



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ**

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ
ΣΕ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΑ RGB ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΓΓΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Αθήνα, Φεβ. 2022



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF
ATHENS**

**SCHOOL OF RURAL, SURVEY AND
GEOINFORMATICS ENGINEERING**

REMOTE SENSING LABORATORY

**DATASET CREATION AND APPLICATION OF SHIP DETECTION
METHODS TO RGB REMOTE SENSING DATASET**

DIPLOMA THESIS

MANGOS DIMITRIOS



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΑ RGB ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΓΓΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Κ. Καράντζαλος

Β. Καραθανάση

Δρ. Π.Κολοκούσης

Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΕΔΙΠ ΕΜΠ

.....

Μάγγος Δημήτριος

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

© 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.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για πολλαπλούς λόγους παρακολούθησης της κίνησης εμποριών και όχι μόνο πλοίων στο θαλάσσιο χώρο, η ανίχνευση και ταξινόμηση πλοίων είναι μια σημαντική ερευνητική πρόκληση ιδιαίτερα για την χώρα μας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετήθηκαν διάφορες κατηγορίες πολεμικών πλοίων που υπάρχουν στην Ελλάδα και Τουρκία. Για το κάθε πλοίο βρέθηκαν τα χαρακτηριστικά του, οι διαστάσεις του, τα όπλα που ενδέχεται να φέρει, αν υπάρχουν ραντάρ σε αυτό καθώς και τραβηγμένες ζωντανές φωτογραφίες έτσι ώστε να υπάρχει μία οπτική επαφή για το πως είναι και πως φαίνεται. Αυτό έγινε και για την χώρα της Ελλάδας και για την χώρα της Τουρκίας.

Στην συνέχεια με την βοήθεια του qgis και των υποβάθρων της Google Satellite και της Bing Aerial της Microsoft λήφθηκαν εικόνες. Σκοπός είναι να δημιουργηθεί ένα σύνολο δεδομένων ουσιαστικά από διανυσματικά δεδομένα (vector) ψηφιοποίησης σε κανονικοποιημένα (raster), τα οποία να απεικονίζουν το κάθε πολεμικό πλοίο με δύο τιμές, την τιμή 0 και την τιμή 1.

Έτσι, με αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκαν οι δορυφορικές εικόνες ώστε να έχουν δύο τιμές. Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο, το μοντέλο U-Net. Γράφτηκε κώδικας σύμφωνα με αυτό, με την βοήθεια του οποίου θα μπορεί να βρεθεί αν σε μία εικόνα υπάρχει ή όχι κάποιο πολεμικό πλοίο και σε ποια κατηγορία ανήκει το πλοίο. Εισάγοντας δηλαδή μια εικόνα σε αυτό το μοντέλο υπάρχει δυνατότητα να βρεθεί εάν υπάρχει σε αυτή ή όχι πλοίο.

ABSTRACT

For multiple reasons monitoring moves, trajectories, speed, direction, etc of sea commercial and not only vessels is of paramount importance. In this engineering diploma thesis, a study was performed in order to find the various categories of warships that exist in both countries. For each ship, its dimensions were found, what weapons it might carry, if there are radars on it, as well as live photographs taken so that there is a visual contact about how it is and how it looks to the eye. This was done both for the country of Greece and for the country of Turkey.

Then, with the help of the qgis and the satellites that it has and there are in it, some images of these satellites were taken. The aim is to create an environment essentially a raster file, which depicts each warship with two essential colors (white and black) and give two values to it, namely the value of zero for the sea and the soil (black color) and the value 1.2,etc for the warship depending on its class (white color).

This is how satellite images were created in such a way that they had two values. Then a model was used, the U-Net model, and a code was written according to it with the help of which it can be found whether or not in an image there is a warship and if so which category it belongs to. In other words, by inserting an image into this model, it is possible to find out whether or not there is a ship in it.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες πρέπει να δοθούν στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Καράντζαλο, που με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον αντικείμενο, αποκτώντας σημαντικές γνώσεις οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στην μετέπειτα πορεία. Καθοριστικές ήταν οι συμβουλές του καθώς και η άμεση παρουσία και ανταπόκρισή του σε όποιες δυσκολίες και καταστάσεις βρέθηκαν κατά την διάρκεια.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιστημονικό συνεργάτη του εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης κ. Μάκη Ντούσκο, ο οποίος με καθοδήγησε με τις γνώσεις του και για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε, καθώς μπόρεσα να εμβαθύνω περισσότερο στο αντικείμενο με το οποίο ασχολήθηκα και επιπλέον να διευρύνω τις γνώσεις μου πάνω σε αυτό.

Τέλος, θα ήθελα να διανείμω ιδιαίτερες ευχαριστίες στην επιστημονική συνεργάτιδα του εργαστηρίου κ. Ολυμπία Ολύνα Γούναρη, η οποία έπαιξε σημαντικό ρόλο στην παρούσα διπλωματική εργασία. Οι συμβουλές της ήταν καθοριστικές και κατευθυντήριες και βοήθησαν σε πολύ μεγάλο βαθμό στο να φτάσω στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Ακόμα θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την συνολική βοήθειά της, για την μετάδοση των γνώσεών της και για τον χρόνο που αφιέρωσε. Η εργασία θα απαιτούσε πολύ περισσότερο χρόνο χωρίς την συγκατάθεσή της. Ήταν ανταποκρίσιμη σε κάθε δυσκολία και σε κάθε πρόβλημα το οποίο αντιμετώπισα δίνοντας σαφείς οδηγίες προς επίλυσή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο πόλεμος οδηγεί την κοινωνία σε πολλά δεινά και τελικά στον όλεθρο. Κυριότερο είναι ότι χάνονται ανθρώπινες ζωές δημιουργώντας, τόσο στα άτομα όσο και στους λαούς, αισθήματα θλίψης, μίσους και οργής. Επίσης σημαντικό είναι η καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος και η καταστροφή πόλεων με τη χρήση πυρηνικών και άλλων όπλων. Επιπροσθέτως, παραμένει στάσιμος ο πολιτισμός, λόγω καταστροφής μνημείων, άλλα και επειδή ο άνθρωπος απομακρύνεται από τις τέχνες και τα γράμματα ασχολούμενος με τις πολεμικές συρράξεις. Τέλος, στο πλαίσιο της δημοκρατίας παρατηρείται εξασθένηση αυτού του πολιτεύματος, διότι παραβιάζονται τα ανθρώπινα δικαιώματα.

Η ειρήνη παίζει σημαντικό ρόλο για την εξέλιξη της κοινωνίας. Το κλίμα ειρήνης ωθεί τις αγορές, καθώς γίνονται συναλλαγές, κινείται το χρήμα και οι παραγωγοί έχουν την ευκαιρία να βελτιώσουν τα προϊόντα τους. Ταυτόχρονα, καίριο ρόλο έχει και στην πρόοδο του πολιτισμού. Άνθρωποι που βιώνουν μέρες ειρήνης τείνουν να ασχοληθούν με τις τέχνες και τα γράμματα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ανάδειξη και η συνέχιση του πολιτισμού. Σημαντικό, επίσης είναι να τονιστεί ο καταλυτικός ρόλος της ειρήνης σε σχέση με την προάσπιση της δημοκρατίας. Προστατεύονται τα ανθρώπινα δικαιώματα, ενώ τα άτομα έχουν την ευκαιρία να συμμετέχουν στα κοινά και να ασκήσουν κριτική στην κυβέρνηση. Τέλος, με την ειρήνη οι λαοί έρχονται πιο κοντά και δημιουργούνται ισχυρές σχέσεις φιλίας μεταξύ τους.

Οι σχέσεις μεταξύ των δύο γειτονικών χωρών Ελλάδα και Τουρκία μόνιμα βρίσκονται σε μια ανισορροπία. Ήδη, από την Βυζαντινή εποχή, περίπου το 1300μ.Χ., και την εμφάνιση των πρώτων Οθωμανικών φυλών στη Μεσόγειο, αρχίζουν οι διαμάχες μεταξύ τους. Αυτές με το πέρασμα του χρόνου εντείνονται, με αποτέλεσμα οι Οθωμανοί να κατακτούν όλο και περισσότερα εδάφη από τους Βυζαντινούς. Αποκορύφωμα είναι η Άλωση της Κωνσταντινούπολης το 1453μ.Χ. και την πτώση της Βυζαντινής αυτοκρατορίας.

Με την πτώση της Πόλης δεν σταματάνε οι διαφωνίες τους. Μόνιμη επιθυμία των Ελλήνων είναι η απελευθέρωση από τον Τουρκικό ζυγό. Μέχρι και πριν την Ελληνική Επανάσταση, οι προσπάθειες εξέγερσης των Ελλήνων αποτυγχάνουν η μία μετά την άλλη. Λόγω των εξεγέρσεων προκαλείται η οργή των Τούρκων, οι οποίοι δρούσαν εις βάρος του άμαχου ελληνικού πληθυσμού. Ταυτόχρονα σε αυτό το διάστημα έχουν συγκροτηθεί μικρά σώματα Ελλήνων, οι Κλέφτες, οι οποίοι κάνουν επιδρομές στα Τουρκικά στρατόπεδα.

Τελικά, ξεκινάει η Ελληνική Επανάσταση που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση των Ελλήνων και τη δημιουργία του πρώτου ελληνικού κράτους. Οι διαμάχες δεν σταματάνε εκεί, καθώς οι Έλληνες επιθυμούν να εντάξουν όλες τις ελληνοφώνες περιοχές στο νέο τους κράτος και καταφέρνουν να εντάξουν μέχρι και την Θράκη. Στη συνέχεια ακολουθεί η εκστρατεία στη Μικρά Ασία που καταλήγει σε πανωλεθρία για τους Έλληνες έχοντας ως αποτέλεσμα την καταστροφή της Σμύρνης και τον εκδιωγμό των Ελλήνων κυρίως από τα παράλια.

Κατά το έτος 2020 και συγκεκριμένα τους μήνες από Αύγουστο μέχρι και τον Οκτώβριο στην περιοχή του Αιγαίου και συγκεκριμένα του νοτιοανατολικού Αιγίου η χώρα της Τουρκίας δημοσιοποιεί navtex για να διεξάγει έρευνες σε ελληνική θαλάσσια δικαιοδοσία. Οι έρευνες που έκανε η Τουρκία και

ουσιαστικά το πλοίο του ογυς reis ήταν έρευνες για φυσικό αέριο ή και πετρέλαιο. Η Τουρκία ισχυριζόταν ότι οι έρευνες γινόταν σε τούρκικα ύδατα και όχι σε ελληνικά. Αυτό έφερε ανάμεσα στις δύο αυτές τις χώρες σύγκυση με αποτέλεσμα να έρθουν σε διάφορες διαμάχες οι οποίες ήταν κυρίως διπλωματικού περιεχομένου κι όχι ενέργειες πολέμου. Σαν αποτέλεσμα όλης αυτής της σύγκυσης ήταν να είναι σε επιφυλακή όλος ο στόλος του ελληνικού πολεμικού ναυτικού καθώς και ο εναέριος στόλος, οι οποίοι κάνανε καθημερινά περιπολίες στο Αιγαίο αποθώντας τον αντίστοιχο τούρκικο στόλο, ο οποίος έκανε επιδρομές και από την θάλασσα αλλά και από τον αέρα.

Έγιναν επιστρατεύσεις όλων των Ελλήνων στρατιωτικών οι οποίοι κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν την κατάσταση από διάφορα πόστα και όπου ήταν δυνατόν να τους απαιτηθεί. Ήταν μια διαμάχη μεταξύ των δύο χωρών για την οποία δεν ήταν σίγουρο για το που θα κατέληγε. Ακόμα και η πιθανότητα πολέμου ήταν στα σχέδια των αρχηγών αλλά και των πολιτικών. Εκείνη την εποχή η χώρα της Ελλάδας ουσιαστικά βρισκόταν σε μια εμπόλεμη κατάσταση. Για περίπου ένα διάστημα, δύο με τρεις μήνες, κυριαρχούσε αυτή η κατάσταση καθώς το τούρκικο ερευνητικό πλοίο διέσχιζε τα ελληνικά ύδατα προκαλώντας τον ελληνικό στόλο και κατ' επέκταση τις ελληνικές ένοπλες δυνάμεις αλλά και το ελληνικό κράτος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τον Οκτώβριο του 2020 τελικά η τουρκική κυβέρνηση και το αρχηγείο των ενόπλων δυνάμεων της Τουρκίας αποφάσισαν να σταματήσουν της έρευνες και να μεταφέρουν το ερευνητικό τους πλοίο σε τουρκικά ύδατα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να ηρεμήσει η κατάσταση μεταξύ των δύο χωρών και να αποφευχθεί η όποια σκέψη για πολεμικές ενέργειες.

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ- ΣΤΟΧΟΙ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η δημιουργία δεδομένων αναφοράς για τον εντοπισμό πλοίων σε έγχρωμες RGB εικόνες, όπως αυτές έχουν ενσωματωθεί από πληθώρα δορυφόρων στο υπόβαθρο των Google και Bing χαρτών. Επιμέρους στόχο αποτέλεσε η εφαρμογή ενός μοντέλου όπως είναι το U-Net για τη Σημασιολογική Κατάτμηση (Semantic Segmentation) πλοίων, βασισμένη σε μικρό πλήθος δεδομένων εκπαίδευσης, υλοποιώντας πλήθος πειραμάτων.

Αρχικά είναι σημαντικό να γίνει μελέτη πάνω στα διάφορα πολεμικά πλοία τα οποία κατά κόρων παρεβρίσκονταν στην περιοχή του Αιγαίου κατά το χρονικό διάστημα που αναφέρθηκε παραπάνω. Γι αυτό το λόγο θα γίνει εκτενής έρευνα πάνω στους διάφορους τύπους των πολεμικών πλοίων, αποκομίζοντας σημαντικά στοιχεία τα οποία θα βοηθήσουν στην συνέχεια της έρευνας. Έπειτα θα ληφθούν οι κατάλληλες εικόνες, οι οποίες θα αποτελέσουν τα δεδομένα.

Στην συνέχεια θα γίνει επεξεργασία των εικόνων που βρέθηκαν και τέλος θα γραφεί κώδικας. Σκοπός είναι να φτιαχτεί και να διαμορφωθεί ένας κώδικας, ο οποίος θα αναγνωρίζει το πλοίο και οτιδήποτε άλλο εκτός από το πλοίο βρίσκεται στην εικόνα. Επιχειρήθηκε ο διαχωρισμός των πλοίων με βάση κάποια γενικά χαρακτηριστικά τους έτσι ώστε να δοκιμαστεί η δυνατότητα Σημασιολογικής Κατάτμησης των πλοίων λαμβάνοντας υπόψη ένα μικρό αριθμό κλάσεων (Multilabel Semantic Segmentation).

1.3 ΔΟΜΗ

Μετά από την σύντομη εισαγωγή, στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται το θεωρητικό υπόβαθρο, στις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν και αξιοποιήθηκαν στην μελέτη και στις έννοιες για τα δεδομένα και το αντικείμενο. Με λεπτομέρεια αναλύονται όλα τα θεωρητικά εργαλεία τα οποία εφαρμόστηκαν και η σχετική βιβλιογραφία πάνω στην οποία η παρούσα μελέτη βασίστηκε.

Αυτή που αναπτύσσεται στο τρίτο κεφάλαιο είναι η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε. Παρουσιάζονται τα διάφορα πολεμικά πλοία των δύο χωρών, της Ελλάδας και της Τουρκίας και οι τύποι αυτών καθώς και τα χαρακτηριστικά που έχει κάθε πλοίο. Αυτά θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην ανίχνευσή τους στην συνέχεια. Επίσης, γίνεται αναφορά για τις περιοχές μελέτης, δηλαδή για τις περιοχές που υπήρχαν αυτά τα πλοία και πάρθηκαν οι εικόνες. Εν συνεχεία γίνεται ψηφιοποίηση των εικόνων αυτών. Γίνεται περιγραφή της διαδικασίας με την οποία δημιουργήθηκαν σύνολα δεδομένων και η μετατροπή τους από διανυσματικά σε κανονικοποιημένα. Όλες οι εικόνες οι οποίες βρέθηκαν και επεξεργάστηκαν, διαχωρίζονται σε τρία υποσύνολα, τα οποία είναι τα δεδομένα εκπαίδευσης, ελέγχου και επαλήθευσης. Με βάση αυτά τα υποσύνολα χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο, το μοντέλο U-Net, στο οποίο χρησιμοποιούνται διάφορες συναρτήσεις. Από το μοντέλο και από τον συνδυασμό των συναρτήσεων προκύπτουν διάφορα πειράματα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας και τα αποτελέσματα από τα πειράματα που προέκυψαν. Σχολιάζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των πειραμάτων. Γίνεται η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ των διαφορετικών πειραμάτων και η ανάλυσή τους με εικόνες και παραδείγματα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται σε συνολικό αλλά και ειδικό επίπεδο τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από την μεθοδολογία η οποία εφαρμόστηκε. Γίνονται προτάσεις για την βελτίωση των αδυναμιών και διαφόρων σημείων, σε συνδυασμό με την σχετική βιβλιογραφία.

Τέλος ακολουθεί η βιβλιογραφία, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα μελέτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται και περιγράφονται οι εισαγωγικές έννοιες που είναι απαραίτητες για τα δεδομένα, το αντικείμενο και τις τεχνικές που χρησιμοποιηθούν και αξιοποιηθούν στην παρούσα μελέτη. Τα θεωρητικά εργαλεία τα οποία θα εφαρμοστούν αναλύονται με λεπτομέρειες σε συνδυασμό με την σχετική βιβλιογραφία όπου έχει βασιστεί και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

2.1 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Κατάτμηση εικόνας είναι η διαδικασία διαμερισμού της σε ομοιόμορφες περιοχές ως προς κάποιο κριτήριο. Οι τεχνικές κατάτμησης εικόνας μπορεί να κατηγοριοποιηθούν ως Σημασιολογική (semantic segmentation), Στιγμιοτύπου (instance segmentation) και Πανοπτική (panoptic segmentation). Ως Σημασιολογική περιγράφεται η ταξινόμηση των εικονοστοιχείων ανάλογα τη κατηγορία στην οποία ανήκουν. Ως Στιγμιοτύπου περιγράφεται η ταξινόμηση των εικονοστοιχείων ανάλογα με το αντικείμενο της κατηγορίας στην οποία ανήκουν. Ως Πανοπτική ταξινόμηση περιγράφεται ο συνδυασμός των δύο προηγούμενων διαδικασιών, δηλαδή η ταξινόμηση ενός εικονοστοιχείου τόσο στην κατηγορία όσο και στο αντικείμενο της κατηγορίας στην οποία ανήκει (Kirillov et al., 2019).

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα αποτελούν πλέον ένα ευρύ και αυτόνομο επιστημονικό πεδίο, που σχετίζεται με το γενικότερο πλαίσιο της τεχνητής νοημοσύνης και των ευφών συστημάτων. Η ανάπτυξή τους βασίζεται στη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, απ' όπου προκύπτει κι η ονομασία τους, ωστόσο σχετίζονται αμυδρά με τους βιολογικούς ομολόγους τους. Παρουσιάζουν δύο ομοιότητες με τα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα. Πρώτον, οι συνδέσεις μεταξύ των δικτύων καθορίζουν τη λειτουργικότητα του δικτύου και δεύτερον και στα δύο δίκτυα τα δομικά στοιχεία είναι απλές υπολογιστικές συσκευές οι οποίες είναι βαθιά διασυνδεδεμένες. Το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο και η συμπεριφορά του καθορίζεται από την δυναμική των συνδέσεων και από το πως το δεδομένο εισόδου θα μετατραπεί σε δεδομένο εξόδου. Χρησιμοποιεί πράξεις πινακών και μη γραμμικούς μετασχηματισμούς ως θεμελιώδεις πράξεις. Στην πιο βασική του υλοποίηση, ένας τεχνητός νευρώνας (neuron) απλά μετατρέπει το δεδομένο εισόδου του x σε μία απόκριση y μέσω μιας συνάρτησης ενεργοποίησης (activation function). Η συνάρτηση αυτή εφαρμόζεται σε μια ενεργοποίηση εισόδου η οποία είναι το εσωτερικό γινόμενο του δεδομένου εισόδου x και των παραμέτρων w του τεχνητού νευρώνα και δίνεται από την σχέση

$$y=f(w^T x).$$

Έτσι συνδέοντας πολλούς νευρώνες δημιουργείται ένα νευρωνικό δίκτυο που έχει μια γραμμική συνάρτηση $y=(x\theta)$, όπου οι f_i είναι μη γραμμικοί μετασχηματισμοί και το θ αποτελεί τις παραμέτρους του δικτύου, δηλαδή τα διανύσματα βάρους. Στην συνέχεια μετά την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου οι αναπαραστάσεις κωδικοποιούνται με καταναμημένο τρόπο σαν ένα πρότυπο που πραγματοποιείται σε όλους τους νευρώνες.

