασχολούνται με αποτυπώσεις (Τοπογράφοι, Πολιτικοί Μηχανικοί, Μηχ. Ορυκτών Πόρων, κ.α.) Στη συνέχεια περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία λήψης των μετρήσεων στο πεδίο και συνδυαστικής εφαρμογής των τεχνικών στατικού εντοπισμού και στάσης-και-αναχώρησης.

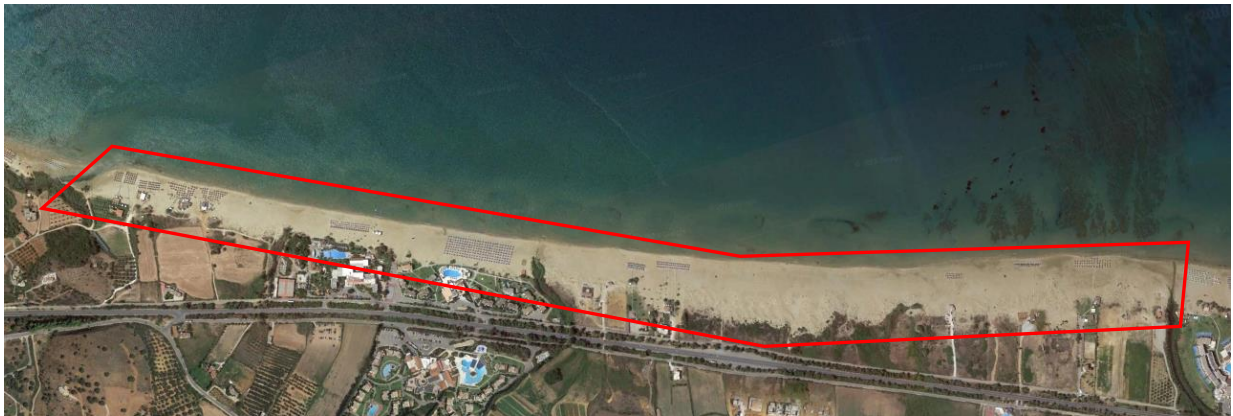
4.2 Διαδικασία μετρήσεων

Για την παρακολούθηση της διαχρονικής μεταβολής της γεωμορφολογίας και χρήσεων γης της παράκτιας ζώνης της περιοχής μελέτης Γεωργιούπολης λήφθηκαν μετρήσεις σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους: Νοέμβριος 2016 και Ιούνιος, 2017. Η επιλογή των περιόδων αυτών έγινε προκειμένου να διερευνηθεί η διαφοροποίηση της χειμέριας και καλοκαιρινής ακτογραμμής αλλά και των μεταβολών στη χρήση της παραλίας.



Εικόνα 4.2 Ακτή Γεωργιούπολης Χανίων

Το πρώτο στάδιο πραγματοποίησης των μετρήσεων περιλαμβάνει τη δημιουργία του σχεδίου πτήσης. Με δεδομένη την έκταση της περιοχής μελέτης δηλαδή περίπου 2,5 km και τις δυνατότητες του διαθέσιμου UAV αποφασίστηκε η πραγματοποίηση δύο πτήσεων εκατέρωθεν του μέσου περίπου της έκτασης της περιοχής μελέτης. Η ίδια διαδικασία διαμερισμού της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκε και στις δύο χρονικές περιόδους καταγραφής των εναέριων μετρήσεων.



Εικόνα 4.3 Περιοχή Μελέτης: Ακτή Γεωργιούπολης. Εικόνα από Google Earth

Σε κάθε μία από τις πτήσεις που πραγματοποιήθηκαν, το ύψος πτήσης ήταν στα 90 μέτρα, η ταχύτητα πτήσης ήταν 7 m/s και κάθε πτήση αποτελούταν από δύο διαδρομές κατά μήκος της ακτής. Η επικάλυψη των φωτογραφιών κατά τις δύο διαδρομές (δηλαδή κατά πλάτος της ακτής) ήταν περίπου 60%.

Στην συνέχεια, έπρεπε να οριστούν τα επίγεια σημεία ελέγχου. Ως τέτοια επιλέχθηκαν σημεία που θα ήταν σίγουρα αναγνωρίσιμα στις φωτογραφίες του UAV και οι συντεταγμένες τους μπορούσαν να μετρηθούν με μεγάλη ακρίβεια. Η κατανομή των σημείων ήταν ομοιόμορφη τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος της περιοχής μελέτης. Για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των επίγειων σημείων ελέγχου χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός των τεχνικών στατικού εντοπισμού (static positioning) και στάσης και αναχώρησης (stop & go).

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, ο ένας δέκτης GNSS παραμένει σταθερός σε ένα σημείο και συλλέγει πρωτογενή δεδομένα από τους διαθέσιμους δορυφόρους του συστήματος GNSS που χρησιμοποιείται (στην περίπτωση μας το GPS). Ο άλλος δέκτης είναι μετακινούμενος και εκτός της αρχικοποίησής του που διαρκεί μερικά λεπτά της ώρας (π.χ. 5 min) τοποθετείται στα σημεία ενδιαφέροντος για μερικά δευτερόλεπτα (π.χ. 20 sec) στο καθένα. Στη συνέχεια, στο γραφείο γίνεται επίλυση των πρωτογενών καταγραφών και προσδιορισμός των συντεταγμένων του σταθερού δέκτη στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δεδομένα από το Hellenic Positioning System (HEPOS) της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΕ. Καθώς οι δύο δέκτες, στο πεδίο, λαμβάνουν ταυτόχρονα στοιχεία από τους δορυφόρους και η θέση του ενός είναι πλέον γνωστή οι συντεταγμένες των σημείων ενδιαφέροντος προσδιορίζονται ως διαφορές συντεταγμένων μεταξύ σταθερού και μετακινούμενου δέκτη.



Εικόνα 4.4 Κινητός Δέκτης GPS

Έπειτα πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των μετρήσεων στο εργαστήριο Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών του Πολυτεχνείου Κρήτης.

4.3 Φωτογραμμετρική Επεξεργασία

Προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ευελιξία κατά τη διαδικασία λήξης των εναέριων δεδομένων, η κάμερα του UAV είχε ρυθμιστεί ώστε να λαμβάνει βίντεο. Με τον τρόπο αυτό θα διασφαλίζονταν σε κάθε περίπτωση η ικανοποίηση των κριτηρίων διαμήκους επικάλυψης των φωτογραφιών.

Έτσι, για την έναρξη της διαδικασίας επεξεργασίας των δεδομένων που ελήφθησαν από το UAV έπρεπε αρχικά να μετατραπούν τα βίντεο σε μια σειρά από εικόνες (frames). Αυτό πραγματοποιήθηκε με κατάλληλο λογισμικό, το οποίο δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να διαλέξει πόσες εικόνες θέλει να δημιουργήσει ανά δευτερόλεπτο.

Ο αριθμός εικόνων που χρησιμοποιήθηκε για κάθε μοντέλο φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, και επιλέχθηκε έτσι ώστε να ικανοποιούνται τα κριτήρια επικάλυψης μεταξύ των, και κάθε μία από αυτές είχε ανάλυση 4096*2160 pixel.

	Αριθμός εικόνων
Ανατολική ακτή Νοεμβρίου 2016	159
Δυτική ακτή Νοεμβρίου 2016	116
Ανατολική ακτή Ιουνίου 2017	128
Δυτική ακτή Ιουνίου 2017	172

4.3.1 Λογισμικό Τρισδιάστατης Απεικόνισης

Για την φωτογραμμετρική επεξεργασία των επιλεγμένων φωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Agisoft PhotoScan. Απώτερος στόχος είναι η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου επιφανείας της περιοχής μελέτης. Η διαδικασία της επεξεργασίας φωτογραφιών και της κατασκευής τρισδιάστατων μοντέλων περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Το πρώτο στάδιο είναι η ευθυγράμμιση των φωτογραφιών. Σε αυτό το σημείο το λογισμικό ψάχνει για κοινά σημεία στις φωτογραφίες, ενώ ταυτόχρονα βρίσκει και την θέση της φωτογραφικής μηχανής στο χώρο για κάθε φωτογραφία, και βελτιώνει τις παραμέτρους βαθμονόμησης της κάμερας. Το αποτέλεσμα είναι ένα αραιό σύννεφο σημείων.
- Το επόμενο βήμα είναι η κατασκευή ενός πυκνού σύννεφου σημείων. Βασισμένο στις θέσεις των σημείων που έχουν εκτιμηθεί, αλλά και στις ίδιες τις φωτογραφίες, δημιουργείται το πυκνό σύννεφο σημείων.
- Το τρίτο στάδιο αποτελεί την κατασκευή του πλέγματος. Το λογισμικό κατασκευάζει ένα τρισδιάστατο πολυγωνικό πλέγμα, αναπαριστώντας την επιφάνεια του αντικειμένου βασισμένο είτε στο dense point cloud είτε στο sparse point cloud, αναλόγως την επιλογή του χρήστη. Όταν το πλέγμα έχει κατασκευαστεί ίσως χρειαστεί επεξεργασία. Κάποιες διορθώσεις όπως αποκατάσταση η επεξεργασία, η αφαίρεση ορισμένων απομονωμένων σημείων, κλείσιμο κενών στο πλέγμα, εξομάλυνση και άλλα.
- Η δημιουργία της υφής (texture) του αναγλύφου ουσιαστικά εφαρμόζει τις υπάρχουσες φωτογραφίες επάνω στο τρισδιάστατο μοντέλο που έχει χτιστεί.