2.2 TO MONTELO U-NET

Το μοντέλο U-net (Ronneberger et al., 2015) εισήχθει ως ένα πλήρως συνελκτικό δίκτυο με στόχο την κατάτμηση εικόνας. Η αρχιτεκτονική του μοντέλου είναι της μορφής U όπου η αριστερή πλευρά αποτελεί τον κωδικοποιητή (encoder) και η δεξιά τον αποκωδικοποιητή (decoder). Έκαστη πλευρά αποτελείται από ένα μπλοκ διαδοχικών διαδικασιών, η οποία επαναλαμβάνεται τέσσερις φορές, ενώ οι δύο πλευρές συνδέονται στη βάση τους με μία συνέλιξη φίλτρου διαστάσεων 1×1 . Επίσης, πραγματοποιείται ροή πληροφορίας από κάθε μπλοκ της αριστερής πλευράς, προς το αντίστοιχο μπλοκ της δεξιάς πλευράς μέσω συνδέσεων συντόμευσης (skip connections).

Το μπλοκ της αριστερής πλευράς αποτελείται από την εφαρμογή δύο συνελκτικών φίλτρων διαστάσεων 3×3 (convolution), όπου κάθε ένα ακολουθείται από μια συνάρτηση ενεργοποίησης ReLU, και τέλος μια 3×3 μέγιστη λειτουργία συγκέντρωσης (max pooling). Αντίστοιχα, το μπλοκ της δεξιάς πλευράς αποτελείται από μια επαναδειγματοληψία (upsample) σε συνδυασμό με μια συνέλιξη, που λειτουργούν αντίστροφα από τη μέγιστη λειτουργία συγκέντρωσης. Στο σημείο αυτό έρχεται η πληροφορία μέσω της αντίστοιχης σύνδεσης συντόμευσης και προσκολλάται (concatenate). Ακολουθεί η εφαρμογή δύο συνελκτικών φίλτρων διαστάσεων 3×3 , όπου κάθε ένα ακολουθείται από μια συνάρτηση ενεργοποίησης ReLU. Το τελευταίο επίπεδο αποτελεί μία συνέλιξη φίλτρου διαστάσεων 1×1 , η οποία λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των κλάσεων ώστε να έχει την κατάλληλη έξοδο.

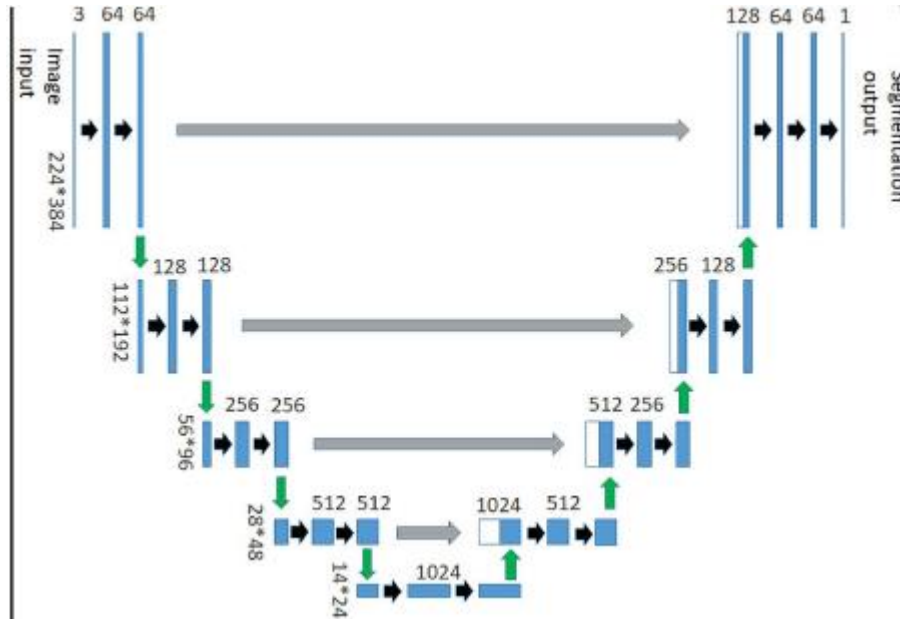
Κατά τις 3×3 συνέλιξεις δεν πραγματοποιείται προσαύξηση της εικόνας (unpadded convolutions), με αποτέλεσμα μετά από κάθε συνέλιξη να χάνονται τα ακριανά εικονοστοιχεία. Ως αποτέλεσμα, χρειάζεται μια μείωση των διαστάσεων της πληροφορίας που έρχεται μέσω των συνδέσεων συντόμευσης, έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η προσκόλληση (concatenation). Συνολικά πραγματοποιούνται 23 συνέλιξεις σε ένα δίκτυο με βαθος 4 μπλοκ στον κωδικοποιητή και τον αποκωδικοποιητή αντίστοιχα. Απαραίτητη προϋπόθεση της παρούσας αρχιτεκτονικής είναι οι διαστάσεις των εικόνων να είναι τέτοιες ώστε να μπορούν να υλοποιηθούν όλες οι 2×2 μέγιστες λειτουργίες συγκέντρωσης.

Η εκπαίδευση του μοντέλου αποτελεί ουσιαστικά ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης. Η σχέση η οποία επιχειρείται να ελαχιστοποιηθεί είναι μια συνάρτηση κόστους (loss function), η οποία υπολογίζεται στο τέλος κάθε εποχής (epoch), ενώ η σχέση η οποία επιχειρεί την ελαχιστοποίηση είναι μια συνάρτηση βελτιστοποίησης (optimizer). Όσο περισσότερο πλησιάζει η πρόβλεψη του μοντέλου στα γνωστά δεδομένα εκπαίδευσης, τόσο ελαχιστοποιείται η συνάρτηση κόστους. Ως εποχή (epoch) ορίζεται η εκπαίδευση του μοντέλου από το σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης. Κατά την εκπαίδευση, οι παράμετροι του μοντέλου, δηλαδή τα βάρη (weights) ανανεώνονται σε κάθε εποχή. Η συνάρτηση κόστους και η συνάρτηση βελτιστοποίησης είναι καθοριστικές στο πώς ανανεώνονται οι παράμετροι του μοντέλου. Επιπλέον, μια πολύ καθοριστική παράμετρος που συμβάλλει στη τάξη μεγέθους ανανέωσης των βαρών είναι ο ρυθμός εκμάθησης (learning rate) που αποτελεί ένα μικρό θετικό αριθμό και καθορίζει

το πόσο γρήγορα θα εκπαιδευτεί το μοντέλο. Μικρές τιμές learning rate απαιτούν περισσότερες εποχές καθώς υλοποιούν μικρές αλλαγές στα βάρη του μοντέλου, ενώ μεγάλες τιμές learning rate μπορούν υλοποιούν μεγάλες αλλαγές στα βάρη, μπορεί να οδηγήσουν συντομότερη σύγκλιση του μοντέλου, χωρίς απαραίτητα να επιτρέπουν τη βέλτιστη ελαχιστοποίηση της συνάρτησης κόστους.

Το μοντέλο Unet χρησιμοποιεί ως συνάρτηση ενεργοποίησης τη δημοφιλή γραμμική ανορθωμένη μονάδα ReLU (Rectified Linear Unit) η οποία περιγράφεται από τη παρακάτω σχέση.

$$f(x) = \max(0, x) = x, \text{ όταν } x \geq 0 \text{ και } 0, \text{ όταν } x < 0$$



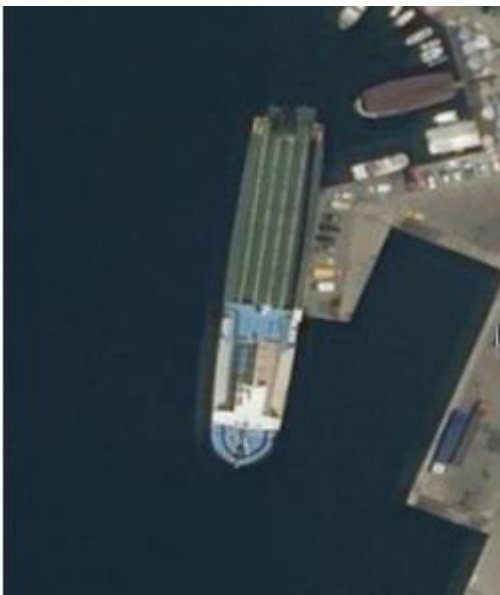
Εικόνα 1: Μοντέλο U-Net

Ο απλός υπολογισμός της επιτρέπει την μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη σύγκλιση του μοντέλου αλλά μειονεκτεί όταν το x είναι αρνητικό και άρα η παράγωγος μηδενική. Ως συνάρτηση κόστους (loss

function) χρησιμοποιείται το Σφάλμα Εντροπίας (Cross Entropy Loss), όπου ποσοτικοποιεί τη διαφορά μεταξύ της εξόδου του μοντέλου και των γνωστών δεδομένων εκπαίδευσης. Η τιμή loss υποδηλώνει πόσο άσχημα ή καλά συμπεριφέρεται ένα μοντέλο μετά από κάθε επανάληψη της βελτιστοποίησης. Η παράμετρος αυτή πρέπει να τείνει στο 0. Η cross entropy loss συνδυάζεται με μια συνάρτηση ενεργοποίησης soft-max η οποία εφαρμόζεται ανά εικονοστοιχείο στην έξοδο του μοντέλου και μετατρέπει το διάνυσμα των τιμών του εικονοστοιχείου σε πιθανότητες των οποίων το άθροισμα είναι 1. Ως συνάρτηση βελτιστοποίησης (optimizer) χρησιμοποιεί την Stochastic Gradient Descent με υψηλή τιμή ορμής (momentum=0.99). Η συγκεκριμένη τιμή της ορμής ωθεί στη γρηγορότερη σύγκλιση του μοντέλου προς τη σωστή κατεύθυνση.

2.3 ΣΥΝΟΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Δημοφιλείς αρχιτεκτονικές που στοχεύουν στην ανίχνευση πλοίων αποτελούν το Mask RCNN και η αρχιτεκτονική μορφής U, όπως αυτή του U-net (S. Karki and S. Kulkarni, 2021). Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η ύπαρξη κάποιου συνόλου δεδομένων για την εκπαίδευση του μοντέλου. Οι Liu et al. (2017) δημιούργησαν ένα από τα πρώτα ελεύθερα σύνολα δεδομένων RGB εικόνων υψηλής ανάλυσης, αξιοποιώντας το Google Earth υπόβαθρο. Ονομάστηκε “High Resolution Ship Collection 2016” και αντλήθηκαν εικόνες πλοίων ανάλυσης από 2 έως 0.4 μέτρα από έξι λιμάνια. Συνολικά δημιουργήθηκαν 1061 εικόνες οι οποίες περιέχουν πλοία, θάλασσα αλλά και ξηρά και αντιστοχούν στα ίδια λιμάνια από το 2016 και πίσω. Ένα επόμενο σύνολο δεδομένων του αποθετηρίου Kaggle, ονομάζεται “Ships in Satellite Imagery” (2018) και έχει δημιουργηθεί από εικόνες του δορυφόρου Planet που συλλέχθηκαν από το λιμάνια της Καλιφόρνια. Αποτελείται από 4000 RGB εικόνες με ανάλυση στα 3 μέτρα. Από αυτές μόνο οι 1000 περιέχουν πλοία με υπόβαθρο τη θάλασσα, ενώ οι υπόλοιπες 3000 εικόνες μπορεί να περιέχουν θάλασσα, ξηρά και τμήμα κάποιου πλοίου. Ένα ακόμα δημοφιλές σύνολο δεδομένων της Airbus βρίσκεται στο αποθετήριο του Kaggle, ονομάζεται “Airbus Ship Detection Challenge” (2019) και είναι διαθέσιμο για διαγωνισμό. Αποτελείται από 193 χιλιάδες εικόνες εκ των οποίων μόνο οι 40 χιλιάδες περιέχουν 80 χιλιάδες πλοία. Οι εικόνες είναι πιθανό να περιέχουν και ξηρά. Το συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων χρησιμοποιείται από πολλές ομάδες μέχρι και σήμερα.



Εικόνα 2: Απεικόνιση Πλοίου

2.4 ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Για την επαλήθευση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε ένα πλήθος μετρικών. Μια ιδιαίτερη μετρική για προβλήματα όπως αυτό που διαπραγματεύεται η παρούσα εργασία αποτελεί η IOU.

Ορθώς θετικά (true positive, TP): τα εικονοστοιχεία που ανήκουν στη κλάση X και ορθώς ταξινομήθηκαν στη κλάση X.

Λανθασμένα αρνητικά (false negative, FN): τα εικονοστοιχεία που ανήκουν στη κλάση X και λανθασμένα ταξινομήθηκαν στη κλάση Y.

Λανθασμένα θετικά (false positive, FP): τα εικονοστοιχεία που ανήκουν στη κλάση Y και λανθασμένα ταξινομήθηκαν στη κλάση X.

Ορθώς αρνητικά (true negative, TN): τα εικονοστοιχεία που ανήκουν στη κλάση Y και ορθώς ταξινομήθηκαν στη κλάση Y.

Ορθότητα-Ευστοχία -Ακρίβεια εικονοστοιχείων (pixel accuracy): πρόκειται για το λόγο του αριθμού των εικονοστοιχείων μίας εικόνας που ταξινομήθηκαν σωστά προς το συνολικό αριθμό των εικονοστοιχείων μίας εικόνας

$$\text{acc} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{FP} + \text{FN} + \text{TN})$$

Το Accuracy δίνεται από την παραπάνω σχέση, όπου TN=true negative, FP=false positive, FN=false negative, TP=true positive. Το Accuracy μπορεί να μην είναι καλή μέτρηση εάν το σύνολο δεδομένων δεν είναι ισορροπημένο (τόσο οι αρνητικές όσο και οι θετικές κλάσεις έχουν διαφορετικό αριθμό παρουσιών δεδομένων). Το Accuracy δεν είναι μια καλή μέτρηση όταν το σύνολο δεδομένων είναι ανισόρροπο. Η χρήση του Accuracy σε τέτοια σενάρια μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Με τον όρο accuracy εννοείται η ακρίβεια που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της απόδοσης του αλγορίθμου. Αν για παράδειγμα γίνουν 1000 δείγματα δοκιμών και αν το μοντέλο είναι σε θέση να ταξινομήσει σωστά 990 από αυτά, τότε η ακρίβεια του μοντέλου θα είναι 99,0%. Το test_acc (test accuracy) πρέπει να τείνει στο 1.

Γι αυτό το λόγο πρέπει να εξεταστεί το ζήτημα παραπέρα και πιο βαθιά ώστε να βρεθεί μια άλλη μέτρηση για την ταξινόμηση. Εδώ πρέπει να αναφερθεί η έννοια του precision.

Ακρίβεια (precision):

Η συγκεκριμένη μετρική δείχνει πόσο ακριβές είναι το μοντέλο, υπολογίζοντας πόσα από τα στοιχεία που ταξινόμησε στην κλάση αναφοράς ορθά ανήκουν σε αυτήν.

$$\text{prec} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$$

Το Precision θα πρέπει ιδανικά να είναι 1 (υψηλό) για έναν καλό ταξινομητή. Η ακρίβεια γίνεται 1 μόνο όταν ο αριθμητής και ο παρονομαστής είναι ίσοι, δηλαδή $\text{TP} = \text{TP} + \text{FP}$, αυτό σημαίνει επίσης ότι το FP είναι μηδέν. Καθώς το FP αυξάνει την τιμή του παρονομαστή γίνεται μεγαλύτερη από τον αριθμητή και η τιμή ακρίβειας μειώνεται (κάτι που δεν πρέπει να γίνεται).

Άλλες μετρικές παράμετροι είναι:

Ανάκληση-Ευαισθησία (recall): Η συγκεκριμένη μετρική δείχνει την ικανότητα ανάκλησης το μοντέλου, υπολογίζοντας πόσα από τα στοιχεία της κλάσης αναφοράς μπορεί να τα ταξινομήσει σωστά σε αυτήν.
 $rec = TP / (TP+FN)$

Σταθμισμένος αρμονικός μέσος όρος ακρίβειας (f-score): Είναι συνάρτηση της Ανάκλησης-Ευαισθησίας (recall) και της Ακρίβειας (precision)
 $f-score = (2 * prec * rec) / (prec + rec)$

Τομή προς ένωση (intersection over union, IOU):

Ο όρος iou (intersection over union) είναι ουσιαστικά μια μέθοδος για τον ποσοτικό προσδιορισμό της ποσοστιαίας επικάλυψης μεταξύ της μάσκας προορισμού (mask) και της εξόδου πρόβλεψης (prediction output). Αυτή η μέτρηση σχετίζεται στενά με το συντελεστή Dice που χρησιμοποιείται συχνά ως loss function κατά τη διάρκεια του training (εκπαίδευσης). Ο όρος iou ορίζεται ως η περιοχή της διασταύρωσης διαιρούμενη διά της περιοχής της ένωσης και εκφράζεται από την σχέση:

$$IOU = |A \cap B| / |A \cup B| = TP / (TP + FP + FN)$$

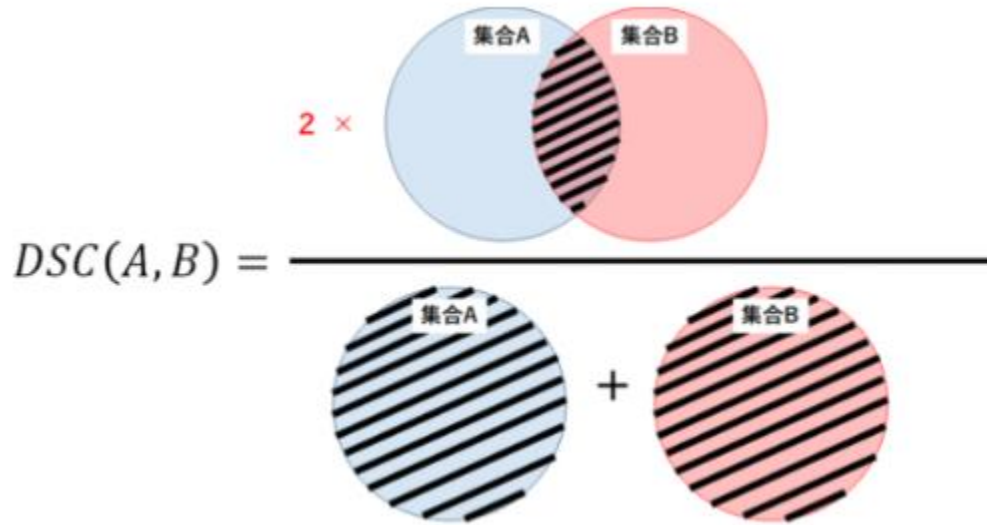
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρηση για την αξιολόγηση της απόδοσης του μοντέλου.