Με το πέρας των κυρίων σταδίων στο τρισδιάστατο ήδη υπάρχον μοντέλο, δημιουργήθηκε το σύστημα συντεταγμένων.

4.3.1.1 Σύνθεση συστήματος συντεταγμένων

Η δημιουργία του συστήματος συντεταγμένων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους γίνεται προκειμένου αυτό να έχει μια σωστή (γεωμετρικά) κλίμακα και να επιτρέπει την πραγματοποίηση γεωμετρικών πράξεων (υπολογισμός αποστάσεων, εμβαδά, όγκοι). Παράλληλα χρησιμοποιείται προκειμένου να μπορεί να ενσωματωθεί σε οποιοδήποτε σύστημα γεωπληροφορικής αναφέρεται σε κάποιο γνωστό γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων.

Στα επίγεια σημεία ελέγχου που εντοπίστηκαν στις φωτογραφίες δόθηκαν οι συντεταγμένες που προέκυψαν από την επεξεργασία των μετρήσεων GNSS. Τα σημεία ελέγχου πρέπει να τοποθετούνται στο σωστό σημείο, σε κάθε φωτογραφία στην οποία το σημείο αυτό είναι ορατό.

Τα GCPs χρησιμοποιούνται γενικά, για να προσδιορίσουν κοινά σημεία σε διαφορετικές φωτογραφίες καθώς και για να αναχθεί το όλο μοντέλο σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων.

Στην συνέχεια κατασκευάστηκε το ορθομωσαϊκό καθώς και το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (Digital Elevation Model, DEM) για τις 2 εποχές

Μετά την επεξεργασία των μετρήσεων με το λογισμικό τρισδιάστατης απεικόνισης, χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών προκειμένου να γίνει η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

4.4 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System –GIS)

Ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) είναι ένα πλαίσιο συλλογής, διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων. Βασισμένο στην επιστήμη της γεωγραφίας, το GIS ενσωματώνει πολλούς τύπους δεδομένων. Αναλύει τη χωρική τοποθεσία και οργανώνει τα επίπεδα πληροφοριών σε απεικονίσεις χρησιμοποιώντας χάρτες και τρισδιάστατες απεικονίσεις. Με αυτή τη δυνατότητα, το GIS αποκαλύπτει βαθύτερες

γνώσεις σε δεδομένα, όπως μοτίβα, σχέσεις και καταστάσεις βοηθώντας τους χρήστες να παίρνουν καλύτερες αποφάσεις. (Environmental Systems Research Institute – ESRI)

Στον πυρήνα ενός GIS είναι μια βάση δεδομένων, όπου όλα τα αρχεία της είναι γεωαναφερόμενα, δηλαδή κάθε πράγμα που περιγράφεται στη βάση δεδομένων δίνει μια θέση στην επιφάνεια της γης, συνήθως με τη μορφή συντεταγμένων, όπως γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος. Για παράδειγμα, μια βάση δεδομένων που διατηρεί μια αεροπορική εταιρεία και αποθηκεύει τις τρέχουσες θέσεις όλων των αεροσκαφών της αεροπορικής εταιρείας, καθώς και τους αριθμούς πτήσης, τον αριθμό των επιβατών και άλλα δεδομένα αποτελεί μια γεωαναφερθείσα βάση δεδομένων.

Ένα σύστημα GIS αποτελεί μια συλλογή λογισμικών που ελέγχεται από τον χρήστη μέσω μιας ενιαίας πλατφόρμας και έχει σχεδιαστεί για να εκτελέσει ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών σε γεωγραφικά δεδομένα. Στην πραγματικότητα, τα GIS είναι ικανά να εκτελούν σχεδόν οποιαδήποτε λογική λειτουργία σε γεωγραφικά δεδομένα. Μπορούν να δημιουργήσουν χάρτες σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό που απαιτείται για να φτιαχτούν με το χέρι, μπορούν να υπολογίσουν τις μικρότερες αποστάσεις μεταξύ σημείων και να παράγουν κατευθύνσεις οδήγησης καθώς και πολλές ακόμα λειτουργίες. (Goodchild, 1991)

4.4.1 Επεξεργασία των Μοντέλων με Λογισμικό GIS

Στην διπλωματική αυτή χρησιμοποιήθηκε συγκεκριμένα το ArcGIS το οποίο είναι προϊόν της Αμερικάνικης Εταιρίας ESRI (Environmental Systems Research Institute). Η βασική εφαρμογή του ArcGIS είναι το ArcMap το οποίο έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει και να επεξεργαστεί χάρτες, να εμφανίσει και να αναλύσει γεωγραφικά δεδομένα, έχει ακόμα δυνατότητες αναζήτησης και επιλογής χωρικών δεδομένων, δημιουργίας γραφημάτων και διαμόρφωσης χαρτών για εκτύπωση.

Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί ότι όλα τα αρχεία που εισάγονται στο GIS πρέπει να είναι ήδη ενταγμένα στο σύστημα ΕΓΣΑ '87 ώστε να τα τοποθετηθούν αυτόματα το ένα πάνω από το άλλο διευκολύνοντας έτσι την κατανόηση των δεδομένων και την επεξεργασία τους. Επειδή όλα τα δεδομένα μας έχουν παραχθεί από λογισμικό τρισδιάστατης απεικόνισης το οποίο έχει ενταχθεί στο σύστημα ΕΓΣΑ '87, είναι και τα παράγωγά του ήδη γεωαναφερμένα.

Πρώτα, εισήχθησαν στο ArcMap τα υψομετρικά μοντέλα DEM των 2 εποχών. Με το εργαλείο Minus έγινε αφαίρεση των 2 μοντέλων ώστε να διευκολυνθεί η σύγκριση τους. Το Minus ανήκει στην κατηγορία των εργαλείων χωρικής ανάλυσης (Spatial Analyst Toolbox) και αυτό που κάνει ουσιαστικά είναι, για κάθε pixel, να αφαιρεί την τιμή του δεύτερου αρχείου raster από το πρώτο raster (στην περίπτωση μας αφαιρεί το DEM του Νοεμβρίου από το DEM του Ιουνίου). Το αποτέλεσμα είναι ένα καινούριο raster αρχείο στο οποίο τα σημεία στα οποία υπάρχουν έντονες διαφορές μεταξύ των μοντέλων παρουσιάζονται με λευκό, τα σημεία που είναι ίδια με μαύρο και κάποιες μικροδιαφορές με αποχρώσεις του γκρι.

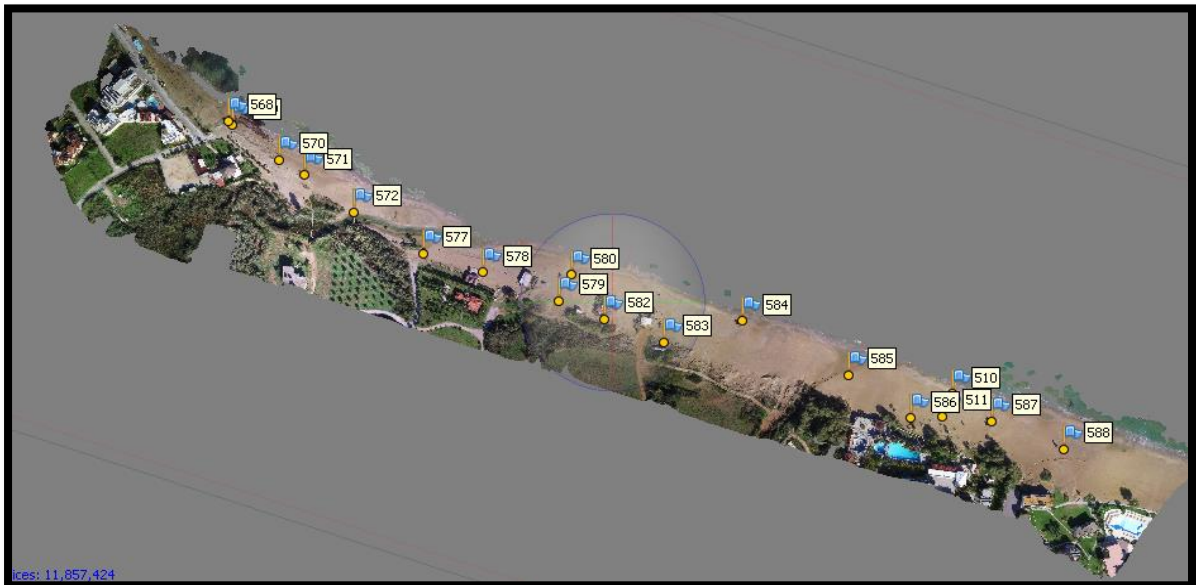
Έπειτα εισήχθησαν τα ορθομωσαϊκά. Χρησιμοποιώντας ως οδηγό τα σημεία που μας υπέδειξε το εργαλείο Minus ακολούθησε η ψηφιοποίηση όλων των δεδομένων που διαφέρουν από το ένα μοντέλο στο άλλο έτσι ώστε να γίνει η σύγκρισή τους. Ψηφιοποίηση έγινε και στις ακτογραμμές ώστε να παρατηρηθεί η μεταβολή μέσα στο χρονικό διάστημα των 7 μηνών που μεσολάβησε.

Τέλος, χρησιμοποιώντας την επέκταση DSAS – Digital Shoreline Analysis System του ArcGIS υπολογίστηκε η μεταβολή της ακτογραμμής κατά την πάροδο των επτά μηνών που μεσολάβησαν από τον Νοέμβριο έως τον Ιούνιο. Το DSAS δημιουργήθηκε για τον διαχρονικό υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών. Το DSAS λειτουργεί με την χρήση μιας γραμμής βάσης κατά μήκος της ακτογραμμής, που καθορίζεται από τον χρήστη, σύμφωνα με την οποία γίνονται οι επιθυμητοί υπολογισμοί.

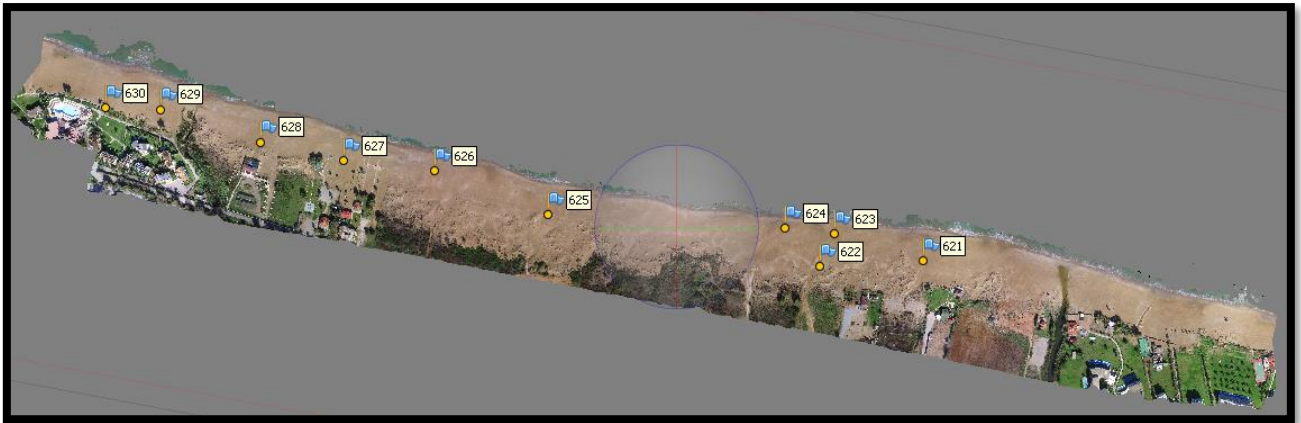
Κεφάλαιο 5 – Αποτελέσματα

5.1 Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα εδάφους και ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο, σε κάθε χρονική περίοδο πραγματοποιήθηκαν δύο πτήσεις, η κάθε μία εκ των οποίων κάλυπτε το ήμισυ (περίπου) της περιοχής μελέτης. Στις παρακάτω φωτογραφίες (εικόνα 5.1.1 έως εικόνα 5.1.4) παρουσιάζονται τα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Με μπλε σημαία παρουσιάζονται τα επίγεια σημεία ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν.



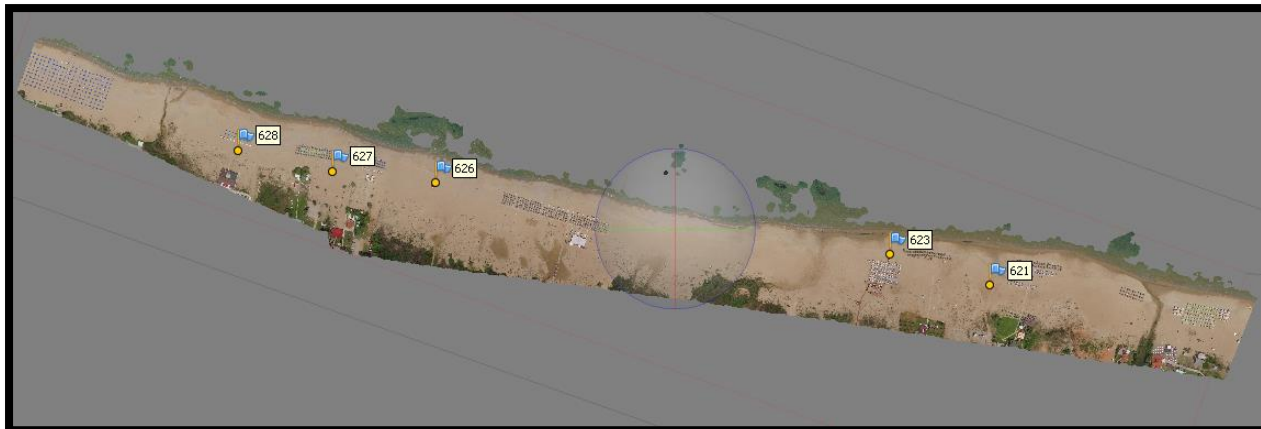
Εικόνα 5.1.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Δυτική Ακτή Νοεμβρίου 2016.



Εικόνα 5.1.2 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Ανατολική Ακτή Νοεμβρίου 2016.



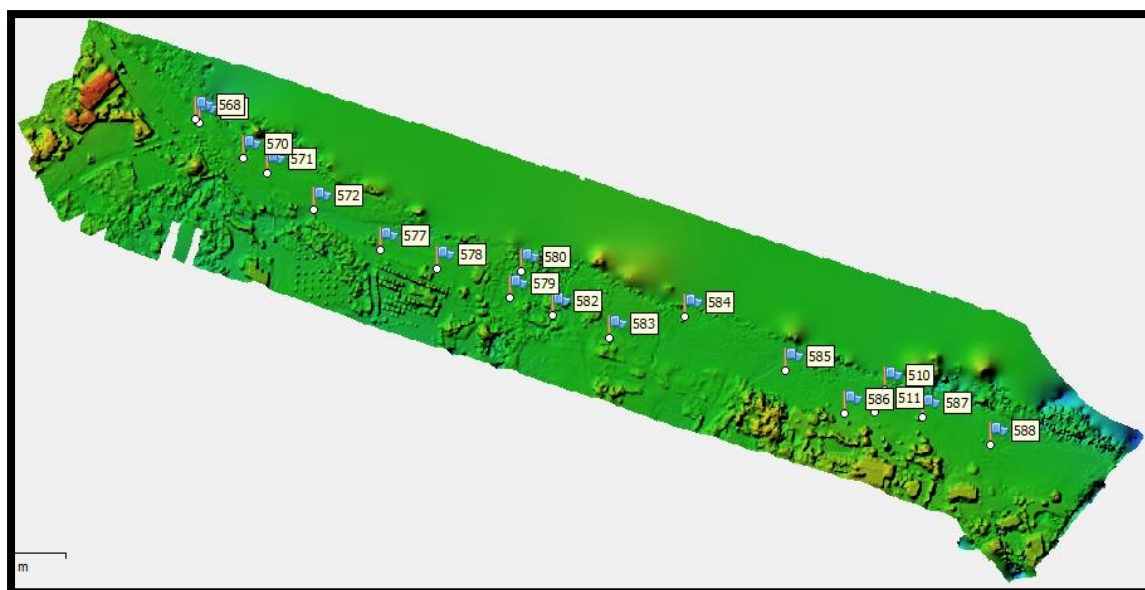
Εικόνα 5.1.3 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Δυτική Ακτή Ιουνίου 2017.