Dice Loss

Το Dice loss προέρχεται από τον συντελεστή Sørensen-Dice, ο οποίος είναι ένα στατιστικό στοιχείο που αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1940 για να μετρήσει την ομοιότητα μεταξύ δύο δειγμάτων. Μεταφέρθηκε στην κοινότητα όρασης υπολογιστών από τους Milletari et al. το 2016 για 3D ιατρική τμηματοποίηση εικόνας.

$$D = \frac{2 \sum_i^N p_i g_i}{\sum_i^N p_i^2 + \sum_i^N g_i^2}$$

Η παραπάνω σχέση δείχνει την εξίσωση του συντελεστή Dice, στην οποία το p_i και το g_i αντιπροσωπεύουν ζεύγη αντίστοιχων τιμών pixel πρόβλεψης. Στο σενάριο ανίχνευσης ορίων, οι τιμές του p_i και του g_i είναι είτε 0 είτε 1. Ως εκ τούτου, ο παρονομαστής είναι το άθροισμα των συνολικών pixels της πρόβλεψης και ο αριθμητής είναι το άθροισμα των σωστά προβλεπόμενων pixels, επειδή το άθροισμα αυξάνεται μόνο όταν το p_i και το g_i ταιριάζουν (και τα δύο της τιμής 1).



Εικόνα 3:

Συντελεστής Dice

Το σχήμα που παρουσιάζεται στην εικόνα 3 είναι μια άλλη οπτική της προηγούμενης σχέσης από την άποψη της θεωρίας συνόλου, στην οποία ο συντελεστής Dice (DSC) είναι ένα μέτρο επικάλυψης μεταξύ δύο συνόλων. Για παράδειγμα, εάν δύο σύνολα A και B επικαλύπτονται τέλεια, το DSC λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του σε 1. Διαφορετικά, το DSC αρχίζει να μειώνεται, φτάνοντας στην ελάχιστη τιμή του στο 0, εάν τα δύο σύνολα δεν επικαλύπτονται καθόλου. Ως εκ τούτου, το εύρος του DSC είναι μεταξύ 0 και 1, όσο μεγαλύτερο τόσο το καλύτερο. Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε 1-DSC ως Dice loss για να μεγιστοποιήσουμε την επικάλυψη μεταξύ δύο συνόλων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

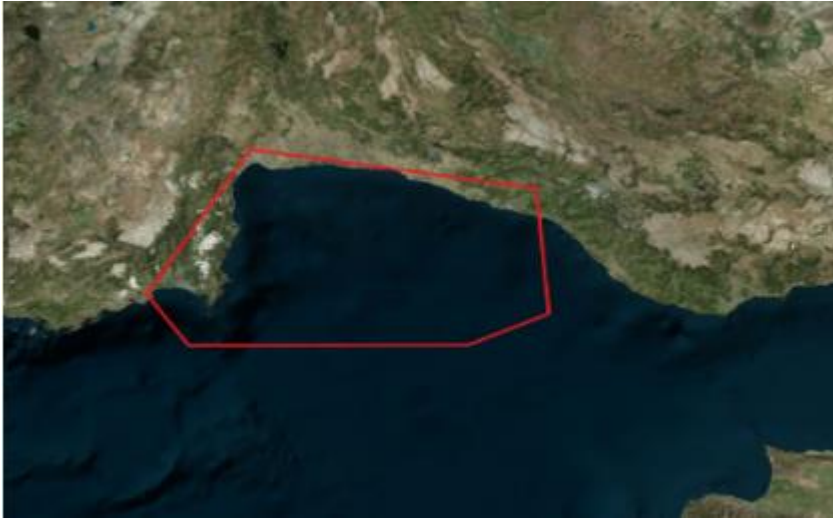
Σημαντικό είναι να βρεθούν στοιχεία για τα διάφορα πολεμικά πλοία της Ελλάδας καθώς και της Τουρκίας. Τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι το μήκος, το πλάτος, το ύψος, ακόμα αν το πλοίο έχει ελικοδρόμιο, πυροβόλα και άλλου είδους όπλα και πολλά άλλα στοιχεία τα οποία θα βοηθήσουν στην συνέχεια ώστε να γίνει η σωστή εύρεση του είδους του κάθε πλοίου. Για το σκοπό αυτό αντλήθηκαν πληροφορίες από διάφορες πηγές για τα πλοία του Ελληνικού πολεμικού ναυτικού καθώς και του πολεμικού ναυτικού της Τουρκίας, όπως και φωτογραφίες από την μηχανή αναζήτησης google, οι οποίες απεικονίζουν το κάθε πλοίο ξεχωριστά.

Στην συνέχεια με την βοήθεια του προγράμματος qgis και συγκεκριμένα με το plug in HCMGIS και από το υπόβαθρο της bing virtual earth και της google satellite έγινε λήψη εικόνων για τα πλοία του πολεμικού ναυτικού της Ελλάδας αλλά και της Τουρκίας. Σημειώνεται ότι στο υπόβαθρο της google τα πλοία του πολεμικού ναυτικού της Ελλάδας δεν απεικονίζονται, ήταν σβησμένα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι φωτογραφίες αυτές είναι ουσιαστικά από τους ναυστάθμους που υπάρχουν στην Ελλάδα και στην Τουρκία. Μερικοί ενδεικτικά από αυτούς είναι ο ναύσταθμος της Σαλαμίνας, της Σούδας για την περιοχή Ελλάδας και για την περιοχή της Τουρκίας οι ναύσταθμοι της Σμύρνης, του Aksaz, του Deniz Ussu Erdek. Επίσης υπάρχουν κι άλλες εικόνες κι από άλλα λιμάνια της Ελλάδας και της Τουρκίας όπως της Φώκαιας, της Αττάλειας, της Λέσβου και άλλα. Ακόμα αξίζει να αναφέρουμε ότι οι φωτογραφίες απεικονίζουν πλοία σταθμευμένα και όχι εν κινήσει διότι προφανώς δεν καθίσταται εύκολο να απεικονίζονται πλοία καθώς κινούνται με αρκετά γρήγορη ταχύτητα.

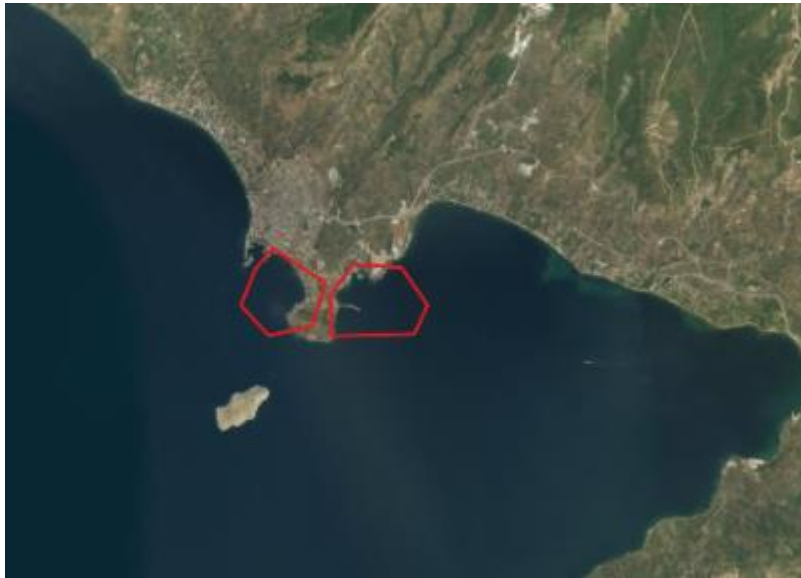
Παρακάτω δίνονται οι περιοχές μελέτης και τα χαρακτηριστικά για τα διάφορα πολεμικά πλοία.

3.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σε αυτή την υποενότητα παρουσιάζονται οι περιοχές στις οποίες βρίσκονται τα πολεμικά πλοία. Είναι σημαντικό να αναφερθούν και να παρουσιαστούν διότι σε αυτές θα γίνει η έρευνα και στην συνέχεια οι στόχοι που έχουν τεθεί για την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης. Οι περισσότερες περιοχές αποτελούν ναύσταθμους των δύο χωρών καθώς σε αυτούς βρίσκονται ακινητοποιημένα τα πλοία και είναι ευκολότερο να ανιχνευτούν. Επίσης υπάρχουν και άλλες περιοχές οι οποίες όμως δεν αποτελούν ναυστάθμους στις οποίες τυχαίνει να υπάρχουν πλοία.



Εικόνα 4: Περιοχή Αττάλειας, Τουρκία



Εικόνα 5: Περιοχή Αρτάκης και Deniz

Ussu Erdek, Τουρκία



Εικόνα 6: Περιοχή Σμύρνης, Τουρκία



Ελλάδα

Εικόνα 7: Περιοχή Σαλαμίνας,



Εικόνα 8: Περιοχή Σουδας,

Ελλάδα

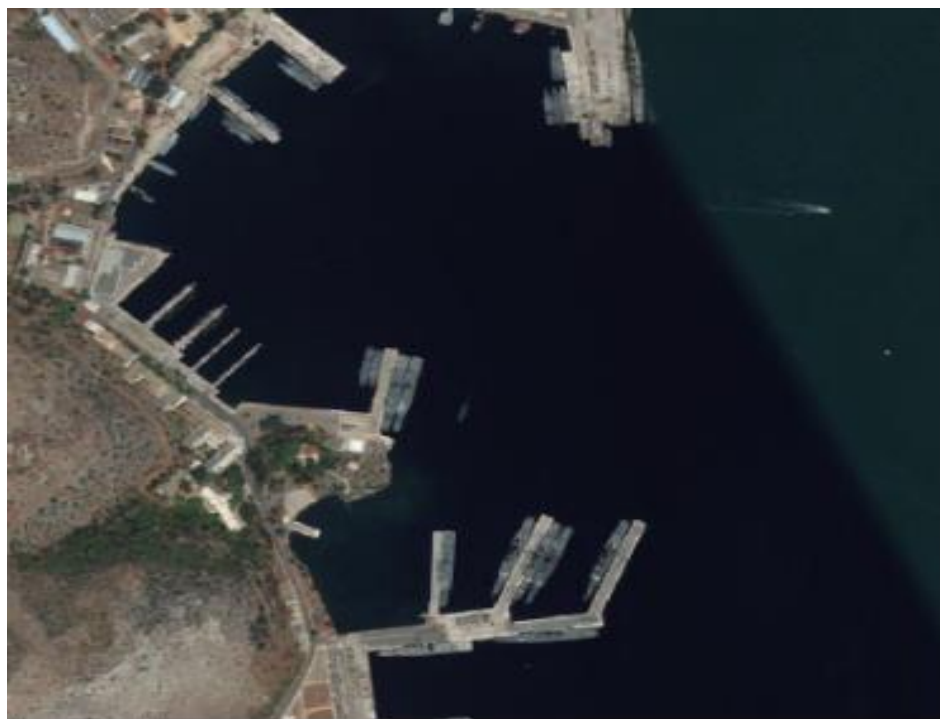


Εικόνα 9: Περιοχή Λέσβου,

Ελλάδα



Εικόνα 10: Σβησμέμη εικόνα από την περιοχή της Σαλαμίνας από το υπόβαθρο της google satellite



Εικόνα 11: Εικόνα από την περιοχή της Σαλαμίνας από το υπόβαθρο της bing

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι οι εικόνες από το υπόβαθρο του google satellite στην περιοχή της ευρύτερης Ελλάδας παρουσιάζονται σβησμένες (Εικόνα 10) κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στην περιοχή της Τουρκίας ούτε στις εικόνες της Ελλάδας από το υπόβαθρο της bing (Εικόνα 11). Οι εικόνες είναι για την Ελλάδα είναι μόνο από το υπόβαθρο της bing ενώ για την Τουρκία από το υπόβαθρο της bing αλλά και της google satellite. Παράδειγμα αποτελούν οι παραπάνω εικόνες.

3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΩΝ

Την δύναμη του πολεμικού ναυτικού το αποτελούν διάφορα πλοία τα οποία σχηματίζουν και τον στόλο του. Από τα βυτιοφόρα και τα σκάφη ανεφοδιασμού στα ταχύπλοα σκάφη και τα αεροπλανοφόρα, ο στόλος του πολεμικού ναυτικού αποτελείται από πολλά διαφορετικά είδη πλοίων.

Το κύριο σώμα του πλοίου διακρίνεται σε τρία μέρη: Το μπροστινό καλούμενο πλώρη(fore), το μεσαίο και μεγαλύτερο καλούμενο μέσο(amid) και το πίσω μέρος καλούμενο πρύμνη(aft). Η γραμμή περιφερειακά του πλοίου όπου ακριβώς και η επιφάνεια της θάλασσας, όταν αυτό πλέει ασφαλώς, καλείται ίσαλος γραμμή ή ίσαλος (water line). Όλα τα ορατά μέρη του πλοίου δηλ. από την ίσαλο και πάνω λέγονται έξαλα (freeboard) σε αντίθεση με τα υπό την ίσαλο μέρη του πλοίου καλούμενα ύφαλα (bottom). Η πλευρική επιφάνεια των εξάλων προς τη πλώρη που καμπυλώνει (εσωκοίλωμα), καλείται παρειά ή μάσκα (bow) ενώ η αντίστοιχη στη πρύμη λέγεται ισχύο ή γοφός (quarter).

Για την παρούσα μελέτη είναι πολύ σημαντικό , να βρεθούν οι τύποι, οι κατηγορίες των διάφορων πλοίων που αφορούν την Ελλάδα αλλά και την Τουρκία. Αφού βρεθεί η κάθε κατηγορία του πλοίου στην συνέχεια πρέπει να γίνει εστίαση στα χαρακτηριστικά του. Βάσει των χαρακτηριστικών θα γίνει η ανίχνευσή τους από τις εικόνες του δορυφόρου. Κάποια από αυτά που θα βοηθήσουν στη εύρεση του κάθε πλοίου ξεχωριστά είναι το μήκος του, το πλάτος του, τα πυροβόλα ή πολυβόλα που διαθέτει. Επίσης είναι τα ραντάρ και τα ελικοδρόμεια ή και ακόμα αν έχει πυραύλους. Αξίζει να σημειωθεί ότι και η φωτογραφίες οι οποίες έχουν τραβηχτεί με κάποια κάμερα βοηθάνε στην ανίχνευση των πλοίων καθώς υπάρχει μια οπτική επαφή με το πλοίο. Αυτά όλα παρουσιάζονται με λεπτομέρειες στο παράρτημα που ακολουθεί.

3.3 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ

Μετά από την εύρεση των διάφορων εικόνων καθώς και των περιοχών στις οποίες βρίσκονται οι εικόνες με τα διάφορα πολεμικά πλοία παίρνει σειρά το τεχνικό κομμάτι. Οι εικόνες έχουν ληφθεί από το υπόβαθρο της bing (πολεμικά πλοία Τουρκίας και Ελλάδας) και από το υπόβαθρο της google (πολεμικά πλοία Τουρκίας). Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι το qgis και οι εικόνες βρέθηκαν μέσα σε αυτό ήταν ήδη γεωαναφερμένες. Ουσιαστικά δεν χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία για την

γεωαναφορά τους. Συνεπώς η μελέτη θα γίνει πάνω στο πρόγραμμα του qgis με τις είδη υπάρχουσες εικόνες ανάλογα με την περιοχή.

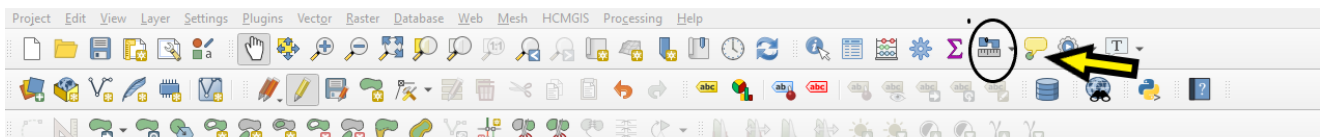
Εστιάζοντας λοιπόν στην περιοχή που υπάρχουν τα πολεμικά πλοία επιλέγεται ένα πλοίο.

Στην εικόνα 76 παρατηρείται η Τουρκική φρεγάτα gabya η οποία βρίσκεται στην περιοχή του Aksaz. Διακρίνεται εύκολα το ελικοδρόμιο το οποίο εμφανίζεται στην πίσω πλευρά του πολεμικού πλοίου, στην μέση περίπου του πλοίου παρατηρούνται τα διάφορα ραντάρ και πυροβόλα που διαθέτει, ενώ η πλώρη όπως φαίνεται στην εικόνα είναι μυτερή.

Η κλίμακα των εικόνων που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1:1700. Αυτό έγινε για να έχουν τα διάφορα πλοία όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ευκρίνεια και να είναι περισσότερο ευδιάκριτα στο μάτι. Επίσης η κλίμακα αυτή βοηθάει και στο μοντέλο όπως θα παρουσιαστεί και παρακάτω.



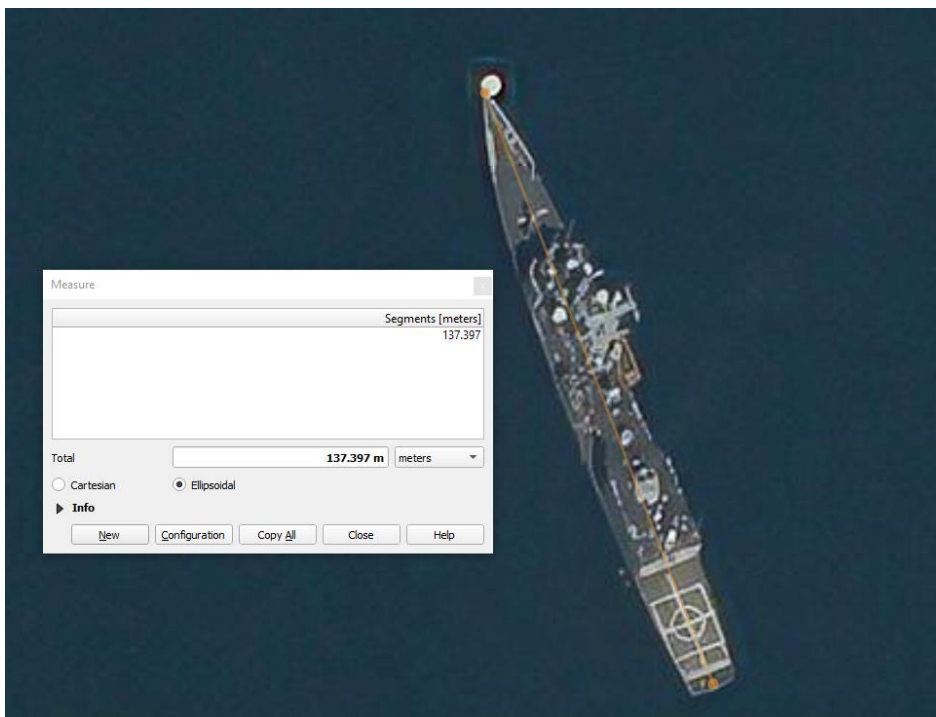
Εικόνα 12: Τουρκική φρεγάτα gabya



3.3.1 ΕΥΡΕΣΗ ΜΗΚΟΥΣ (ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΛΟΙΟΥ) ΜΕ ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ MEASURE LINE

Σημαντικό ρόλο παίζει και το μήκος καθώς και το πλάτος των διάφορων πλοίων. Ειδικά το μήκος είναι ο κύριος παράγοντας της εύρεσης των τύπων πλοίων. Αυτό έγινε με τον εξής τρόπο, ο οποίος παρουσιάζεται στην Εικόνα 13 και στην Εικόνα 14.

Έχει σημειωθεί με μαύρο χρώμα το εργαλείου του qgis το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του μήκους των πλοίων το οποίο ονομάζεται measure line.