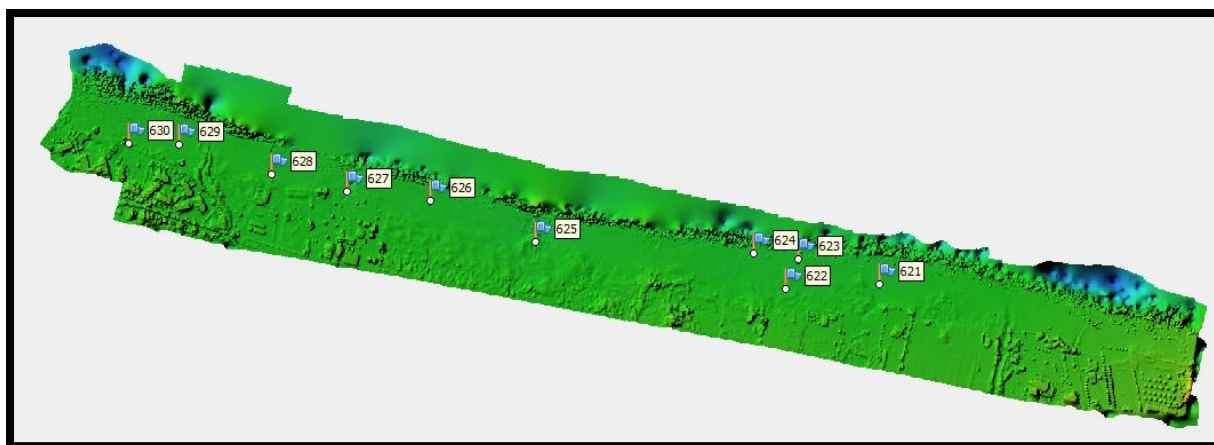
Εικόνα 5.1.4 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής μελέτης: Ανατολική Ακτή Ιουνίου 2017.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως σε κάθε μοντέλο και με απλή οπτική παρατήρηση διακρίνονται με ευκρίνεια κατασκευές (π.χ. κτήρια, ομπρέλες), η υπάρχουσα βλάστηση αλλά και το σημείο επαφής της θάλασσας με τη ξηρά. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την απουσία κενών περιοχών (περιοχών δηλαδή στις οποίες δεν κατέσκει δυνατός ο υπολογισμός του ψηφιακού της μοντέλου) αποτελεί ένδειξη ορθής απόδοσης της μορφολογίας στα μοντέλα αυτά.

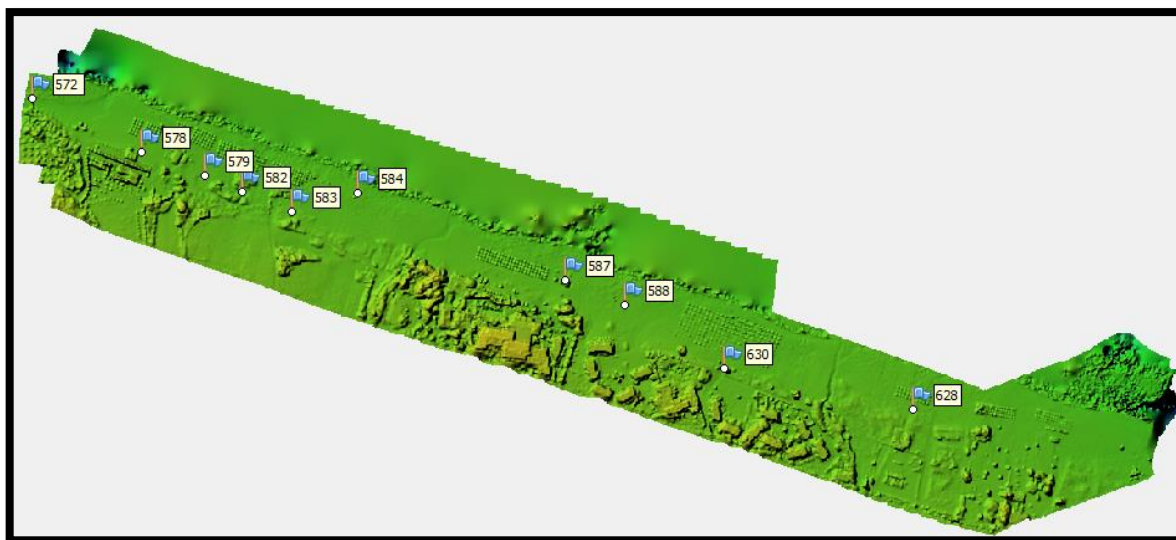
Στην συνέχεια (εικόνα 5.2.1 έως εικόνα 5.2.4) παρουσιάζονται τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα που παράχθηκαν από το λογισμικό τρισδιάστατης απεικόνισης.



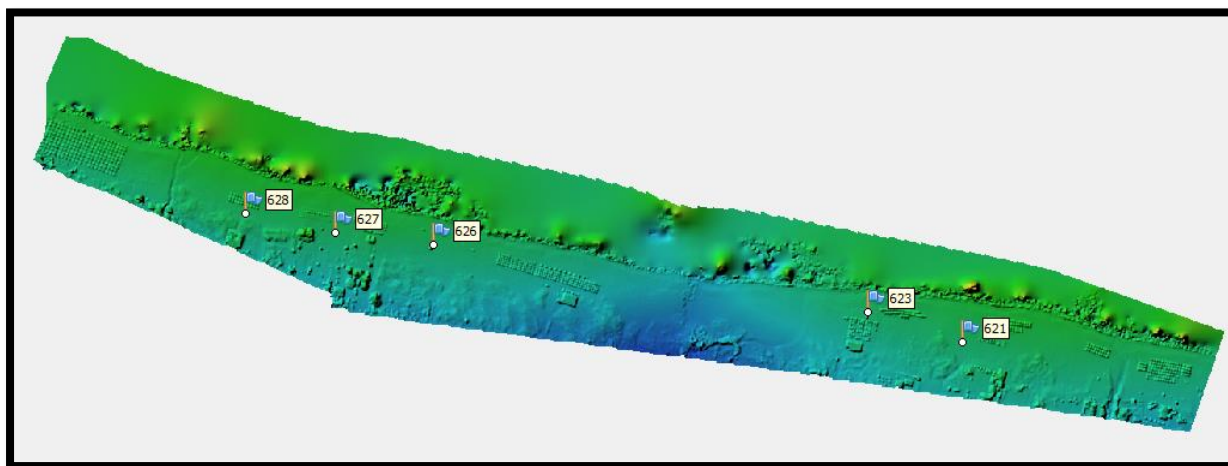
Εικόνα 5.2.1 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Νοέμβριος 2016.



Εικόνα 5.2.2 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Ανατολικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Νοέμβριος 2016.



Εικόνα 5.2.3 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Ιούνιος 2017.



Εικόνα 5.2.4 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Ιούνιος 2017.

Στην περίπτωση του Νοεμβρίου χρησιμοποιήθηκαν 18 σημεία γνωστών συντεταγμένων για την δυτική ακτή και 10 για την ανατολική ακτή, ενώ στην περίπτωση του Ιουνίου χρησιμοποιήθηκαν 10 σημεία γνωστών συντεταγμένων για την δυτική ακτή και 5 για την ανατολική ακτή. Αυτό έγινε διότι μόνο στην πρώτη περίπτωση λήφθηκαν μετρήσεις με GPS με σκοπό να χρησιμοποιηθούν οι ίδιες και στις δύο περιπτώσεις, όμως κάποια από αυτά δεν μπορούσαν να εντοπιστούν τον Ιούνιο λόγω των αλλαγών που είχε υποστεί η παραλία. Μετά την δημιουργία του μοντέλου το λογισμικό έχει την δυνατότητα να δώσει συντεταγμένες για οποιοδήποτε σημείο είναι επιθυμητό.

Στην συνέχεια, φαίνονται τα πιθανά σφάλματα που υπολογίζονται από το λογισμικό. Τα σφάλματα που παρουσιάστηκαν είναι της τάξης των εκατοστών, συγκεκριμένα:

Σφάλμα	Σε μέτρα	Σε Pixel
Ανατολικό Μοντέλο Νοεμβρίου	0,09 m (9 cm)	2,306
Ανατολικό Μοντέλο Ιουνίου	0,073 m (7,3 cm)	2,714
Δυτικό Μοντέλο Νοεμβρίου	0,067 m (6,7 cm)	1,352
Δυτικό Μοντέλο Ιουνίου	0,085 m (8,5 cm)	0,334

Στην πραγματικότητα όμως ενδέχεται να υπάρχουν μεγαλύτερα σφάλματα από αυτά που παρουσιάζονται από το λογισμικό, γι' αυτό και πραγματοποιείται η παρακάτω διαδικασία για την επικύρωση των αποτελεσμάτων.

Αφαιρέθηκαν κάποια από τα γνωστά σημεία συντεταγμένων (2 σημεία για κάθε περίπτωση), και στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε ξανά όλη η διαδικασία των τεσσάρων βασικών βημάτων, που περιγράφηκε νωρίτερα. Δεδομένου ότι το λογισμικό είναι σε θέση να δώσει συντεταγμένες για οποιοδήποτε σημείο του μοντέλου, η διαδικασία αυτή έγινε με σκοπό να δούμε στα γνωστά αυτά σημεία, τι συντεταγμένες θα έδινε το λογισμικό, και κατά πόσο αυτές απέχουν από την πραγματικότητα. Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται η διαφορά των συντεταγμένων των σημείων που έδωσε το λογισμικό με αυτές της πραγματικότητας σε μέτρα, για κάθε μοντέλο.

November West Coast Validation				
		x(m)	y(m)	z(m)
1	GPS	524591,091	3912486,502	1,290
	Λογισμικό Φωτογραμμετρίας	524591,055	3912486,557	1,244
	difference	0,036	0,055	0,046
2	GPS	523891,409	3912787,905	0,931
	Λογισμικό Φωτογραμμετρίας	523891,396	3912787,842	1,095
	difference	0,013	0,063	0,164
3	GPS	524215,438	3912604,449	0,474
	Λογισμικό Φωτογραμμετρίας	524215,495	3912604,408	0,390
	difference	0,057	0,041	0,084

June West Coast Validation				
		X (m)	Y (m)	Z (m)
1	GPS	524591,091	3912486,502	1,290
	Λογισμικό Φωτογραμμετρίας	524591,242	3912486,374	1,190
	difference	0,151	0,128	0,100
2	GPS	524013,620	3912694,937	0,281
	Λογισμικό Φωτογραμμετρίας	524013,770	3912694,789	0,195
	difference	0,150	0,148	0,086

Παρατηρείται ότι τα πραγματικά σφάλματα μπορούν να κυμαίνονται από 1,3 cm έως και 16 cm.

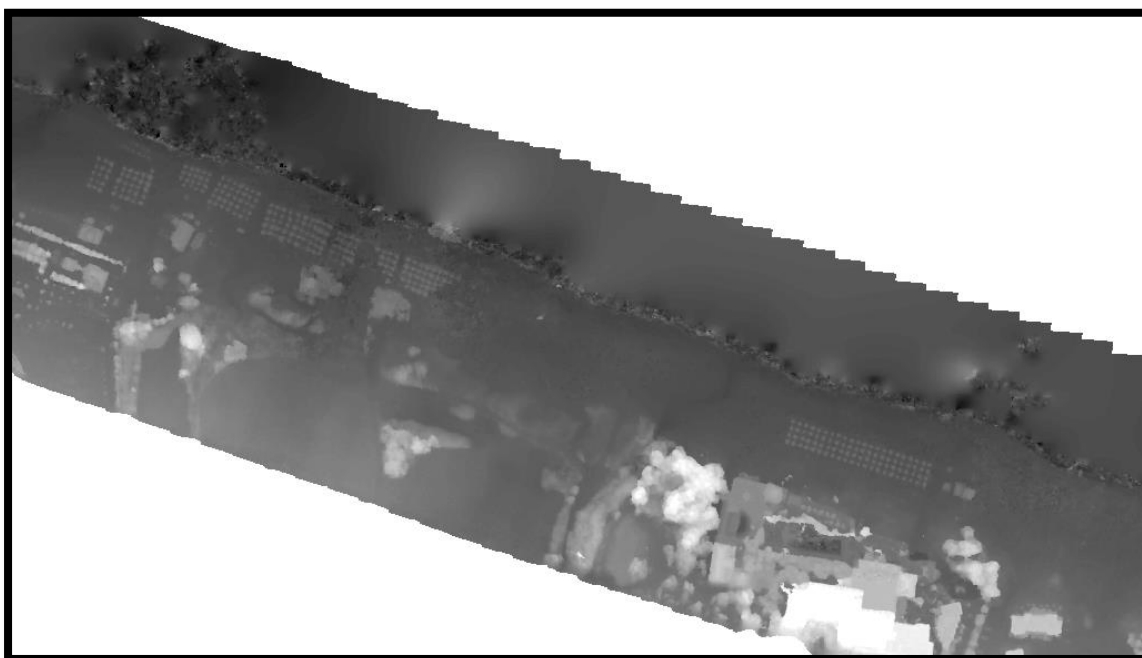
Λογώ του μικρού αριθμού GCPs που χρησιμοποιήθηκαν στην ανατολική ακτή του Ιουνίου παρατηρούνται υψομετρικές ανωμαλίες στην περιοχή (αρνητικές τιμές υψομέτρου μέχρι και -10 μέτρα). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η περιοχή εκείνη δεν προσφέρει αξιοπιστία για μετρήσεις και ενδέχεται να παρουσιάζει σφάλματα και σε γωγραφικό μήκος και πλάτος. Για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε να μην συμπεριληφθεί η ανατολική ακτή στην διεξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στα όρια των μοντέλων όπως είναι αναμενόμενο τα σφάλματα μεγαλώνουν ενώ σε κάποια σημεία δημιουργούνται μέχρι και κενά, λόγω της έλλειψης επικάλυψης φωτογραφιών. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα για να επιτευχθεί η δημιουργία τρισδιάστατης μορφής πρέπει το αντικείμενο να είναι ορατό σε τουλάχιστον 2 φωτογραφίες, πράγμα που δεν είναι δυνατό στα όρια του εκάστοτε μοντέλου.

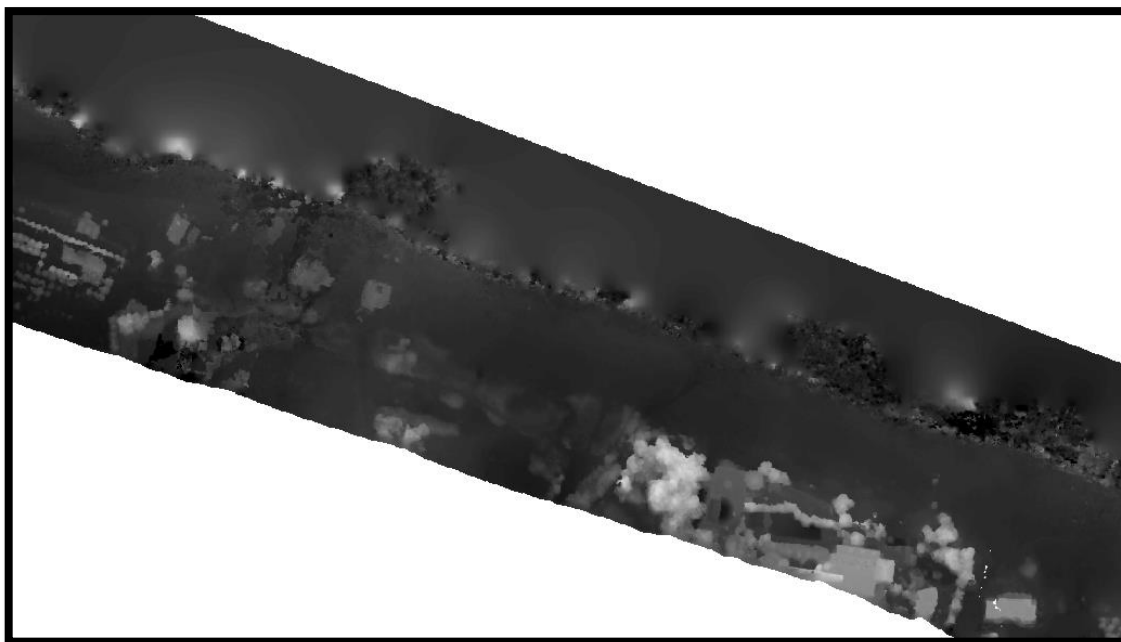
Επίσης σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι η αναπαράσταση της επιφάνειας της θάλασσας δεν είναι δυνατή για τον λόγο ότι δεν αποτελεί μια σταθερή επιφάνεια, εξαιτίας των κυματισμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το λογισμικό να είναι ανίκανο να εντοπίσει κοινά σημεία μεταξύ των φωτογραφιών.

5.2 Επεξεργασία των δύο μοντέλων με λογισμικό γεωγραφικών πληροφοριών

Τα 2 υψομετρικά μοντέλα DEM που παράχθηκαν από το Agisoft PhotoScan και εισάχθηκαν στο ArcMap για περεταίρω επεξεργασία φαίνονται στις Εικόνες 5.3 και 5.4 Μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν οι υψομετρικές διαφορές από σημείο σε σημείο (που υπάρχει κτίριο, ομπρέλα, δέντρο κλπ.)