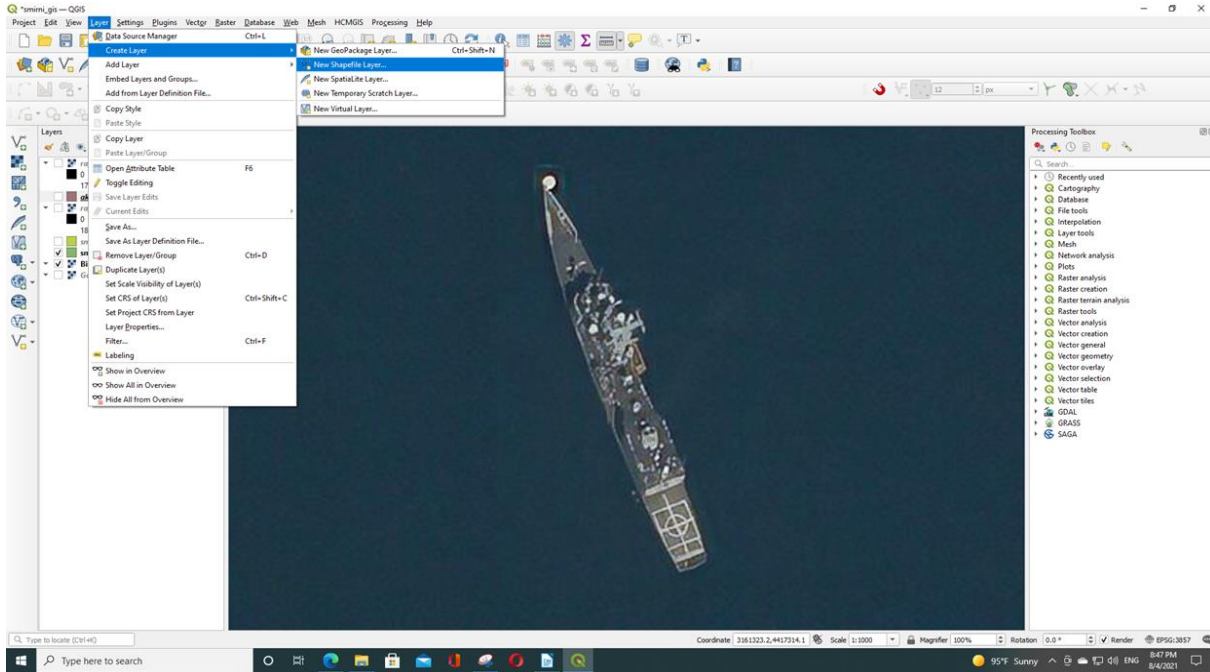


Εικόνα 14: Φρεγάτα gabya με το εργαλείο measure line

Στην εικόνα 14 παρατηρούμε την φρεγάτα gabya με το ανοιγμένο εργαλείο measure line. Πάνω στο πολεμικό πλοίο διακρίνεται μία κίτρινη γραμμή η οποία μετράει ουσιαστικά το μήκος του πλοίο και δίπλα στο παράθυρο το οποίο ανοίγεται φαίνεται το μήκος του σε μέτρα. Αυτή η διαδικασία γίνεται για κάθε τύπου πλοίου και κάθε εικόνα.

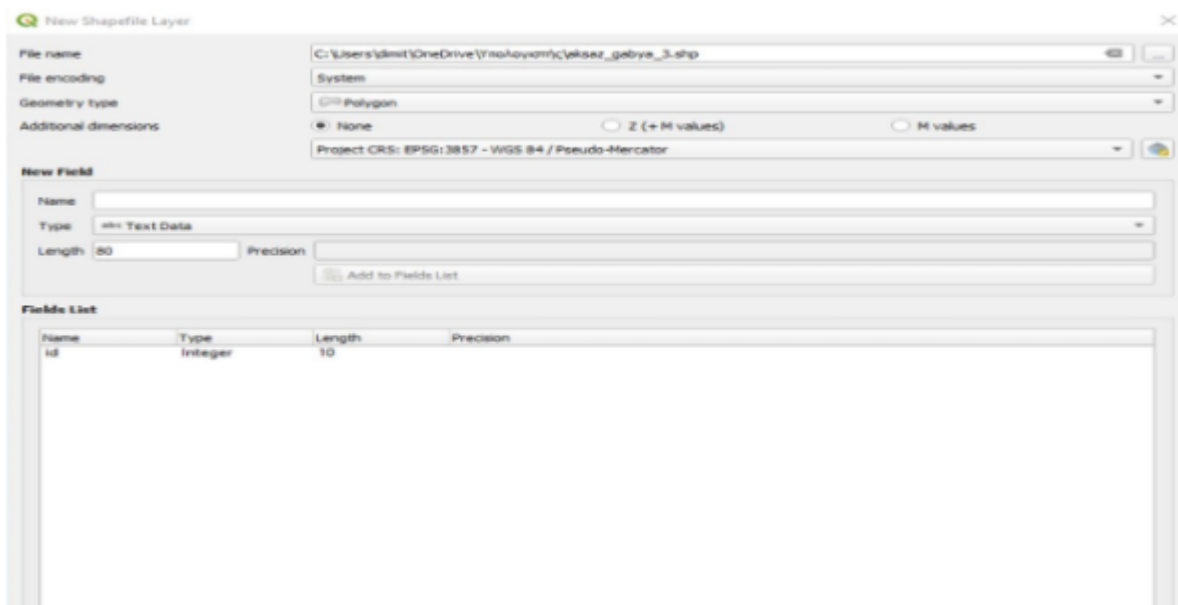
3.3.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ SHAPEFILE

Στην εικόνα 15 φαίνεται πως γίνεται η δημιουργία ενός shape file. Επιλέγεται από την μπάρα πάνω η επιλογή layer στη συνέχεια create layer και new shapefile. Με αυτό το τρόπο δημιουργείται το shapefile.



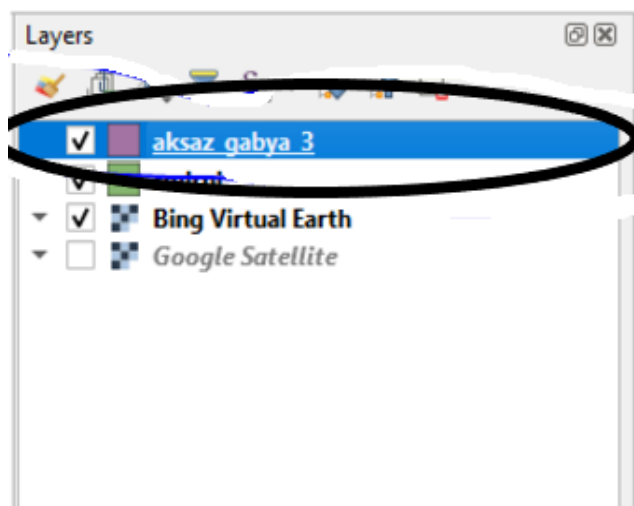
Εικόνα 15: Δημιουργία shape file

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το εξής παράθυρο παρακάτω (Εικόνα 16). Στο πεδίο file name τοποθετείται το όνομα του αρχείου καθώς και που επιθυμείται να σωθεί. Στο πεδίο file encoding υπάρχει η επιλογή system ενώ στο πεδίο additional demension η επιλογή project CRS: ESPG:3857-WGS 84/Pseudo-Mercator, το οποίο project υποστηρίζει τα υπόβαθρα της bing και google (για αυτό το λόγο έγινε αυτή η επιλογή του project). Πατώντας την επιλογή OK δημιουργείται το shapefile.



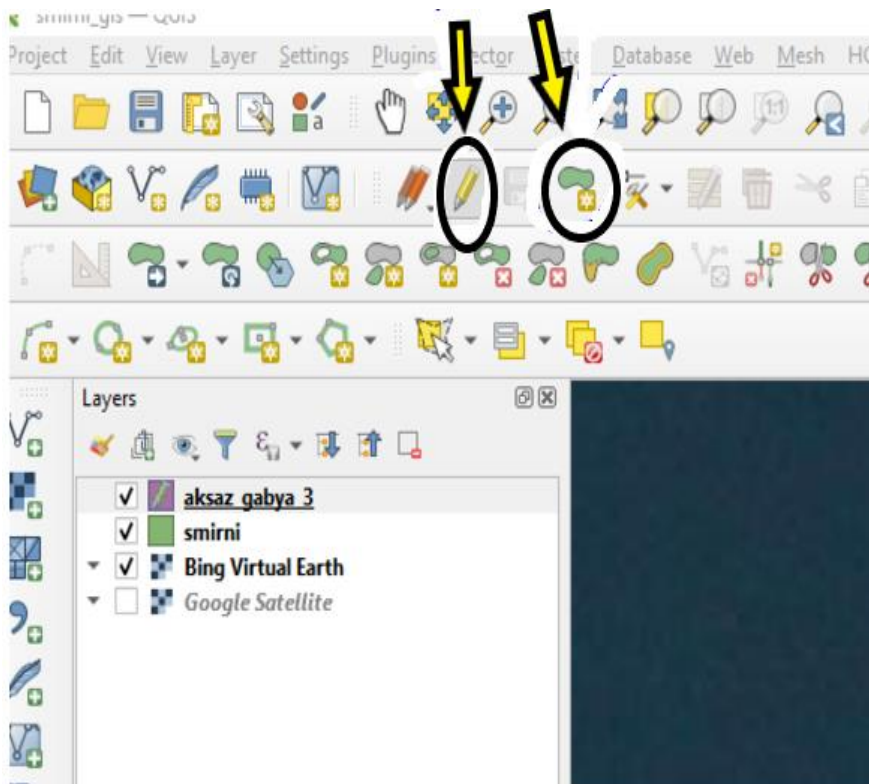
Εικόνα

16: Παράθυρο δημιουργίας shapefile



Εικόνα 17: Shapefile

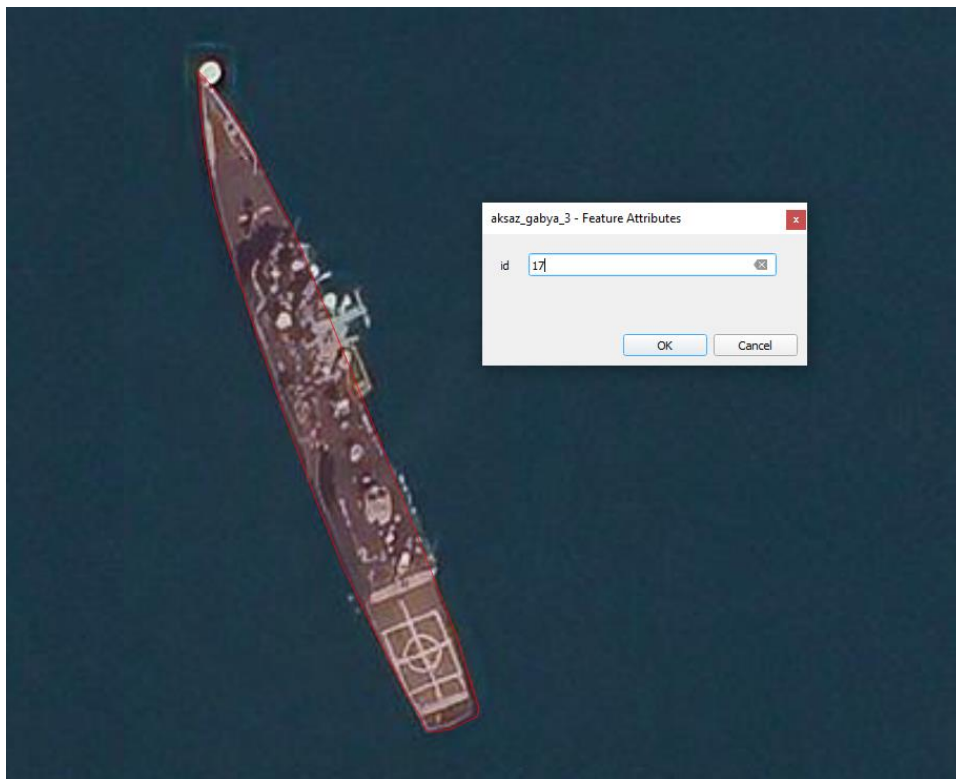
Εφόσον εμφανιστεί στο παράθυρο των layers το shape file ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία.



Εικόνα 18: Εργαλεία qgis

Στην Εικόνα 18 φαίνεται σημειωμένο το ‘μολυβάκι’ και το ‘πολύγωνο’. Με αυτό το τρόπο θα φτιαχτεί το πολύγωνο πάνω στο πολεμικό πλοίο, το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω. Μετά από τον σχεδιασμό του πολυγώνου εμφανίζεται ένα παράθυρο που ζητάει το id. Στο id μπαίνει ο αριθμός που έχει οριστεί για το κάθε πλοίο. Έτσι για την φρεγάτα gabya έχει οριστεί ο αριθμός 17 όπως φαίνεται και στην Εικόνα 19.

Στην συνέχεια με την επιλογή OK εμφανίζεται το πολύγωνο που σχεδιάστηκε. Είναι σημαντικό το πολύγωνο να καλύψει το πλοίο με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να διακριθεί η επιφάνεια του πλοίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όπως φαίνεται και παρακάτω να χωριστεί το πλοίο από την θάλασσα και οτιδήποτε βρίσκεται τριγύρω του και να μεταφράζεται ουσιαστικά η εικόνα σε pixel μηδέν και ένα.



Εικόνα 19: Δημιουργία

πολυγώνου και ορισμός *id*

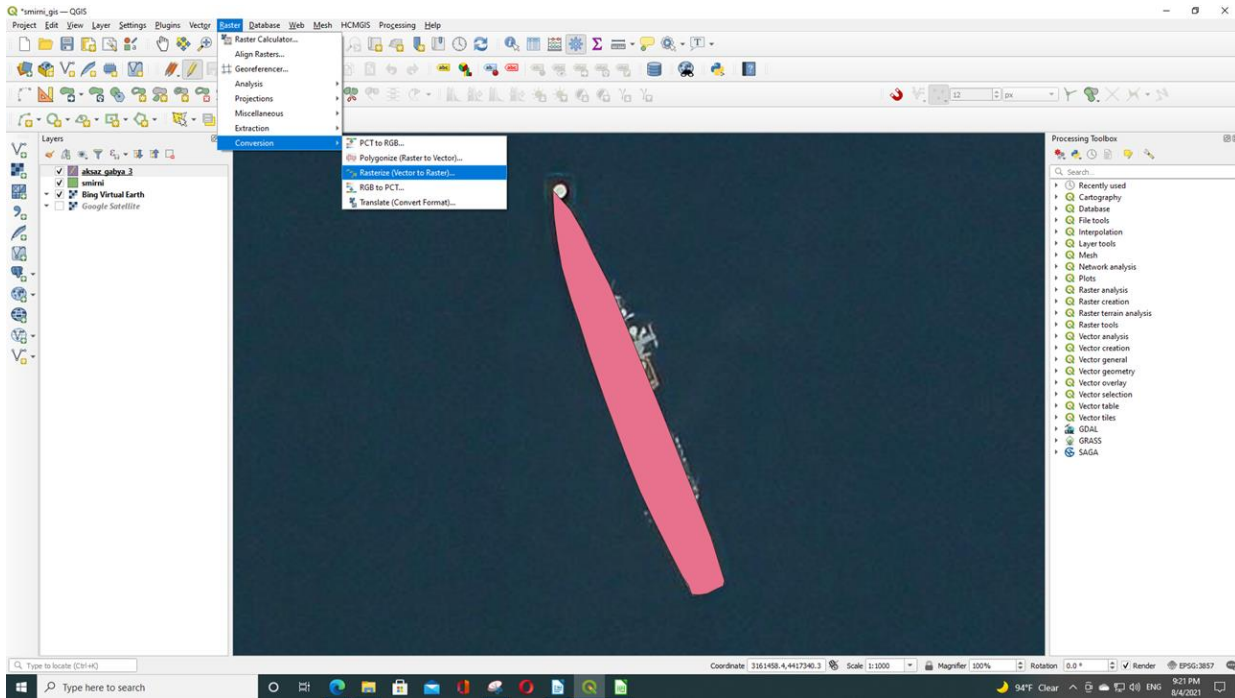
3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΟΛΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η δημιουργία ενός νέου συνόλου δεδομένων αποτέλεσε στόχο της παρούσας εργασίας. Για τη δημιουργία των εικόνων χρησιμοποιήθηκε το υπόβαθρο των χαρτών Bing και Google. Η αποκοπή εικόνων από τις περιοχές μελέτης περιορίστηκε σε διαστάσεις εικόνας 512x512 εικονοστοιχείων. Η κλίμακα των εικόνων επιλέχθηκε με βάση το μήκος των μεγαλύτερων πλοίων ως 1:1700 σε προβολικό σύστημα αναφοράς WGS84 (EPSG:3857). Η χωρική ανάλυση του εικονοστοιχείου είναι περίπου 0.5 μέτρα και η συνολική έκταση κάθε εικόνας ανέρχεται στα 53035.050 m². Οι εικόνες που προήλθαν από τους Bing και Google χάρτες αποτελούνται από τις τρεις μάντες που συνθέτουν ένα φυσικό έγχρωμο σύνθετο RGB (red, green, blue). Για την ολοκλήρωση ενός κατάλληλου συνόλου δεδομένων με στόχο την εκπαίδευση του μοντέλου, μετατράπηκαν τα διανυσματικά δεδομένα (vector) της ψηφιοποίησης σε κανονικοποιημένα (raster), σε εικόνες με αντίστοιχες διαστάσεις, οι οποίες έχουν τιμή 0 για θάλασσα / ξηρά και τιμή 1 για πλοίο (label images).

Επόμενο βήμα μετά από την δημιουργία του πολυγώνου του πλοίου και ουσιαστικά του shape file είναι η μετατροπή των διανυσματικών δεδομένων σε κανονικοποιημένα, δηλαδή από vector σε raster (rasterize). Αυτό γίνεται με την διαδικασία που φαίνεται στην Εικόνα 20.

Όπως παρατηρείται επιλέγεται από την πάνω μπάρα η επιλογή raster στην συνέχεια η επιλογή conversion και rasterize (vector to raster).

Έπειτα εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο, όπου βάζουμε τις επιλογές που φαίνονται στα διάφορα πεδία. Στο πρώτο πεδίο έχουμε το layer με το πολύγωνο που είχε φτιαχτεί προηγουμένως. Στο επόμενο έχουμε το 123 id και τα πεδία συμπληρώνονται όπως στην εικόνα παρακάτω.



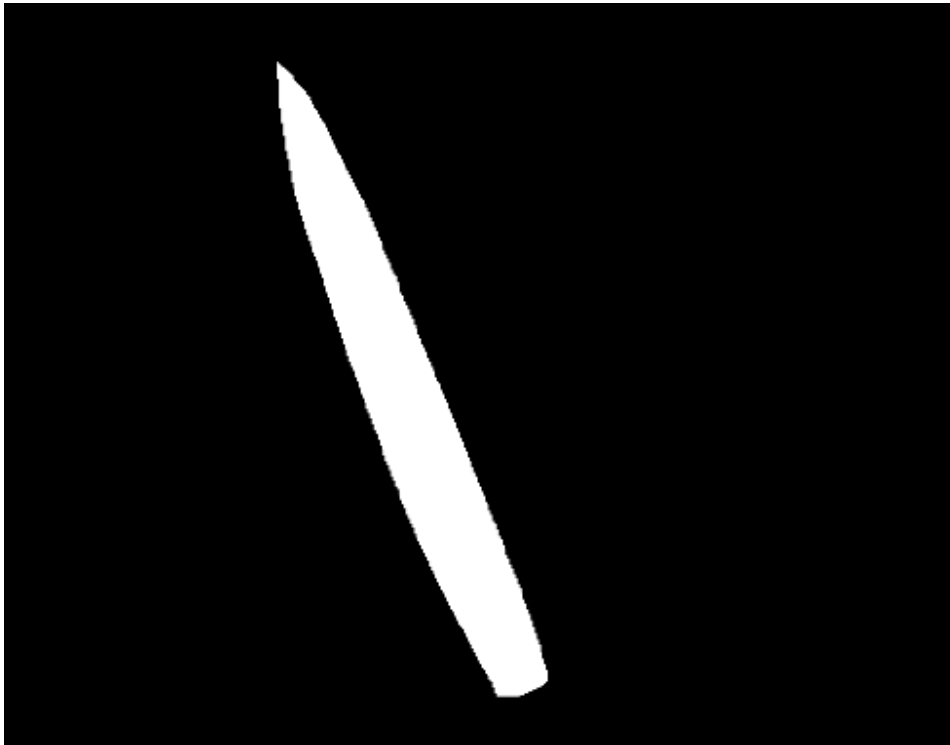
Εικόνα

20: Πολύγωνο

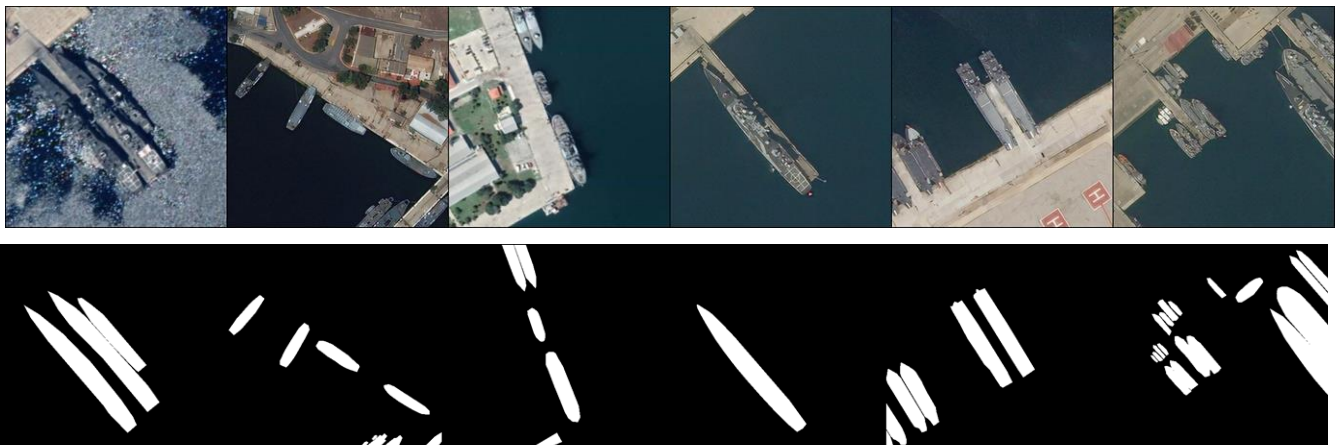
Ενδεικτικά ένα ακόμη πολύγωνο φαίνεται στην Εικόνα 21 σε ένα διαφορετικό πολεμικό πλοίο.