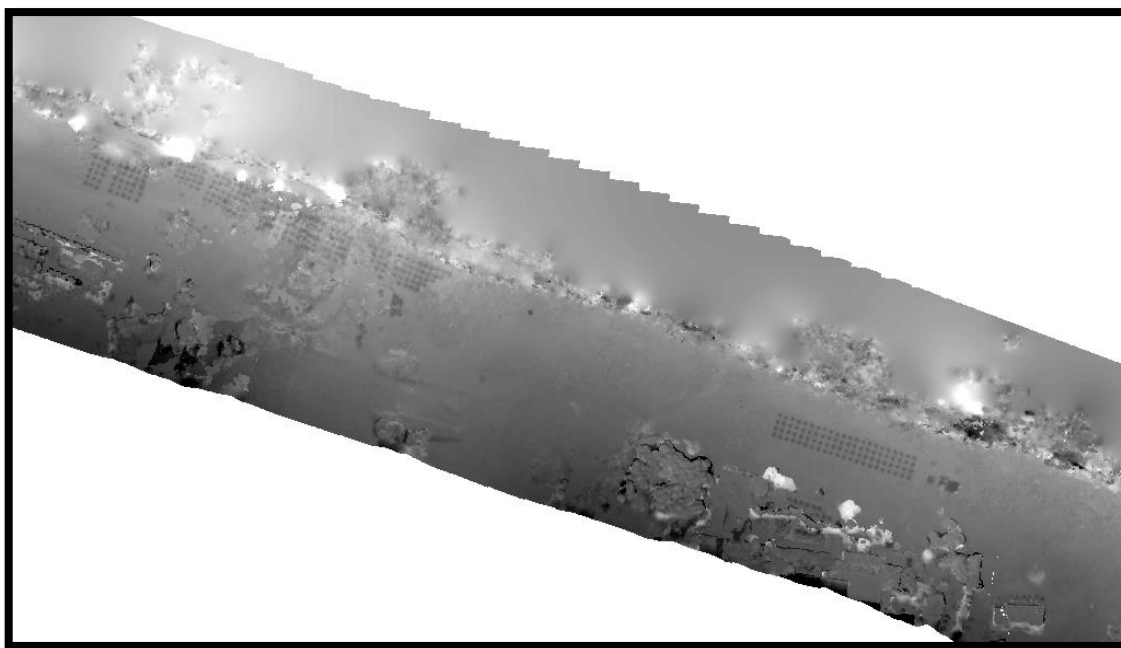


Εικόνα 5.3 Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Ιονίου

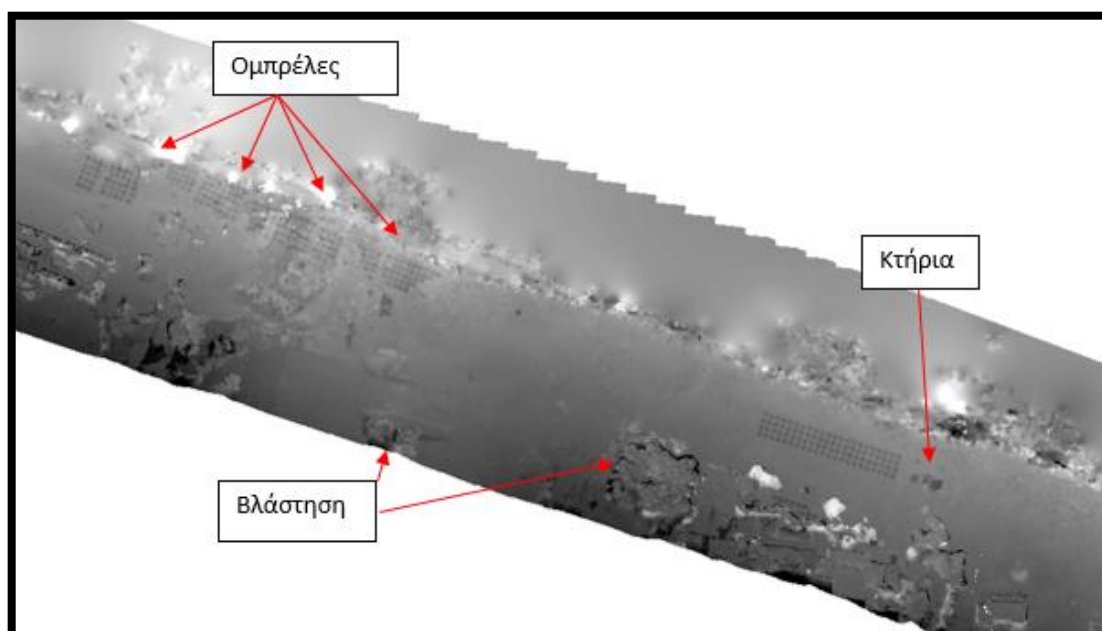


Εικόνα 5.4 Υψομετρικό Μοντέλο (DEM) Δυτικής Ακτής Νοεμβρίου

Παρακάτω, στις Εικόνες 5.5.1 και 5.5.2 φαίνεται το αποτέλεσμα της αφαίρεσης των 2 υψομετρικών μοντέλων μεταξύ τους, όπου είναι ορατές οι κύριες διαφορές, όπως οι ομπρέλες που υπήρχαν Ιούνιο αλλά όχι τον Νοέμβριο, καθώς και μια πιθανή αύξηση της βλάστησης στην περιοχή.



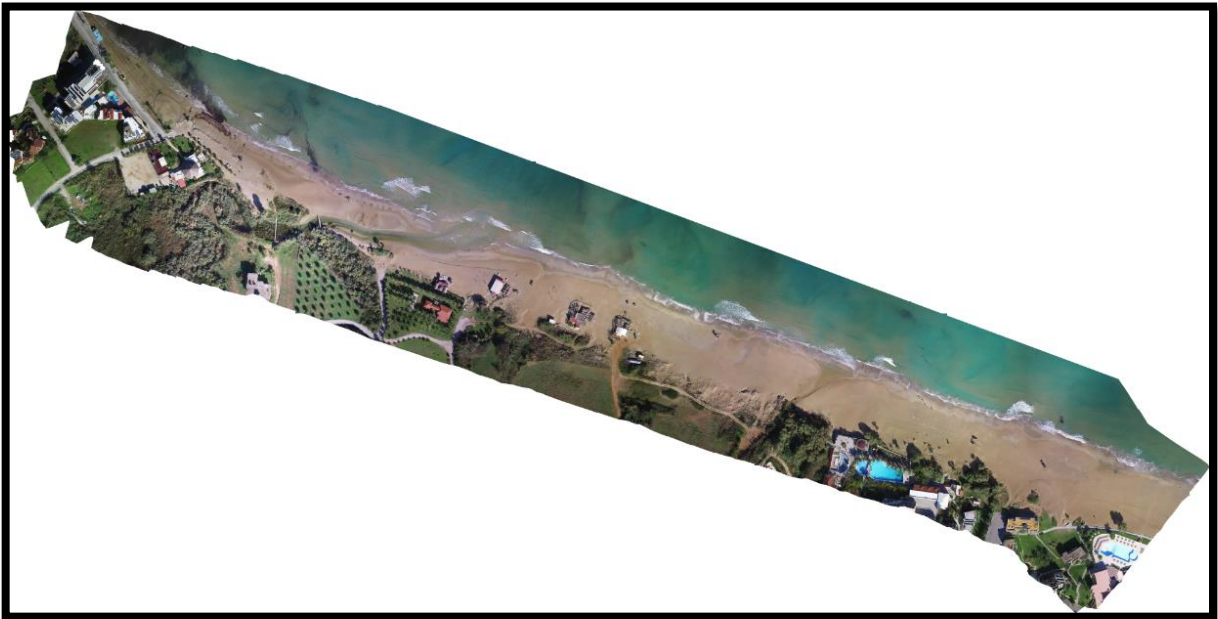
Εικόνα 5.5.1 Minus Δυτικής Ακτής (Νοεμβρίου - Ιουνίου)



Εικόνα 5.5.2 Minus Δυτικής Ακτής (Νοεμβρίου - Ιουνίου)

Το εργαλείο Minus παρατηρείται αρκετά αποτελεσματικό, καθώς εντοπίζει όλων των ειδών μεταβολές από το ένα υψομετρικό μοντέλο στο άλλο, ωστόσο αρκετές φορές δεν υπάρχει σωστή αντίληψη του τι μεταβολή απεικονίζει και χρειάζεται να ανατρέξουμε στις ορθοφωτογραφίες για διευκρίνιση.

Έπειτα, φαίνονται τα ορθομωσαϊκά μοντέλα που εισήχθησαν στο λογισμικό στις Εικόνες 5.6.1 και 5.6.2. Με μια πρώτη ματιά παρατηρείται ότι υπάρχει μεγάλη αύξηση του τουρισμού, υπάρχει ορατά αυξημένη βλάστηση στην περιοχή, αλλά και αύξηση στις παράκτιες επιχειρήσεις.



Εικόνα 5.6.1 Ορθοφωτογραφία Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Νοέμβριος 2016.



Εικόνα 5.6.2 Ορθοφωτογραφία Δυτικής Ακτής Περιοχής Μελέτης. Ιούνιος 2017

Ενώ οι κύριες διαφορές εντοπίστηκαν με την βοήθεια της υψομετρικής αφαίρεσης των 2 μοντέλων DEM, για καλύτερα αποτελέσματα πρέπει να γίνει λεπτομερής οπτική παρατήρηση των διαφορών από το ένα ορθομωσαϊκό στο άλλο. Έπειτα έγινε ψηφιοποίηση στα σημεία μεταβολών όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 5.7.

Οι διαφορές φαίνονται επάνω στο μοντέλο του Ιουνίου, όπου με κόκκινο χρώμα φαίνονται όλες οι αλλαγές που έχει υποστεί η ακτή όπως οι ομπρέλες, τα κτίρια, οι δραστηριότητες (γήπεδα βόλεϊ, ποδήλατα θαλάσσης κλπ.). Η ακτογραμμή του Ιουνίου ορίζεται με μπλε ενώ του Νοεμβρίου με πράσινο χρώμα.

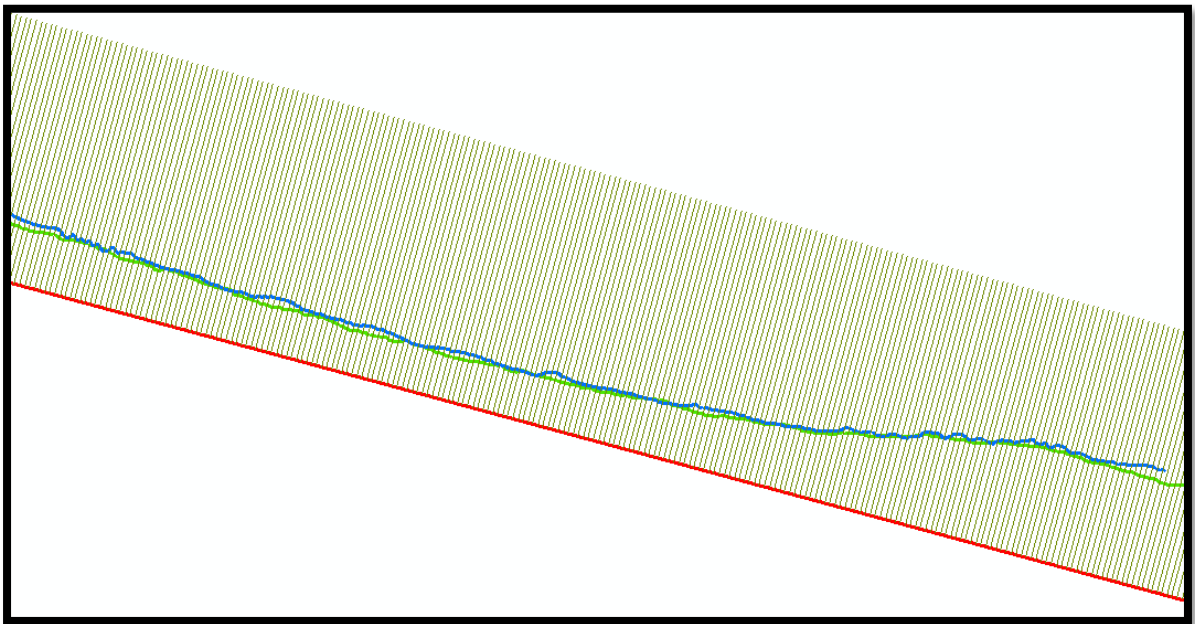


Εικόνα 5.7 Ορθοφωσαϊκό Μοντέλο Ιουνίου μετά την Ψηφιοποίηση

Από την χάραξη των δύο ακτογραμμών, η οποία πραγματοποιήθηκε με το χέρι στο σημείο όπου η ξηρά βρέχεται από την θάλασσα, στις μεγαλύτερες αναβάσεις των κυμάτων, δηλαδή στο σημείο όπου ορίζεται ο αιγιαλός από την Ελληνική νομοθεσία, υπολογίστηκε η υποχώρηση της ακτογραμμής.

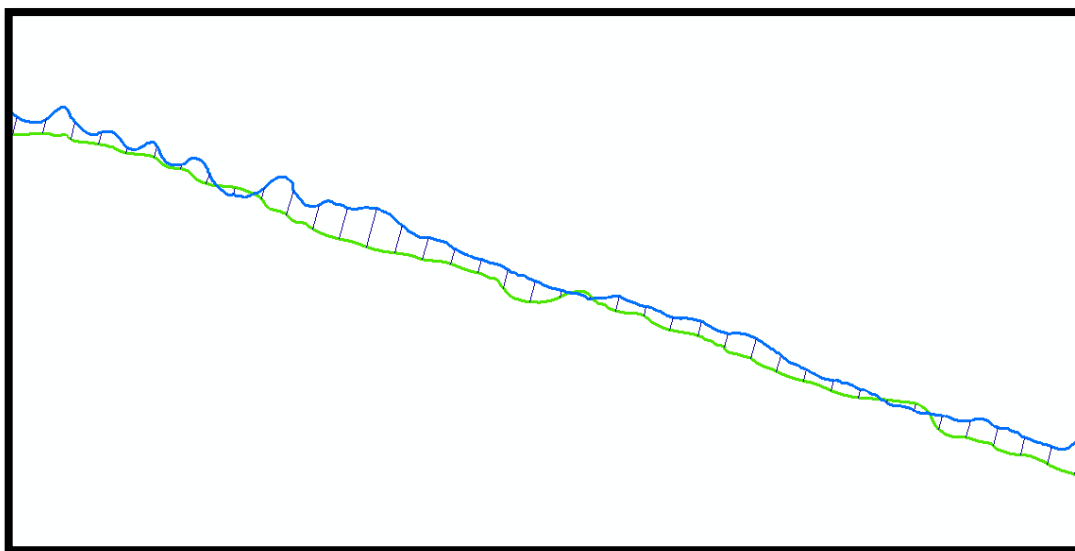
Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι ο υπολογισμός αυτός δεν αποτελεί πραγματική υποχώρηση, αλλά σύγκριση μεταξύ των ημερών των μετρήσεων. Η χάραξη των ακτογραμμών γίνεται βάση της Ελληνικής Νομοθεσίας στις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων, αλλά εφόσον δεν υπήρχε η δυνατότητα γνώσης αυτών, χαράχθηκαν στις μεγαλύτερες αναβάσεις της ώρας καταγραφής των μετρήσεων, δηλαδή στο σημείο όπου ήταν βρεγμένη η άμμος, και δεδομένου των διαφορετικών καιρικών συνθηκών που υπήρχαν εκείνες τις 2 μέρες, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αποτελεί απλώς μια ενδεικτική και όχι αντικειμενική μέτρηση, η οποία θα χρειαζόταν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα παρακολούθησης για την διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Ο υπολογισμός της μεταβολής της ακτογραμμής πραγματοποιήθηκε με την επέκταση DSAS – Digital Shoreline Analysis System του λογισμικού γεωγραφικών πληροφοριών ArcGIS. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.8 μετά την χάραξη των ακτογραμμών σχεδιάστηκε μια ευθεία που χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό των μεταβολών. Επάνω σε αυτήν δημιουργήθηκαν κάθετες ανά 10 m, οι οποίες τέμνουν την κάθε ακτογραμμή σε ένα σημείο.



Εικόνα 5.8 Διατομές των ακτογραμμών ανά 10 m

Το μήκος κάθε ευθείας από το σημείο που τέμνει την μία ακτογραμμή μέχρι το σημείο που τέμνει την άλλη αποτελεί την μεταβολή που υπολογίστηκε, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.9.



Εικόνα 5.9 Αποστάσεις από την μία ακτογραμμή στην άλλη.

Για την χρήση του εργαλείου DSAS χρειάστηκε να μεταφερθούν τα αρχεία των ακτογραμμών σε κάποιο προβολικό σύστημα αναφοράς με μονάδα μέτρησης τα μέτρα. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το σύστημα WGS '84 σε Μερκατορική προβολή. Αυτό που προέκυψε είναι ότι η μέση μεταβολή της ακτογραμμής από την μια μέτρηση στην άλλη, έχει μέσο όρο 5.85 m.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι από τις 7 επιχειρήσεις με ομπρέλες και ξαπλώστρες που φαίνονται στην περιοχή της δυτικής ακτής που χαρτογραφήθηκε, όλες τηρούν τις επιθυμητές αποστάσεις που ορίζονται από την Ελληνική Νομοθεσία των 6 m² (3 m πλάτος x 2 m ύψος) από την μια ομπρέλα στην άλλη, ενώ οι 3 εξ' αυτών δεν τηρούν τις απαραίτητες αποστάσεις των 5 m της πρώτης σειράς ομπρελών από την ακτογραμμή.

Το εμβαδόν της περιοχής υπολογίζεται από το GIS περίπου 56.608,19 m², από την ψηφιοποίηση που έγινε νωρίτερα προκύπτει ότι η αλλαγές που έχει υποστεί η περιοχή του αιγιαλού συνολικά καταλαμβάνουν έκταση 13.337 m² που αντιστοιχούν στο 23.56 % της έκτασης της περιοχής.

Σύμφωνα με τον ορισμό της παραλίας που δίδεται από το Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο, παραλία είναι η ζώνη ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό για την

επικοινωνία της ξηράς με την θάλασσα και καθορίζεται έως και 50m. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι η ζώνη της παραλίας τελειώνει εκεί που ξεκινά η βλάστηση, τα κτίσματα και οι δρόμοι, που όμως ξεπερνούν κατά πολύ τα 50 m.

Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη διαδικασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η πειραματική διερεύνηση της δυνατότητας που παρέχουν τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης παράκτιων περιοχών. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η παράκτια ζώνη της ευρύτερης περιοχής της Γεωργιούπολης, Περιφερειακής Ενότητας Χανίων. Η μελέτη περιελάμβανε πραγματοποίηση πτήσεων με μη επανδρωμένο ιπτάμενο όχημα για φωτοληψίες, γεωαναφορά των φωτογραφιών της περιοχής μελέτης, και η επεξεργασία των γεωαναφερμένων εικόνων με ένα σύνολο λογισμικών προκειμένου να εξαχθεί το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής μελέτης. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε σε δύο χρονικές περιόδους: Νοέμβριος 2016 και Ιούνιος 2017 προκειμένου να καταστεί δυνατή η μελέτη της διαφοροποίησης της χωρικής θέσης της ακτογραμμής κατά τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο με αντίστοιχη καταγραφή των χρήσεων γης.