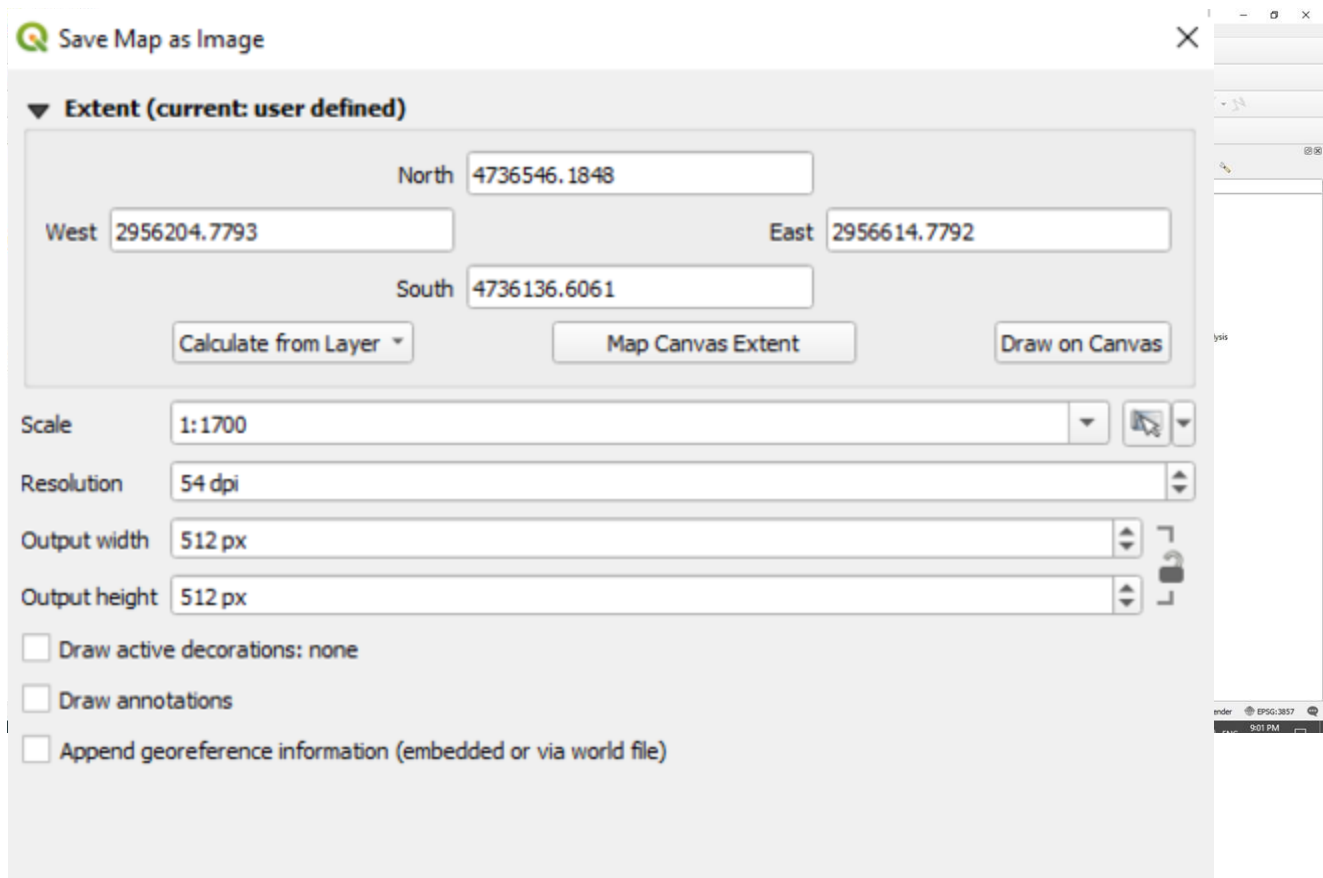


Στη συνέχεια εμφανίζεται στην Εικόνα 22 το παράθυρο στο οποίο φαίνεται η διαδικασία μετατροπής που χρησιμοποιήθηκε έτσι ώστε να δημιουργηθεί ‘vector to raster’ (rasterize) και να εμφανιστεί η τελική εικόνα η οποία θα εμφανίζεται με εικονοστοιχεία 0 και 1 (ή η ταυτότητα (id) του κάθε πλοίου ξεχωριστά) όπου η εικόνα έχει μαύρο φόντο, ενώ το πολύγωνο που δημιουργήθηκε προηγουμένως είναι άσπρο (ή οποιοδήποτε άλλο χρώμα).



Εικόνα 22: Τελικό raster





Εικόνα 25: Χάρτης σε εικόνα

Στην Εικόνα 23 παρουσιάζονται και περισσότερα πλοία, τα οποία στην μία περίπτωση είναι σε φυσικό έγχρωμο σύνθετο RGB (οι εικόνες την πάνω πλευράς), ενώ στην άλλη περίπτωση είναι κανονικοποιημένες (raster), όπου εμφανίζονται άσπρα τα πλοία και μαύρο το υπόλοιπο μέρος της εικόνας.

Επίσης εκτός από το κανονικοποιημένο αρχείο (raster) χρειάζεται και η εικόνα από τον χάρτη στην οποία είναι το πολύγωνο αυτό. Για αυτό το λόγο έγιναν οι εξής ενέργειες οι οποίες φαίνονται στην εικόνα 24 μέσω του προγράμματος του qgis.

Οπότε αφού γίνουν αυτές οι επιλογές εμφανίζεται το εξής παράθυρο (Εικόνα 25):

Στο συγκεκριμένο παράθυρο (Εικόνα 25) είναι σημαντικό να γίνουν κάποιες ρυθμίσεις. Στην επιλογή ‘calculate from layer’ θα γίνει η επιλογή του raster αρχείου που έγινε στα προηγούμενα βήματα. Είναι επίσης σημαντικό η κλίμακα να παραμείνει ίδια δηλαδή 1:1700. Έπειτα πρέπει να υπάρχουν και οι σωστές επιλογές και για τα επόμενα πεδία που είναι ο αριθμός των εικονοστοιχείων για την κάθε εικόνα, ο οποίος προορίζεται από το πεδίο ‘resolution’ και το dpi που θα επιλεγθεί. Ο αριθμός των εικονοστοιχείων που χρειάζεται είναι 512x512. Είναι οι διαστάσεις, οι οποίες χρειάζονται για να εφαρμοστεί με τον σωστό τρόπο το μοντέλο U-Net.

Όλη αυτή η διαδικασία γίνεται για όλες τις εικόνες και τα δεδομένα που έχουν βρεθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τελική εικόνα RGB πρέπει να συμπίπτει με το κανονικοποιημένο αρχείο (raster) που έχει φτιαχτεί πιο πριν. Βοήθεια σε αυτό θα δοθεί από το πρόγραμμα του photoshop έτσι ώστε να γίνουν οι σωστές ενέργειες.

3.5 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ, ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας έχουν βρεθεί οι διάφοροι τύποι των πλοίων στις δύο χώρες τόσο σε Ελλάδα όσο και σε Τουρκία όσων αφορά το ερευνητικό κομμάτι. Επίσης έχουν γίνει οι ανάλογες ενέργειες και διαδικασίες έτσι ώστε να φτιαχτούν τα πολύγωνα, οι διαφορετικές εικόνες και να δημιουργηθούν τα απαραίτητα αρχεία και χάρτες. Επόμενο βήμα, το οποίο είναι και το προγραμματιστικό κομμάτι της εν λόγω εργασίας, είναι διαχωρισμός των δεδομένων σε υποσύνολο εκπαίδευσης ελέγχου και επαλήθευσης.

Το σύνολο των δεδομένων που δημιουργήθηκε αποτελείται από 84 εικόνες και χωρίστηκε σε τρία υποσύνολα. Το πρώτο αποτελεί τα δεδομένα εκπαίδευσης (train set), το δεύτερο αποτελεί τα δεδομένα επαλήθευσης (validation set) και τέλος το τρίτο αποτελεί τα δεδομένα ελέγχου (test set). Το πρώτο υποσύνολο είναι αυτό με το οποίο πραγματοποιείται η εκπαίδευση και το μοντέλο γνωρίζει τόσο τις εικόνες που είναι σε φυσικό έγχρωμο σύνθετο (RGB) όσο και τις αντίστοιχες κανονικοποιημένες (label) εικόνες. Το δεύτερο υποσύνολο χρησιμοποιείται στο τέλος κάθε εποχής ώστε να πραγματοποιηθεί μια πρόβλεψη και να συγκριθεί με την label εικόνα, δηλαδή με την αναμενόμενη έξοδο του μοντέλου. Άρα με αυτό τον τρόπο, τόσο τα δεδομένα εκπαίδευσης (train) όσο και τα δεδομένα επαλήθευσης (validation set) συμβάλουν στην εκπαίδευση του μοντέλου. Για το τρίτο υποσύνολο το μοντέλο γνωρίζει μόνο τις RGB εικόνες και πραγματοποιεί την πρόβλεψη μόνο μια φορά, χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους που έμαθε από την προηγούμενη διαδικασία.

Για να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ των πειραμάτων, ο διαχωρισμός των εικόνων είναι σταθερός σε όλα τα πειράματα. Συγκεκριμένα, από τις συνολικά 84 εικόνες, επιλέχθηκαν τυχαία 39 για εκπαίδευση, 22 για επαλήθευση και 23 για έλεγχο. Σαν ποσοστά αντιστοιχίζονται περίπου στο 47% για εκπαίδευση, 26% για επαλήθευση και 27% για έλεγχο.

3.5.1 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ ΟΣΩΝ ΑΦΟΡΑ ΤΟΥΣ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Αρχικά έχουν βρεθεί 23 κατηγορίες – τύποι πλοίων, δηλαδή πολεμικά πλοία που ανήκουν στις δύο χώρες.

Αυτές είναι για την Ελλάδα:

1. αποβατικά (κατηγορία 1)
2. φρεγάτα ΜΕΚΟ (κατηγορία 2)
3. φρεγάτα S (κατηγορία 3)
4. μεταφορικά (κατηγορία 4)
5. παράκτια περιπολικά (κατηγορία 5)
6. πυραυλάκατος 148 (κατηγορία 6)
7. πυραυλάκατοι- κανονιοφόροι (κατηγορία 7)
8. ρυμούλκα (κατηγορία 8)
9. υδρογραφικά (κατηγορία 9)
10. πλοία φάρων (κατηγορία 22)

Οι κατηγορίες για την Τουρκία είναι:

1. auxiliary akar (κατηγορία 10)
2. auxiliary isin (κατηγορία 11)
3. coast guard (κατηγορία 12)
4. coast guard dost (κατηγορία 13)
5. coast guard kaan (κατηγορία 14)
6. corvette burak (κατηγορία 15)
7. fast patrol (κατηγορία 16)
8. φρεγάτα gabya (κατηγορία 17)
9. φρεγάτα barbaros (κατηγορία 18)
10. mine hunter (κατηγορία 19)
11. tanker (κατηγορία 20)
12. ρυμούλκο (κατηγορία 23)

13. auxiliary (κατηγορία 24)

Αξίζει να αναφερθεί ότι προστέθηκε και ακόμη μία κατηγορία η οποία είναι η 0 και εκφράζει οτιδήποτε άλλο εκτός από το πλοίο. Αυτό είναι κατά κύριο λόγο η θάλασσα καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των πλοίων βρίσκεται μέσα σε αυτήν αλλά και η στεριά και καθώς υπάρχουν πλοία τα οποία είναι παρκαρισμένα δίπλα σε προβλήτες και λιμάνια. Επίσης παρατηρούνται και πλοία τα οποία είναι εξ ολοκλήρου στη στεριά, τα οποία βρίσκονται εκεί για τυχόν επισκευές ή και κατασκευές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι κατηγορίες να γίνουν συνολικά 24. Ακόμα σημαντικό είναι να γίνει αναφορά στο ότι οι συνολικές εικόνες των πλοίων, οι οποίες έχουν συλλεχθεί είναι 84 σε αριθμό. Στις 68 από αυτές υπάρχει μέχρι ένα πλοίο ενώ σε 16 από αυτές υπάρχουν δύο και περισσότερα πλοία.

3.6 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Η εφαρμογή του μοντέλου έγινε με γλώσσα python. Για την υλοποίηση των πειραμάτων πραγματοποιήθηκαν ορισμένες μετατροπές του μοντέλου σε σχέση με τους Ronneberger et al., (2015). Όσο αφορά την αρχιτεκτονική του μοντέλου, δοκιμάστηκαν διαφορετικά βάθη ξεκινώντας από βάθος 3 και φτάνοντας έως 6. Αντίστοιχα, δοκιμάστηκαν διαφορετικές τιμές για το μέγεθος του υποσυνόλου (batch) των δεδομένων εκπαίδευσης, ξεκινώντας από 2 και φτάνοντας μέχρι 6. Όσο το batch size και το βάθος της αρχιτεκτονικής του μοντέλου αυξάνει, τόσο μεγαλύτερες είναι οι απαιτήσεις σε υπολογιστικούς πόρους, για αυτό το λόγο δεν επιχειρήθηκαν πειράματα με μεγαλύτερες τιμές.

Ως συναρτήσεις βελτιστοποίησης χρησιμοποιήθηκε η Stochastic Gradient Descent και δύο επιπλέον συναρτήσεις, συγκεκριμένα η Adam (Diederik P. Kingma and Jimmy Ba, 2017) και η Adagrad (Duchi et al., 2011). Οι τιμές που δοκιμάστηκαν για learning rate ήταν οι $1e-1$, $1e-2$, $1e-3$ και $1e-4$. Μόνο για τη Stochastic Gradient Descent δοκιμάστηκαν οι τιμές 0, 0.8 και 0.99 ως momentum.

Κατά την υπερδειγματοληψία που πραγματοποιείται στον αποκωδικοποιητή, οι διαστάσεις της εικόνας αυξάνονται. Το μοντέλο U-net υλοποιεί την υπερδειγματοληψία απλώς διπλασιάζοντας τις διαστάσεις της εικόνας και έπειτα εφαρμόζει μια 3×3 συνέλιξη με $\text{stride}=1$ ώστε να μειώσει τα κανάλια στα μισά. Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν δοκιμάστηκε η προαναφερθείσα τεχνική όπου η υπερδειγματοληψία υλοποιείται με διγραμμική παρεμβολή (bilinear interpolation), αλλά και μια διαφορετική προσέγγιση όπου υλοποιεί διαφορετική υπερδειγματοληψία γνωστή ως Fractionally Strided Convolutions, όπου στη πράξη αποτελεί μια 2×2 συνέλιξη με $\text{stride}=1/2$.

Τα συνελκτικά φίλτρα που εφαρμόζονται είναι διαφορετικά από αυτά των Ronneberger et al., (2015) υπό την έννοια ότι χρησιμοποιείται $\text{padding}=1$ για τις εικόνες, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει απώλεια των ακριανών εικονοστοιχείων. Όλα τα φίλτρα συνέλιξης έχουν μέγεθος 3×3 εκτός από τις συνέλιξεις στη βάση και στην έξοδο του μοντέλου που έχουν φίλτρο 1×1 .

Η συνάρτηση κόστους (loss) υπολογίζεται από το μέσο όρο δύο συναρτήσεων κόστους, της Cross Entropy Loss και της Dice Loss. Η διαφοροποίηση με τους Ronneberger et al., (2015) έγκειται στη χρήση της επιπλέον συνάρτησης αλλά και στο ότι δεν αξιοποιήθηκε κάποιο μορφολογικό φίλτρο ώστε να εξαχθεί η εικόνα που αποδίδει σε κάθε εικονοστοιχείο κάποιο βάρος. Η Dice Loss αποτελεί ουσιαστικά ένα μέτρο της επικάλυψης μεταξύ της εξόδου του μοντέλου και των γνωστών δεδομένων εκπαίδευσης.

Για την εκπαίδευση του μοντέλου ορίστηκαν συνολικά 200 εποχές (epochs), σε συνδυασμό με τη τεχνική κανονικοποίησης (regularization) Early Stopping. Με αυτό το τρόπο, επιλέχθηκε να παρακολουθείται η μετρική IOU, η οποία υπολογίζεται στο τέλος κάθε εποχής για τα δεδομένα επαλήθευσης (validation set). Εάν για δέκα συνεχόμενες εποχές δεν παρατηρηθεί κάποια βελτίωση της μετρικής τουλάχιστον κατά 0.01, τότε το πείραμα τερματίζεται. Το πλήθος των πειραμάτων κυμαίνεται από 20-60 εποχές. Παράλληλα, χρησιμοποιείται ένα model checkpoint το οποίο φροντίζει έτσι ώστε το μοντέλο το οποίο εν τέλει θα αποθηκευτεί να είναι το τελευταίο μοντέλο που σημείωσε την υψηλότερη τιμή IOU στο validation set.

Από τον συνδυασμό των παραπάνω προκύπτουν 1000 πειράματα. Συνοψίζοντας, η ποικιλία των πειραμάτων βασίζεται στην ελευθερία επιλογής βαθους μοντέλου, batch size, learning rate, optimizer (momentum) και μεθόδου υπερδειγματοληψίας κατά την αποκωδικοποίηση.

Ενδεικτικά παρακάτω δίνονται οι τιμές που μπορεί να έχει μία από τις παρακάτω παραμέτρους:

depth = [3, 4, 5, 6]

batch size = [2, 3, 4, 5, 6]

learning rate = [1e-1, 1e-2, 1e-3, 1e-4]

optimizer = [Adam, SGD, Adagrad]

momentum = [0, 0.8, 0.99]

decoder = [up-conv, trans-conv]

Οι παράμετροι αυτοί παρουσιάζονται παρακάτω κωδικοποιημένοι:

- bsz → batch size
- epc → epoch
- lr 1e → learning rate
- n_cls → number of classes
- optm → optimizer
- mom → moment
- dcd → decoder
- depth → depth

Τα πειράματα υλοποιήθηκαν σε γλώσσα προγραμματισμού Python η οποία αποτελεί μια υψηλού επιπέδου γλώσσα με απλό συντακτικό. Για τη διαχείριση των κανονικοποιημένων γεωχωρικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη rasterio, η οποία βασίζεται στις βιβλιοθήκες Numpy και GeoJSON. Για τη διαχείριση των διανυσματικών γεωχωρικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη GeoPandas

η οποία επεκτείνει την pandas έτσι ώστε να υποστηρίζει χωρικές λειτουργίες, βασισμένη στις βιβλιοθήκες shapely και fiona. Για την ανάπτυξη του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη PyTorch Lightning, η οποία κληρονομεί από τη PyTorch και αποτελεί δημοφιλές πλαίσιο εφαρμογών βαθιάς μάθησης.

Η Lightning επιτρέπει ευανάγνωστο κώδικα με χρήση καθορισμένων συναρτήσεων και αυτοματοποιεί διαδικασίες όπου συνήθως εμφανίζονται σφάλματα όπως για παράδειγμα η διαχείριση υπολογιστικών πόρων και η μετάβαση από τη cpu στη gpu. Για την υλοποίηση των πειραμάτων εκτελείται η εντολή `UNET_main.py`, η οποία δέχεται τις παραμέτρους όπως φαίνεται στην Εικόνα 26.

Για τη φόρτωση των αρχείων κατασκευάστηκε η κλάση `ShipDataset`, η οποία κληρονομεί ιδιότητες και λειτουργίες από τη `pytorch`. Προσφέρει τρεις διαφορετικούς `dataloaders`, ένα για κάθε υποσύνολο δεδομένων, υλοποιώντας μια τυχαία περιστροφή των εικόνων πολλαπλάσια των 90 μοιρών ως επαύξηση των δεδομένων (data augmentation). Το U-Net μοντέλο υλοποιείται σε κάθε πείραμα από την αρχή (from scratch) και αποτελεί μια κλάση η οποία κληρονομεί ιδιότητες και λειτουργίες από τη Lightning. Μπορεί να διαχειριστεί περισσότερες των δυο κλάσεων-κατηγοριών και αντίστοιχα υπολογίζει τις μετρικές. Η συνάρτηση κόστους `Dice Loss` αναπτύχθηκε κληρονομώντας από τη `pytorch`, ενώ η `Cross Entropy Loss` χρησιμοποιήθηκε από τη βιβλιοθήκη `torch`. Η Lightning προσφέρει τη δυνατότητα `model checkpoint` και `early stop` εντός της κλάσης `Trainer`, η οποία εκτελεί την εκπαίδευση. Ακολουθεί η εφαρμογή του μοντέλου στο υποσύνολο δεδομένων ελέγχου (test set), αποθηκεύονται τα αποτελέσματα και αποθηκεύονται οι μετρικές.

Οι συνδυασμοί των πειραμάτων κλήθηκαν και υλοποιήθηκαν αυτόματα μέσω ενός `bash script` όπως φαίνεται παρακάτω.

```
usage: UNET_main.py [-h] -datapath DATAPATH -bsz BSZ -lr LR -epc EPC -n_cls
                  N_CLS -optm OPTM [-mom MOM] [-dcd DCD] [-depth DEPTH]

Custom UNet Lightning Implementation

optional arguments:
  -h, --help            show this help message and exit
  -datapath DATAPATH    Directory containing final splits.
  -bsz BSZ              Batch size.
  -lr LR               Learning rate.
  -epc EPC             Epochs.
  -n_cls N_CLS         Number of classes. Start counting from zero.
  -optm OPTM           Which optimizer to use. Three possible values are
                      1:Adam, 2:SGD, 3:Adagrad
  -mom MOM             Used only when optm=2. Momentum helps accelerate
                      gradients vectors in the right directions, thus leading
                      to faster converging. By default is 0.
  -dcd DCD             If "True", decoder uses bilinear interpolation to reduce
                      the number of channels. If "False", decoder uses
                      transpose convolution.
  -depth DEPTH         The model's depth.
```

Εικόνα 26: Εκτέλεση εντολής

`UNET_main.py`- εμφάνιση παραμέτρων

```
bszs=( 6 5 4 3 2 )
lrs=( 1e-1 1e-2 1e-3 1e-4 )
depths=( 6 5 4 3 )
dcds=( True False )
optms=( 1 2 3 )
mmntms=( 0.8 0.99 )

COUNTER=1
for a in "${!bszs[@]}"
do
```


ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία με την οποία γίνανε τα πειράματα αναφέρθηκε στην παραπάνω ενότητα. Συνεπώς αξίζει σε αυτό το σημείο να αναλυθούν τα αποτελέσματα μέσα από τα διάφορα αυτά πειράματα. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια πειράματα, τα οποία θα αναλυθούν και μέσα από αυτά θα παρουσιαστούν συμπεράσματα. Αρχικά χωρίστηκαν τα πειράματα σε δύο κατηγορίες. Τα πειράματα που διαχωρίζουν το πλοίο από την θάλασσα- έδαφος (ship- no ship) καθώς και τα πειράματα τα οποία δείχνουν σε ποια κατηγορία βρίσκεται το κάθε πλοίο. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι συμπτύχθηκαν και μειώθηκαν οι κατηγορίες των πλοίων για λόγους λιγοστών δεδομένων ανά κάποιες κατηγορίες (θα αναλυθεί με περισσότερες λεπτομέρειες παρακάτω).

4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ Ή ΕΛΔΑΦΟΥΣ (SHIP- NO SHIP)

Έχει εκτελεστεί ένας αρκετός αριθμός πειραμάτων. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα ορισμένων πειραμάτων με τις υψηλότερες μετρικές εκτίμησης απόδοσης.

4.1.1 ΠΕΙΡΑΜΑ 1

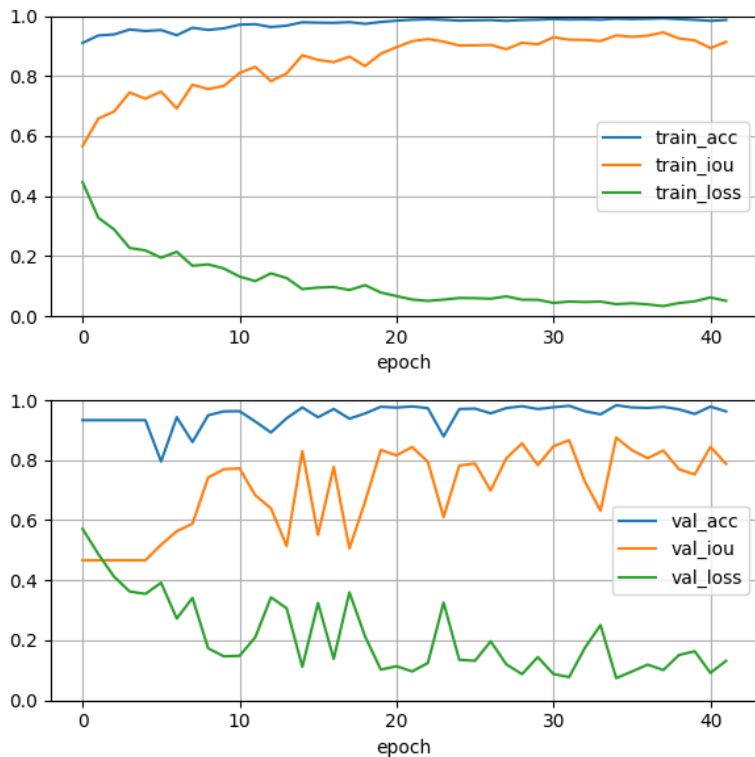
Πείραμα 1:bsz 6 lr 0.1 epc 200 ncls 2 opt 2 mom 0.0 depth 6 dcd upSample

Το παρόν πείραμα είχε batch size 6, learning rate 0.1, optimizer SGD χωρίς momentum, βάθος μοντέλου 6 και η υπερδειγματοληψία στον decoder έγινε με upsampling και μετά convolution. Στην εικόνα απεικονίζεται η πορεία των μετρικών Τομή προς ένωση (intersection over union, IOU) και Ορθότητα-Ευστοχία (accuracy) και η συνάρτηση κόστους (loss) για τα δεδομένα εκπαίδευσης και επαλήθευσης (training και το validation set). Στο training παρατηρείται ότι η Ορθότητα-Ευστοχία (accuracy) είναι σε πολύ υψηλές τιμές καθώς σε όλη την διάρκεια είναι κοντά στο 1 (πράγμα το οποίο πρέπει να γίνεται). Η Τομή προς ένωση (intersection over union, IOU) φαίνεται ότι ξεκινάει από την μέση περίπου (0.6) αλλά σταδιακά ανεβαίνει και αυτό προς το 1. Είναι σημαντικό και αυτή η τιμή να τείνει προς το 1. Επίσης απεικονίζεται η πορεία της συνάρτησης κόστους (loss), όπου και αυτό ξεκινάει από την μέση περίπου (0.4) και στην συνέχεια κατεβαίνει προς 0, κάτι που επιθυμείται να γίνεται.

Εστιάζοντας στα δεδομένα επαλήθευσης παρατηρείται ότι σχεδόν σε όλες τις τιμές υπάρχουν διακυμάνσεις. Αυτό σημαίνει ότι στην μελέτη δεν υφίστανται πολλά δεδομένα. Παρόλα αυτά η

Ορθότητα-Ευστοχία (accuracy) τείνει στο 1 και η συνάρτηση κόστους (loss) τείνει προς το 0. Αρκετές διακυμάνσεις έχει η Τομή προς ένωση (intersection over union, IOU) η οποία έχει απομακρυνθεί από το 1 (Εικόνα 27).

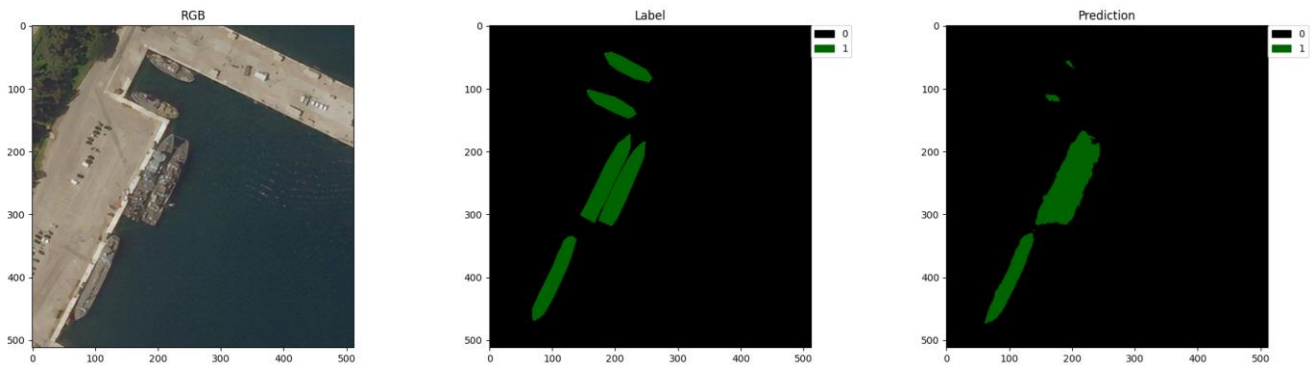
Φαίνεται ότι στην εποχή 43 διακόπηκε η εκπαίδευση. Αυτό γίνεται, γιατί για δέκα συνεχόμενες εποχές δεν έχει παρατηρηθεί κάποια βελτίωση της μετρικής IOU τουλάχιστον κατά 0.01, οπότε το πείραμα τερματίζεται. Το μοντέλο που αποθηκεύτηκε αντιστοιχεί στην εποχή 34. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται model checkpoint το οποίο αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και φροντίζει ώστε το μοντέλο το οποίο εν τέλει θα αποθηκευτεί να είναι το τελευταίο μοντέλο που σημείωσε την υψηλότερη τιμή IOU στο validation set.



Εικόνα 27. Μέτρηση των μετρικών κατά την εκπαίδευση.

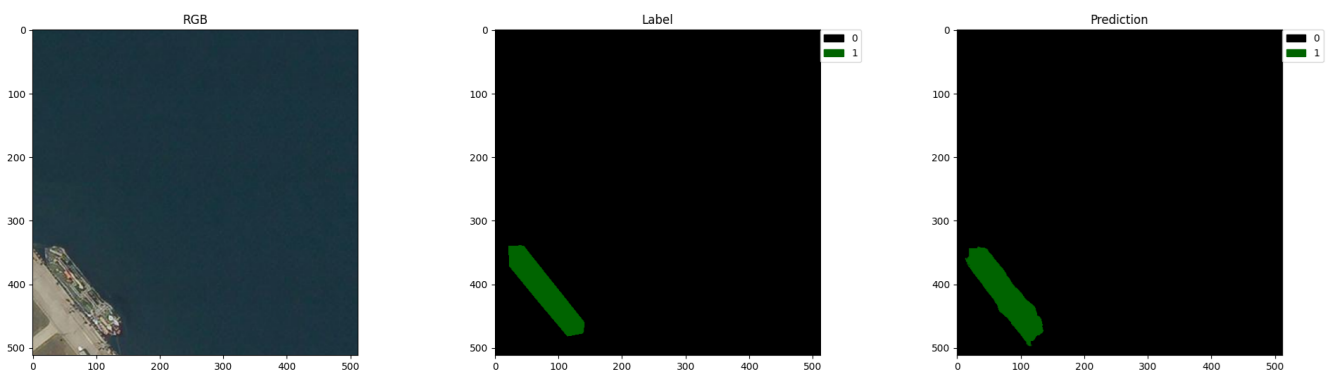
	no_ship	ship	total
acc	0.98	0.98	0.98
pre	0.99	0.86	0.92
rec	0.99	0.76	0.87
f-score	0.99	0.83	0.91
iou	0.98	0.7	0.84
loss	0.09	0.09	0.09

Στον πίνακα παρατηρούνται οι μετρικές εκτίμησης απόδοσης οι οποίες βγαίνουν από τα σετ του ελέγχου (test set). Πάρα πολύ υψηλές τιμές στο no ship πράγμα που σημαίνει ότι το μοντέλο ανιχνεύει σε καλό βαθμό το έδαφος – θάλασσα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στο σετ του ελέγχου υφίσταται μόνο μία τιμή και αυτή όταν το μοντέλο τερματίσει και σωθεί.



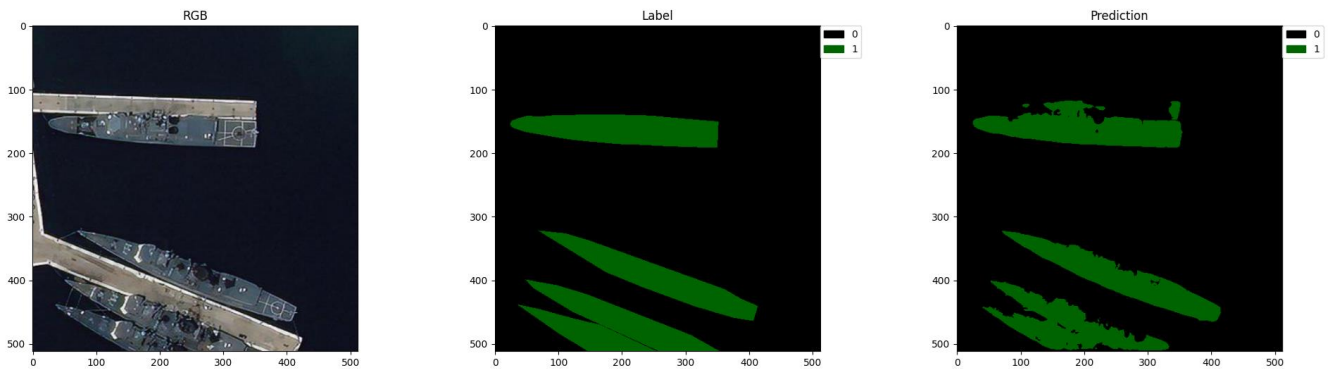
Εικόνα 28: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα

Στην Εικόνα 28 απεικονίζεται η αρχική εικόνα σε φυσικό έγχρωμο σύνθετο (RGB εικόνα) από το υπόβαθρο της Bing με διαστάσεις 512x512. Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται η κανονικοποιημένη εικόνα (label) που έχει φτιαχτεί. Τέλος παρουσιάζεται η εικόνα που έχει προβλέψει το μοντέλο (predicted εικόνα). Επίσης στην δεύτερη και στην τρίτη εικόνα πάνω δεξιά φαίνονται οι κλάσεις οι οποίες είναι με πράσινο χρώμα η κλάση 1 (πλοίο) και με μαύρο χρώμα η κλάση 2 (θάλασσα ξηρά). Εστιάζοντας στην predicted εικόνα παρατηρείται ότι το κάτω πλοίο έχει προβλεφθεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό σωστά. Τα δύο πλοία που είναι τοποθετημένα μαζί φαίνεται στην εικόνα που προβλέπεται ότι παρουσιάζονται κολλημένα καθώς και η επιφάνεια τους δεν απεικονίζεται με το σωστό τρόπο διότι υπάρχουν ‘εξογκώματα’. Τέλος στα δύο πλοία που είναι στο πάνω μέρος της εικόνας δεν έχουν ανιχνευτεί σχεδόν καθόλου αλλά απεικονίζονται κάποιες κουκκίδες.



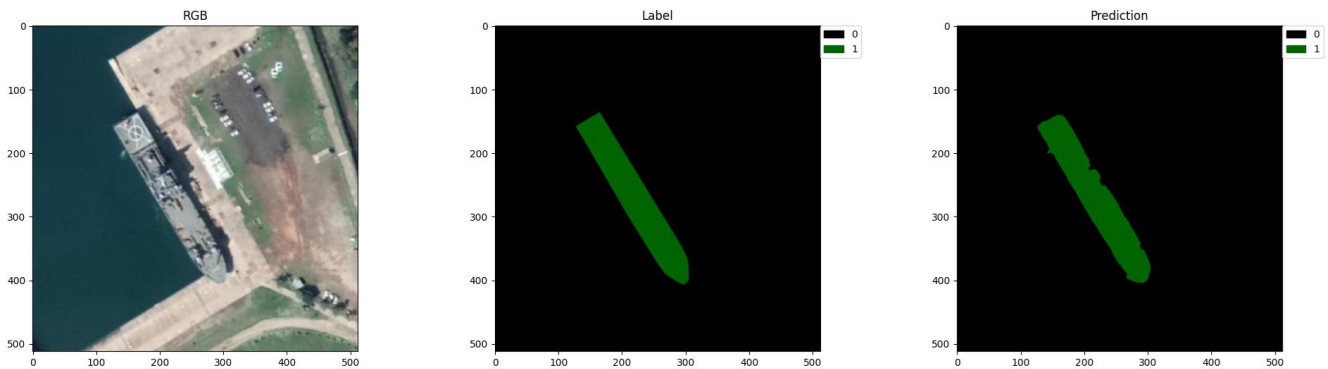
Εικόνα 29: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα

Παρατηρώντας την Εικόνα 29, η οποία είναι από το ίδιο πείραμα το πλοίο προβλέπεται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό καλά από το μοντέλο. Παρατηρούνται μόνο λίγες ατέλειες στην εξωτερική επιφάνεια.



Εικόνα 30: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα

Παρουσιάζεται στην Εικόνα 3 μια ακόμα εικόνα από το ίδιο πείραμα. Βάση θα δοθεί στην δεξιά εικόνα που είναι η εικόνα που έχει προβλέψει το πείραμα. Παρατηρείται ότι στο πάνω πλοίο ανιχνεύει ένα μέρος της προβλήτας, ενώ από τα υπόλοιπα πλοία λείπει κάποιο μέρος τους.



Εικόνα 31: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα

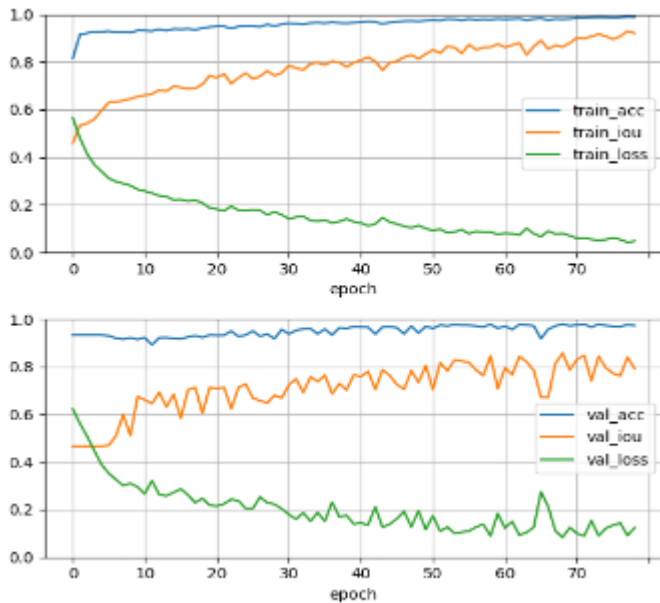
Στην Εικόνα 31 φαίνεται ότι το μοντέλο έχει προβλέψει σε μεγάλο βαθμό το πλοίο. Βέβαια μικρές ατέλειες παρατηρούνται στην εξωτερική του επιφάνεια.