6.2 Συμπεράσματα

Η χαρτογράφηση με χρήση αέριων φωτογραμμετρικών εργαλείων παράγει χαρτογραφικά δεδομένα πολύ υψηλής ανάλυσης. Η χωρική ανάλυση των εναέριων φωτογραφιών εξαρτάται από το ύψος της πτήσης κατά την εγγραφή, ενώ η εφαρμογή κατάλληλων αλγορίθμων μέσω λογισμικών (εμπορικών και ελεύθερης πρόσβασης) επιτρέπουν την δημιουργία προϊόντων υψηλής ποιότητας και ακρίβειας.

Από την παρούσα εργασία εξάγεται με ασφάλεια το συμπέρασμα πως ο συνδυασμός της ποιότητας των φωτογραφιών που λαμβάνονται μέσω μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων και η επεξεργασία με την τεχνική Structure-from-Motion παράγει πληροφορίες υψηλής χωρικής ανάλυσης αποτελώντας έτσι

σημαντικό εργαλείο για την παράκτια παρακολούθηση. Η δυνατότητα αξιόπιστης, άμεσης, συστηματικής και με χαμηλό κόστος πραγματοποίησης χαρτογράφησης παράκτιων οικοσυστημάτων ανάγει τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην πρώτη επιλογή των φορέων που είναι επιφορτισμένοι με το καθήκον παρακολούθησης και προστασίας των ευαίσθητων παράκτιων ζωνών.

Για επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας της μεθόδου προτείνεται η χρήση περισσότερων σημείων γνωστών συντεταγμένων, κατανεμημένων ομοιόμορφα σε όλη την έκταση της ενδιαφερόμενης περιοχής.

Κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος που μεσολάβησε μεταξύ των δύο πτήσεων παρατηρήθηκαν οι ακόλουθες μεταβολές στην παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας:

- υποχώρηση της ακτογραμμής με μέσο όρο κατά 5,85 m (ενδεικτική τιμή)
- αύξηση της βλάστησης
- αύξηση ανθρώπινων δραστηριοτήτων
- ανάπτυξη μη μόνιμων κατασκευών.

6.3 Σχετικά με την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών

Το μεγαλύτερο ποσοστό της υποχώρησης της ακτογραμμής που παρατηρήθηκε οφείλεται σε φυσιολογικές εποχικές μεταβολές. Προκειμένου να εκτιμηθεί με ασφάλεια η διάβρωση ή μη της ακτογραμμής απαιτείται η συστηματική και μακροχρόνια παρακολούθηση της περιοχής μελέτης με εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Η εφαρμογή των ίδιων τεχνικών για την ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων είναι απαραίτητη προκειμένου η όποια μεταβολή παρατηρηθεί στη γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης να μην αποδοθεί, λανθασμένα, σε διάβρωση

ενώ θα οφείλεται σε διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων των τεχνικών που εφαρμόστηκαν.

Όσον αφορά τις δράσεις του κράτους για την προστασία των παράκτιων οικοσυστημάτων, παρατηρήθηκε πως ενώ το θεσμικό πλαίσιο έχει εναρμονιστεί με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία η εφαρμογή του στην πράξη είναι προβληματική κυρίως λόγω έλλειψης πόρων σε ανθρώπινο προσωπικό και υλικοτεχνικών υποδομών.

Η παρούσα εργασία και μεθοδολογία που αναπτύχθηκε μπορεί να προκριθεί ως η βέλτιστη λύση που αντιμετωπίζει αποτελεσματικά την έλλειψη αυτή πόρων καθώς χρησιμοποιείται εξοπλισμός χαμηλού κόστους και αυτοματοποιείται η διαδικασία επεξεργασίας ώστε να μπορεί να εκτελεστεί και από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

Επομένως, η διαδικασία που ακολουθήθηκε, μπορεί να αποτελέσει πολύ σημαντικό εργαλείο διευκολύνοντας την παρακολούθηση της παράκτιας ζώνης από κρατικούς φορείς, που στόχο έχουν να εντοπίσουν μη τήρηση του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Βιβλιογραφία

1. Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.2
2. A Simple Aerial Photogrammetric Mapping System Overview and Image Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) (Wenang Anurogo, Muhammad Zainuddin Lubis, Hanah Khoirunnisa, Daniel Sutopo Pamungkas Aditya Hanafi, Fajar Rizki, Ganda Surya, Arini Dewi Lestari Situmorang, Dirgan Timbang, Perdi Novanto Sihombing, Catur Agus Lukitasari, Novita Ayu Dewanti, 2017)
3. A multisource approach for coastline mapping and identification of shoreline changes, Annibale Guariglia, Arcangela Buonamassa, Angela Losurdo, Rocco Saladino, Maria Lucia Trivigno, Angelo Zaccagnino and Antonio Colangelo 2006
4. Coastline change detection using remote sensing, A. A. Alesheikh, A. Ghorbanali, N. Nouri, 2007
5. Environmental Systems Research Institute – ESRI
6. European Commission: Integrated Coastal Zone Management – ICZM
7. European Global Navigation Satellite Systems Agency
<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>
8. European Space Agency,
https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_GR/SEMSTS4PVFG_0.html
9. Ε-νομοθεσία.gr - Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας
10. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, Michael F. Goodchild, 1991
11. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing – ISPRS
<http://www.isprs.org/society/history.aspx>

12. Introduction to GPS, The global positioning system, Ahmed El-Rabbany, 2002
13. Introduction to Photogrammetry, T. Schenk, 2005
14. National Geographic
<https://www.nationalgeographic.com/science/earth/surface-of-the-earth/coastlines/>
15. Official DJI Site www.DJI.com
16. Remote sensing of the coastal zone: An overview and priorities for future research, Tim J. Malthus, Peter J. Mumby, 2010
17. Remote sensing techniques in estuaries and coastal zones an update, A. P. Cracknell, 1999
18. Report of The United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 1992
19. The Rise of the Predator Empire, Ian G. R. Shaw, 2014
20. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review, Colomina, P. Molina, 2014
21. Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments, Francesco Mancini, Marco Dubbini, Mario Gattelli, Francesco Stecchi, Stefano Fabbri and Giovanni Gabbianelli, 2013
22. Wikipedia https://el.wikipedia.org/wiki/Μη_επανδρωμένο_αεροσκάφος
23. Wikisource https://el.wikisource.org/wiki/Συνθήκη_του_Ρίο
24. Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης, Καρτάλης Κωνσταντίνος, Φείδας Χαράλαμπος, 2013
25. Εισαγωγή στην Φωτογραμμετρία, Π. Πατιάς, 1991

26. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης
27. Ε.Σ.Π.Α. <https://www.espa.gr/el/Pages/DictionaryFS.aspx?item=2>
28. Η Προστασία της Φυσιογνωμίας των Παράκτιων Πόλεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Ρόιδω Μητούλα, Αγησίλαος Οικονόμου, 2003
29. Η Τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες Κωνσταντίνος Γ. Περάκης Ιωάννης, Ν. Φαρασλής, Αθανάσιος Κ. Μωυσιάδης, 2015
30. Θεμελιώδεις Έννοιες και Θεμελιώδη Προβλήματα της Φωτογραμμετρίας, Έλλη Πέτσα, 2000
31. Νόμος + Φύση <https://nomosphysics.org.gr/7062/i-diethnis-prostasia-ton-ugrotopon-aprilios-2004/>
32. Συγκρότηση Συστήματος Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης της Νοτιοανατολικής Αττικής, Διπλωματική εργασία, Μιχόπουλος Βασίλειος, 2009
33. Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Στέλιος Π. Μερτίκας, 2009
34. Υπουργείο Εξωτερικών – Ελληνική Δημοκρατία <https://www.mfa.gr/exoteriki-politiki/pagkosmia-zitimata/periballon-klimatike-allage.html>
35. Φύλλο Εφημερίδας της κυβερνήσεως – Εθνικό Τυπογραφείο
36. Φωτογραμμετρία, Karl Kraus, 2003
37. Φωτογραμμετρία, Ιωάννης Μπαντέκας, 1975
38. Φωτογραφικές και Τηλεσκοπικές Μέθοδοι σε Θέματα Παράκτιων Περιοχών, Διπλωματική εργασία, ΣΤΑΥΡΟΣ ΒΑΒΙΑΣ Διπλ. Περιβαλλοντολόγος, 2011
39. Ψηφιακή Επεξεργασία Χρονοσειράς από Δεδομένα Τηλεπισκόπησης Υψηλής Χωρικής και Διακριτικής Ικανότητας με Στόχο την Διαχρονική Παρατήρηση της Μετατόπισης των Ακτογραμμών, Α. Τσώκος, Ε. Κώση, Ε.Βασιλάκης

40. Φωτογραμμετρικές Μέθοδοι Αποτύπωσης και Ελέγχου του Αιγιαλού,
διπλωματική εργασία, Τσιώνης Γεώργιος, 2017