4.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑ 2

Πείραμα 2: bsz 6 lr 0.01 epc 200 ncls 2 opt 2 mom 0.8 depth 5 dcd transConv

Το συγκεκριμένο πείραμα είχε batch size 6, learning rate 0.01, optimizer SGD momentum 0.8, βάθος μοντέλου 5 και η υπερδעיματοληψία στον decoder έγινε με trans convolution.

Στην εποχή 77 παρατηρείται ότι διακόπηκε η εκπαίδευση, το μοντέλο που αποθηκεύτηκε αντιστοιχεί στην εποχή 68.



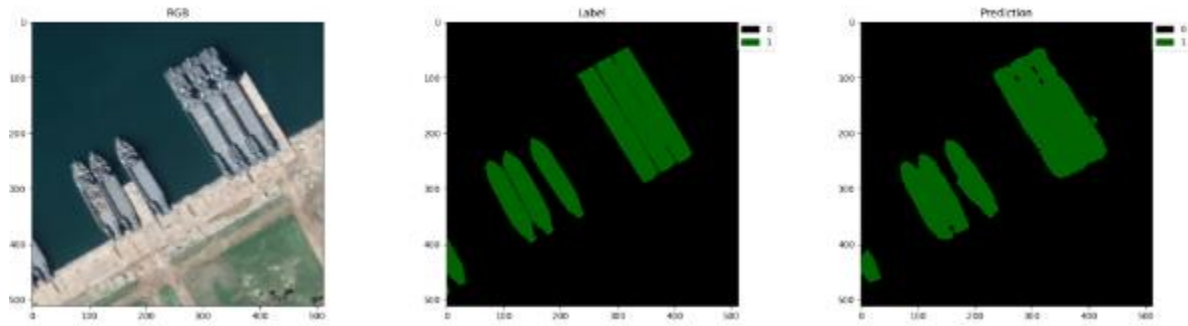
Εικόνα 32: Μετρικές Εκτίμησης Απόδοσης στο

Πείραμα 2

Παρατηρείται ότι η Ορθότητα-Ευστοχία (accuracy) τείνει στο 1 και δεδομένα εκπαίδευσης και στα δεδομένα επαλήθευσης (Εικόνα 32). Η Τομή προς ένωση (intersection over union, IOU) τείνει προς το τέλος των εποχών προς το 1 με πολύ μικρές διακυμάνσεις. Μικρές διακυμάνσεις παρουσιάζονται στη συνάρτηση κόστους (loss), η οποία τείνει στο 0 με μικρές διακυμάνσεις στα δεδομένα επαλήθευσης.

	no_ship	ship	total
acc	0.98	0.98	0.98
pre	0.92	0.90	0.91
rec	0.93	0.93	0.93
f-score	0.92	0.92	0.92
iou	0.86	0.85	0.86
loss	0.08	0.08	0.08

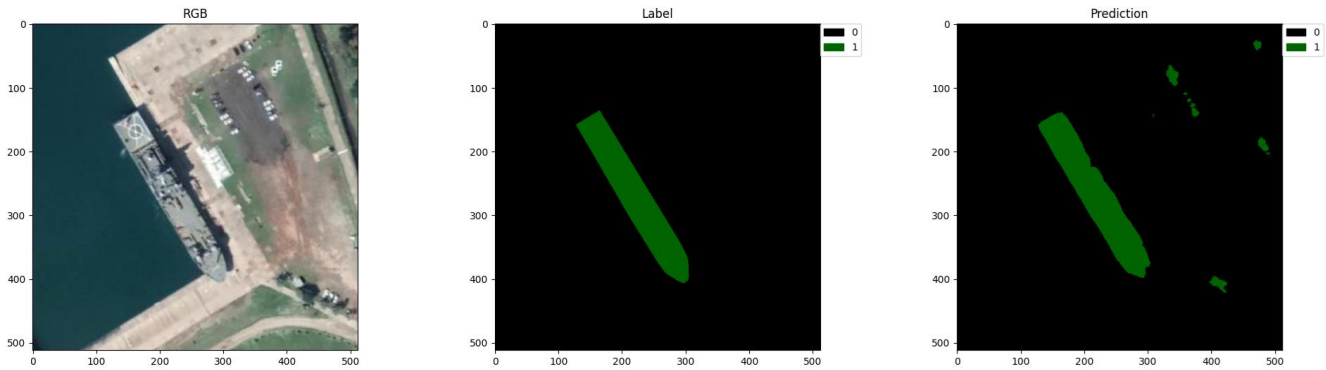
Στον πίνακα των σετ ελέγχου (test set) παρατηρείται ότι η συνάρτηση κόστους (loss) κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και στο ship και στο no ship. Το iou φαίνεται να απέχει από το 1 σε σχέση με τις άλλες παραμέτρους που είναι πιο κοντά στο 1.



Εικόνα 33:

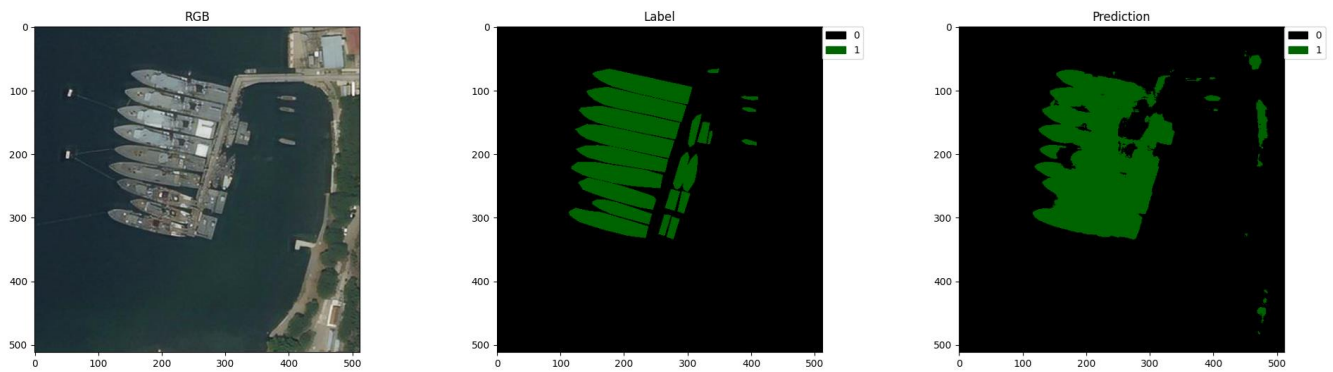
Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος

Στην Εικόνα 33, στην εικόνα που έχει προβλέψει το μοντέλο (predicted) παρατηρείται ότι τα δύο πρώτα πλοία από αριστερά απεικονίζονται κολλημένα, το επόμενο πλοίο έχει κάποια εξογκώματα στην επιφάνεια του, ενώ τα τρία τελευταία παρουσιάζονται κολλημένα. Το σχήμα και των τριών περιπτώσεων τείνει όπως το σχήμα της δεύτερης εικόνας.



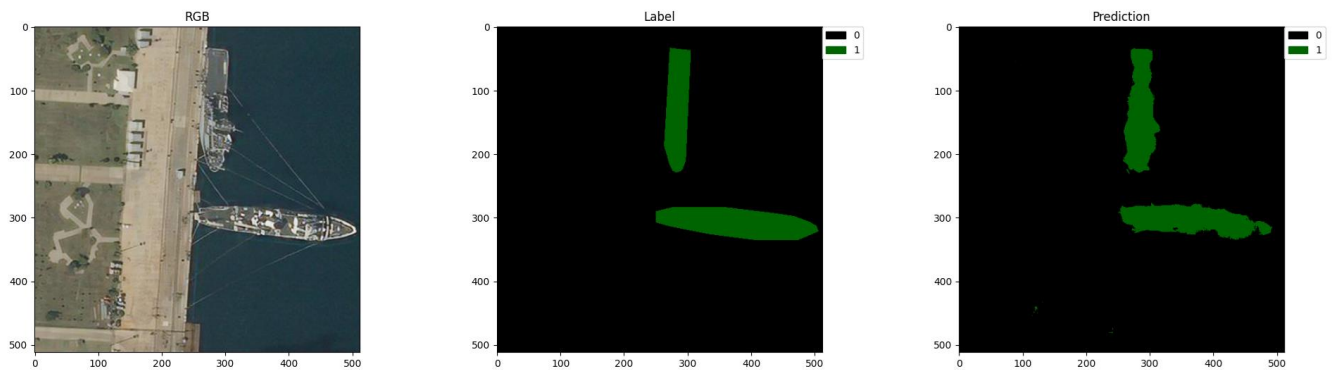
Εικόνα 34: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος

Στην Εικόνα 34 φαίνεται ότι έχει γίνει καλή πρόβλεψη όσον αφορά το πλοίο έχει βέβαια κάποιες ατέλειες αλλά το μοντέλο ανιχνεύει και κάποια μέρη του εδάφους.



Εικόνα 35: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος

Στην Εικόνα 32 παρατηρείται ότι δεν έχουν ανιχνευθεί τα πλοία καθώς είναι κολλημένα, σε κάποιες περιπτώσεις λείπουν μέρη των πλοίων κι επίσης ανιχνεύονται και κάποια σημεία του εδάφους.



Εικόνα 36: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος

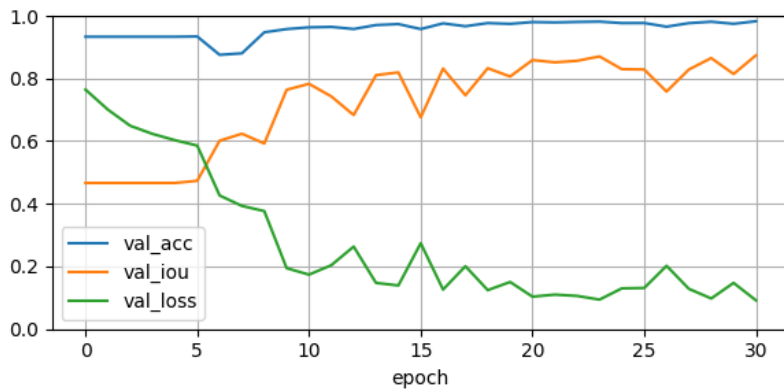
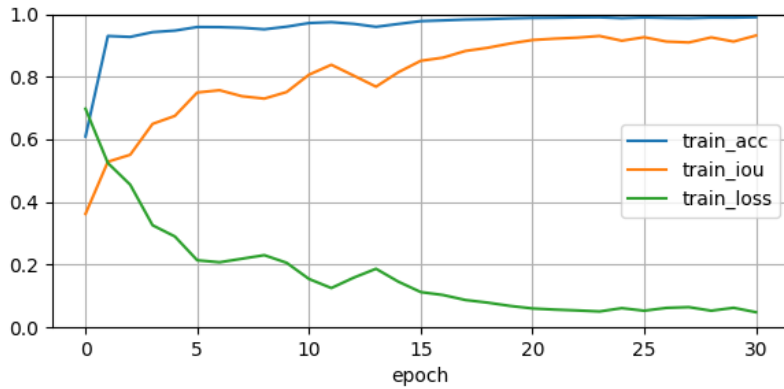
Στην Εικόνα 36 το μοντέλο ανιχνεύει τα πλοία, όμως τα ανιχνεύει με περίεργες επιφάνειες κι όχι με αυτές που εμφανίζονται στο label.

4.1.3 ΠΕΙΡΑΜΑ 3

Πείραμα 3ο: `bsz 6 lr 0.1 epc 200 ncls 2 opt 2 mom 0.6 depth 6 dcd upSample`

Το συγκεκριμένο πείραμα είχε batch size 6, learning rate 0.1, optimizer SGD momentum 0.6, βάθος μοντέλου 6 και η υπερδειγματοληψία στον decoder έγινε με upSample.

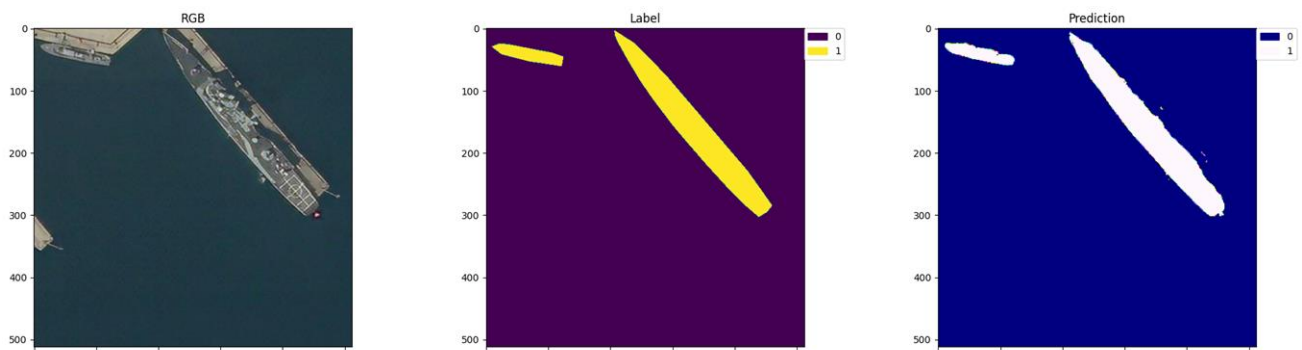
Φαίνεται ότι στην εποχή 30 διακόπηκε η εκπαίδευση και το μοντέλο που αποθηκεύτηκε αντιστοιχεί στην εποχή 30.



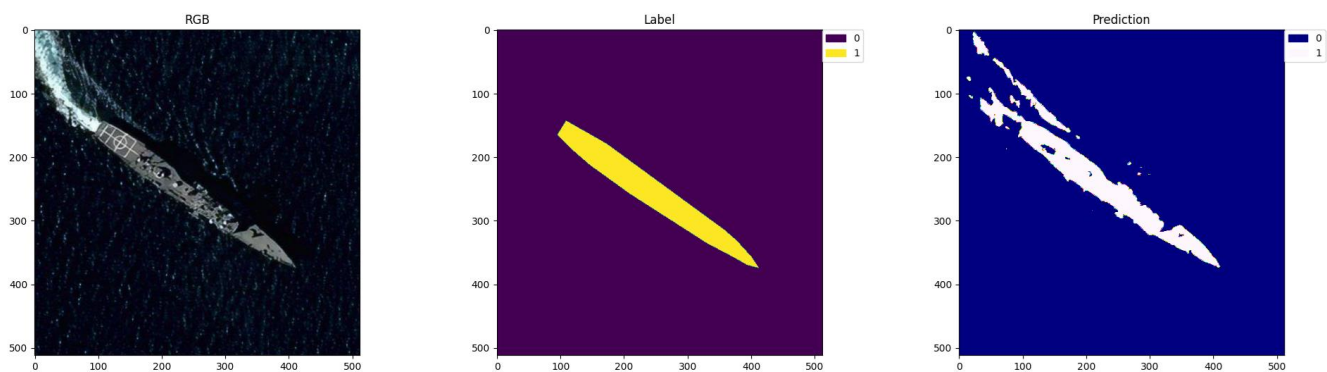
Εικόνα 37: Μέτρηση των αποτελεσμάτων

Στην Εικόνα 37 παρατηρείται ότι η συνάρτηση κόστους loss ξεκινάει από το 0.8 και στα δεδομένα εκπαίδευσης και στα δεδομένα επαλήθευσης αλλά στην συνέχεια κατευθύνεται προς το 0. Το accuracy τείνει στο 1, ενώ η μετρική IOU με μικρές διακυμάνσεις από το 0.4 κι αυτή με την πάροδο των εποχών φτάνει στο 0.9.

	no_ship	ship	total
acc	0.98	0.98	0.98
pre	0.96	0.93	0.94
rec	0.96	0.92	0.94
f-score	0.96	0.93	0.95
iou	0.93	0.87	0.90
loss	0.04	0.09	0.07



Στην Εικόνα 38, στην εικόνα που προβλέπεται (predicted) παρατηρείται ότι η φρεγάτα φαίνεται σε μεγάλο ποσοστό ίδια με τη κανονικοποιημένη εικόνα (label) βέβαια ενδέχεται κάποια περιθώρια βελτίωσης (υπάρχουν κουκκίδες δεξιά και αριστερά). Το ίδιο συμβαίνει και με το μικρό πλοίο, ότι δηλαδή παρουσιάζεται ίδιο με το label με κάποιες μικρές ατέλειες.



Εικόνα 39: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα -έδαφος

Στην Εικόνα 39 φαίνεται ότι λείπουν κάποια σημεία από το πλοίων και ανιχνεύει το μοντέλο τα κύματα, διότι το πλοίο βρίσκεται εν κινήσει.

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ Ή ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΚΛΑΣΗΣ- ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΠΛΟΙΟΥ

Αρχικά συμπύχθηκαν και μειώθηκαν οι κατηγορίες – κλάσεις. Αυτό έγινε διότι πολλές κατηγορίες- κλάσεις είχαν μικρό αριθμό δεδομένων- εικόνων με αποτέλεσμα το μοντέλο να μην έχει την ικανότητα

να λειτουργήσει σωστά και να αναδείξει το τελικό αποτέλεσμα. Έτσι οι κατηγορίες- κλάσεις τροποποιήθηκαν με βάση τα παρακάτω σε 3 κατηγορίες:

κλάση 1: παράκτια περιπολικά (Ελλάδα) και coast guard (Τουρκία)

κλάση 2: φρεγάτες Ελλάδας και Τουρκίας

κλάση 3: fast patrol (Τουρκία), mine hunter (Τουρκία), πυραυλάκατοι (Ελλάδα) και πυραυλάκατοι 148 (Ελλάδα)

Αυτές οι κατηγορίες- κλάσεις επιλέχθηκαν και συμπύχθηκαν λόγω του ότι είχαν περίπου το ίδιο μέγεθος (κυρίως μήκος) καθώς και παρόμοια χαρακτηριστικά των πλοίων παρατηρώντας τα με γυμνό μάτι. Οι περισσότερες εικόνες φυσικού έγχρωμου σύνθετου που λήφθηκαν και επεξεργάστηκαν είναι για την κλάση 2, ενώ η λιγότερες είναι για την κλάση 3.

Αξίζει να σημειωθεί ότι με 4 κλάσεις (συμπεριλαμβανομένου και του 0) το μοντέλο δεν έχει αποτέλεσμα πειράματα με υψηλές μετρικές, όπως τα προηγούμενα πειράματα. Ενδεικτικά προβάλλεται το παρακάτω πείραμα.

4.2.1 ΠΕΙΡΑΜΑ 4

Πείραμα 3: bsz 2 lr0.0001 epc 200 ncls 4 opt 1 depth 6 dcd transConv

Το παρόν πείραμα είχε batch size 2, learning rate 0.0001, optizer Adam χωρίς momentum, βάθος μοντέλου 6 και η υπερδειγματοληψία στον decoder έγινε με transConv. Φαίνεται ότι στην εποχή 70 διακόπηκε η εκπαίδευση και το μοντέλο που αποθηκεύτηκε αντιστοιχεί στην εποχή 40.

Στο διάγραμμα (Εικόνα 40) των δεδομένων εκπαίδευσης και των δεδομένων επαλήθευσης παρατηρείται ότι η γραμμή ακρίβειας accuracy είναι πολύ κοντά στο 1. Σε αντίθεση με αυτή η γραμμή της μετρικής IOU δεν τείνει στο 1, αλλά ξεκινάει από πολύ χαμηλά (0.2 περίπου) και φτάνει μέχρι το 0.7. Η συνάρτηση κόστους loss αρχίζει από το 1 περίπου και καταλήγει στο 0.5, πράγμα το οποίο δεν είναι πρέπει να γίνεται.

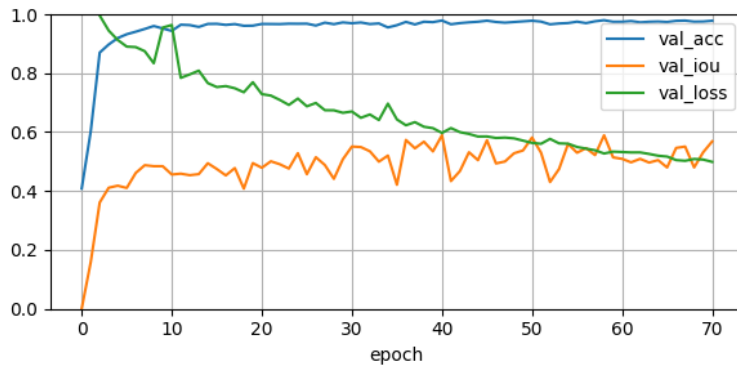
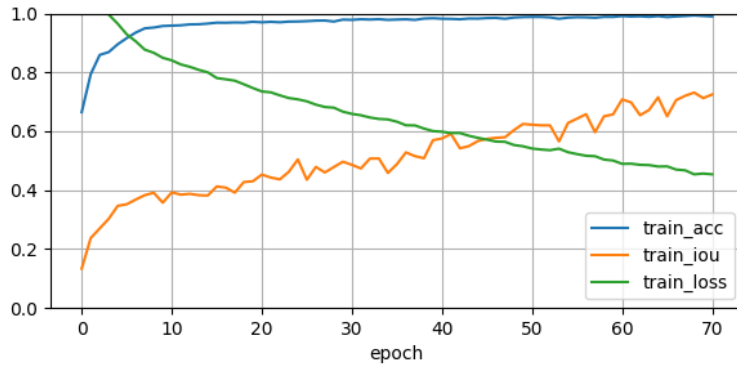
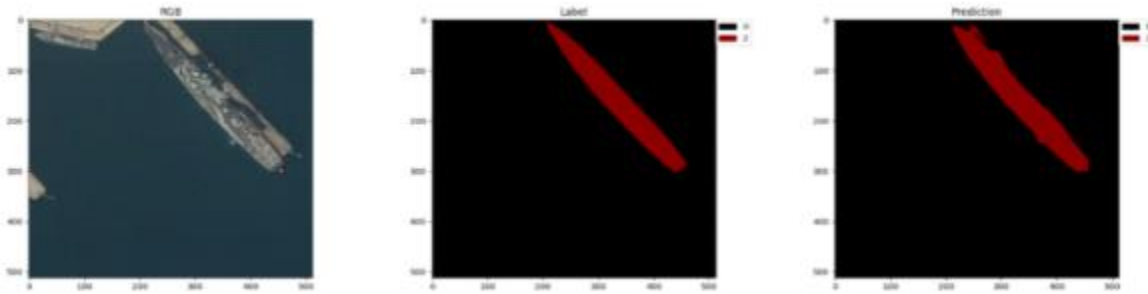


Figure 4: Training and validation metrics over 70 epochs.

	cls_0	cls_1	cls_2	cls_3	total
acc	0.98	0.98	0.98	0.99	0.98
pre	0.98	0.68	0.96	0.0	0.93
rec	0.98	0.47	0.63	0.0	0.67
f-score	0.99	0.67	0.7	0.0	0.89
iou	0.98	0.72	0.59	0.0	0.64
loss	-----	-----	-----		0.38

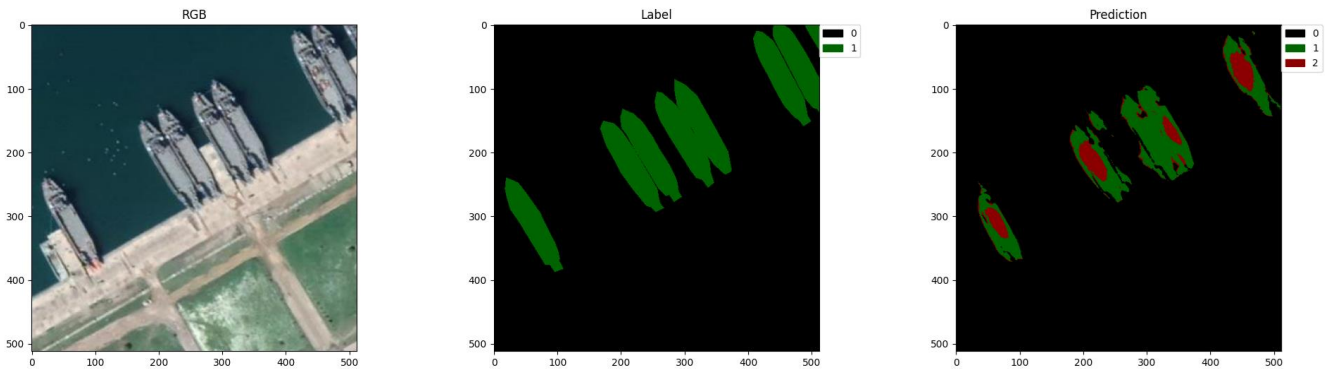
Παρατηρούνται στον πίνακα των σετ ελέγχου (test set set) τιμές και για τις 4 κλάσεις. Φαίνεται ότι την κλάση 0 που είναι το έδαφος- θάλασσα το μοντέλο την ανιχνεύει με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Επίσης η συνάρτηση κόστους loss στις κλάσεις είναι παύλα γιατί αυτή έχει μία τιμή η οποία προκύπτει από όλες τις κλάσεις. Στην κλάση 3 οι τιμές των παραμέτρων είναι 0 διότι το μοντέλο δεν έχει εκπαιδευτεί καλά στη κλάση αυτή, εώς καθόλου. Σημειώνεται ότι η τιμή της loss δεν είναι στα επιθυμητά επίπεδα καθώς είναι πολύ μακριά από το 0, όπως και η τιμή της μετρικής IOU η οποία δε τείνει στο 1. Εστιάζοντας στην κλάση 0 παρατηρούνται αρκετά μεγάλες τιμές σε αυτή. Αυτό σημαίνει ότι μοντέλο έχει προβλέψει σε αρκετά καλό βαθμό τη θάλασσα- ξηρά.



Εικόνα 41:

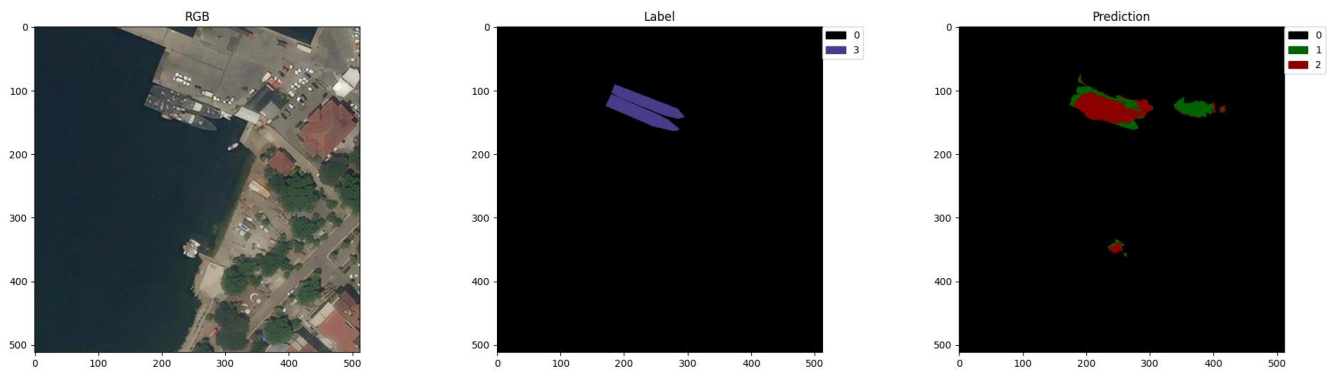
Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου

Στις δυο τελευταίες εικόνες (Εικόνα 41) υποδεικνύονται οι κλάσεις, όπου είναι η κλάση 2 και η κλάση 0. Στην predicted εικόνα παρατηρείται ότι το μοντέλο βρίσκει την σωστή κλάση, που είναι η κλάση 2 (κατηγορία φρεγάτες). Φαίνεται ότι υπάρχουν εξογκώματα καθώς και ατέλειες γύρω από το πλοίο σε σχέση με το label .



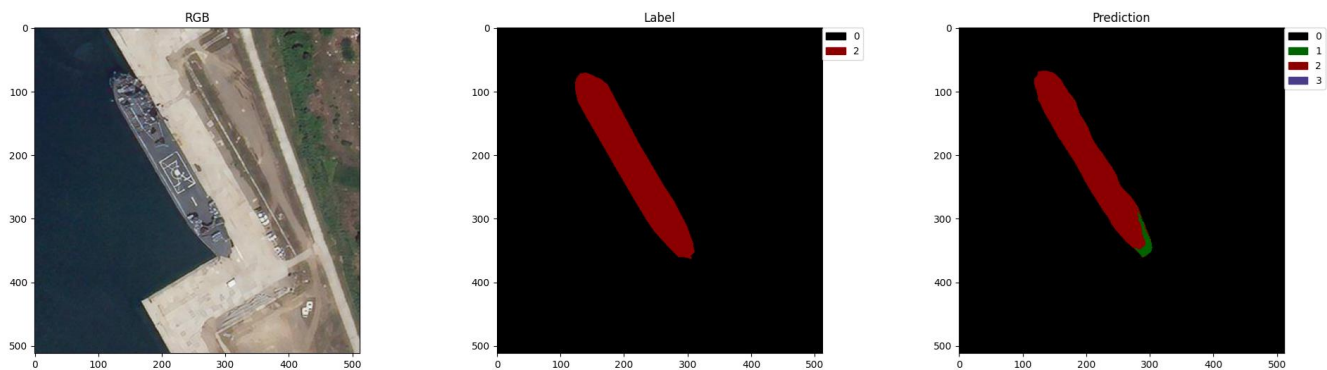
Εικόνα 42: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου

Στην Εικόνα 42 φαίνεται στη κανονικοποιημένη εικόνα (label) ότι υπάρχει μία κλάση, η κλάση 1. Παρατηρείται έντονα ότι έχουν μπερδευτεί οι κλάσεις συγκεκριμένα η κλάση 1 με την κλάση 2, οποία δεν υπάρχει στο label και επίσης λείπουν κάποια μέρη των πλοίων, ενώ τα πλοία φαίνονται κολλημένα.



Εικόνα 43: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου

Στην Εικόνα 43 και συγκεκριμένα στο label υπάρχουν δύο κλάσεις, η κλάση 0 και η κλάση 3. Στην predicted εικόνα παρατηρείται ότι δεν ανιχνεύονται σωστά οι κλάσεις. Δηλαδή φαίνονται άλλες κλάσεις εκτός από την κλάση 3, η κλάση 2 και η κλάση 1.



Εικόνα 44: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου

Στο label δίνονται δύο κλάσεις, όπως φαίνεται στην Εικόνα 44. Η εικόνα που προβλέπει το μοντέλο παρουσιάζει 4 κλάσεις μαζί με την κλάση 0. Σε γενικές γραμμές το μοντέλο έχει ανιχνεύσει το πλοίο (σαν σχήμα) αλλά όχι την κλάση στην οποία ανηκει, αφού μπερδεύει και τις τρεις κλάσεις.

4.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα πρώτα αποτελέσματα τα οποία πρέπει να αξιολογήσουμε είναι αυτά του διαχωρισμού του πολεμικού πλοίου από την θάλασσα- έδαφος (ship- no ship). Κοιτάζοντας τα πειράματα και τις εικόνες συμπεραίνεται ότι σε ένα μεγάλο βαθμό το μοντέλο ανιχνεύει τα πολεμικά πλοία και τα διαχωρίζει από την θάλασσα ή το έδαφος (το μαύρο- μπλε χρώμα αποτελεί την θάλασσα ή το έδαφος και οποιοδήποτε άλλο χρώμα το πολεμικό πλοίο). Βέβαια υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις όπου από το πλοίο λείπει ένα

μικρό μέρος του. Μπορεί επίσης το πλοίο να φαίνεται και πιο μεγάλο, επειδή είναι ακινητοποιημένο δίπλα σε λιμάνι να προστίθεται και ένα μέρος του λιμανιού. Σε κάποια πειράματα το πλοίο εμφανίζεται σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό ολόκληρο αλλά μπορεί να έχει κάποιες ατέλειες, δηλαδή να υπάρχουν κάποια εξογκώματα, τα οποία στην πραγματικότητα να μην υφίσταται. Ακόμα όταν τα πλοία βρίσκονται κοντά μεταξύ τους πολλές φορές στις εικόνες που προβλέπει το μοντέλο απεικονίζονται κολλημένα. Οι μετρικές δείχνουν ότι τα αποτελέσματα είναι καλύτερα στο no ship, δηλαδή ανιχνεύεται καλύτερα το έδαφος ή η θάλασσα. Σε γενικές γραμμές το μοντέλο λειτουργεί σε καλό επίπεδο καθώς στα περισσότερα πειράματα υπάρχει το επιθυμητό αποτέλεσμα για το λόγο ότι διαχωρίζεται σωστά η θάλασσα και το έδαφος με το πολεμικό πλοίο. Καλό είναι να αναφερθεί ότι σε κάποια πειράματα το μοντέλο βρίσκει 'πράγματα' που είναι κοντά στο πλοίο, όπως σημαδούρες, κύματα. Υπάρχουν όμως και περιθώρια βελτίωσης.

Όσον αφορά των διαχωρισμό των πλοίων και την τοποθέτησή τους στις διάφορες κλάσεις παρατηρείται ότι δεν υφίσταται σε μεγάλο βαθμό το επιθυμητό αποτέλεσμα σε αντίθεση με το ship- no ship. Όπως φάνηκε και στα πειράματα, οι μετρικές δεν είναι οι επιθυμητές με αποτέλεσμα να μην υπάρχει και το αντίστοιχο αποτέλεσμα και στις εικόνες που προβλέπει το μοντέλο. Πολλές φορές μπλέκονται και οι κατηγορίες μεταξύ τους, δηλαδή σε ένα πλοίο μπορεί να αντιστοιχούν δύο και τρεις κλάσεις. Επίσης οι μετρικές για το no ship κυμαίνονται σε καλό επίπεδο, πράγμα που σημαίνει ότι ανιχνεύεται το έδαφος και η θάλασσα σε καλό βαθμό. Αυτό φαίνεται και στις εικόνες εκτός από τους πίνακες και τα διαγράμματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω και όλα όσα ειπώθηκαν στην μελέτη αυτή παρατηρείται πως έχει γίνει έρευνα όσων αφορά τα πολεμικά πλοία των δύο αντίπαλων χωρών, της Ελλάδας και της Τουρκίας. Οι δύο χώρες διαθέτουν πληθώρα πλοίων, τα οποία έχουν διάφορους τύπους και αρκετές κατηγορίες πλοίων. Για αυτό το λόγο χρειάστηκε να διαχωριστούν οι εκάστοτε κατηγορίες. Έτσι παρουσιάζονται διαφορετικές κατηγορίες για την χώρα της Ελλάδας και για την χώρα της Τουρκίας. Κάποιες κατηγορίες μπορεί να είναι κοινές, όπως για παράδειγμα οι φρεγάτες, τα παράκτια περιπολικά κτλ, βέβαια με διαφορετικούς όμως τύπους πλοίων από διαφορετικές κατασκευαστικές εταιρείες. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε κάποιες κατηγορίες όπως τα αποβατικά πλοία, πλοία υποστήριξης, οι κομβέρτες, υδρογραφικά και άλλα.

Στην συνέχεια με την βοήθεια του qgis και των υποβάθρων της Google αλλά και της Bing έγινε λήψη δορυφορικών εικόνων αυτών των διάφορων πλοίων έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα για την συνέχεια ώστε να γίνει η μελέτη. Αυτό ήταν ένα δύσκολο κομμάτι της εργασίας καθώς επειδή οι εικόνες αυτές αποτελούν στρατιωτικές πληροφορίες δεν είναι εύκολο να βρεθούν. Τρανταχτό παράδειγμα αποτελεί το υπόβαθρο της Google το οποίος στις ελληνικές βάσεις είχε σβησμένες τις εικόνες του. Εφόσον βρέθηκε ένας αριθμός δεδομένων- εικόνων έγινε ο διαχωρισμός των επιμέρους κατηγοριών των πλοίων (πλοία Ελλάδας και πλοία Τουρκίας). Με την βοήθεια του qgis μετατράπηκαν τα διανυσματικά δεδομένα (vector) της ψηφιοποίησης σε κανονικοποιημένα (raster), σε εικόνες με αντίστοιχες διαστάσεις, οι οποίες έχουν τιμή 0 για θάλασσα / ξηρά και τιμή 1 για πλοίο (label images).

Επιπροσθέτως δημιουργήθηκε ένα μοντέλο (στο οποίο γράφτηκε ο προβλεπόμενος κώδικας) το οποίο θα δέχεται εικόνες RGB και το αντίστοιχο label και θα προβλέπει αν σε αυτό το χάρτη έχουμε πλοίο ή όχι και αυτό σε πρώτη φάση. Θα γίνεται δηλαδή ο διαχωρισμός του πλοίο με την θάλασσα- έδαφος. Σε δεύτερη φάση το μοντέλο θα προβλέπει σε ποια κατηγορία βρίσκεται το συγκεκριμένο πλοίο -πλοία.

5.1.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΑ-ΕΛΑΦΟΣ (SHIP- NO SHIP)

Βάσει των πειραμάτων η εφαρμογή του μοντέλου είναι σωστή όταν υπάρχουν λίγα πλοία. Επίσης όταν υπάρχουν και περισσότερα πλοία αλλά είναι σε απόσταση μεταξύ τους, δηλαδή δεν είναι κολλητά το ένα

με το άλλο. Στις εικόνες που προβλέπονται από το μοντέλο όταν τα πλοία είναι πολύ κοντά μεταξύ τους πολλές φορές ή λείπει κάποιο κομμάτι τους ή μπορεί να προσθέτονται και επιπλέον κομμάτια σε αυτά ή ακόμα μπορεί να παρουσιάζονται κολλημένα. Επίσης αν το έδαφος είναι τραχύ ή έχει ατέλειες ή ακόμα αν στο έδαφος υπάρχουν οπλικά συστήματα τότε το μοντέλο μπορεί να τα αναγνωρίσει και αυτά σαν ένα κομμάτι του πλοίου. Κάποιες φορές αναγνωρίζει και τα κύματα ως ένα μέρος του πλοίου. Πολύ σημαντική και βασική παρατήρηση είναι ότι όσο περισσότερα είναι τα δεδομένα που διαθέτουμε τόσο καλύτερα λειτουργεί το μοντέλο, δηλαδή εκπαιδεύεται καλύτερα και δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Το μειονέκτημα στην περίπτωση των πολεμικών πλοίων είναι ότι δεν υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε ναυτικές βάσεις και σε σημεία που βρίσκονται αυτά τα πλοία καθώς αποτελούν στρατιωτικές πληροφορίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μειωμένος αριθμός δεδομένων. Το συμπέρασμα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα υπάρχουν τόσο καλύτερα θα ανιχνεύει τα πλοία το μοντέλο και θα υπάρχουν.

5.1.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΑ-ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΚΛΑΣΗΣ- ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΠΛΟΙΟΥ

Ουσιαστικά τα συγκεκριμένα πειράματα είναι μια συνέχεια των προηγούμενων πειραμάτων, δηλαδή το μοντέλο βρίσκει το πολεμικό πλοίο και το διαχωρίζει από την θάλασσα ή το έδαφος. Στην συνέχεια τα πλοία διαχωρίζονται σε κλάσεις- κατηγορίες, την κλάση 1, την κλάση 2, την κλάση 3. Παρατηρώντας τα παραδείγματα φαίνεται ότι σε αρχικό στάδιο το μοντέλο έχει κάποια προβλήματα στο διαχωρισμό των πλοίων καθώς από τα πλοία λείπουν κάποια σημεία ή έχουν ατέλειες, όπως εξογκώματα. Η κλάση 2 είναι η κλάση που έχει τα καλύτερα αποτελέσματα, ενώ αυτή με τα χειρότερα είναι η κλάση 3. Το συμπέρασμα η κλάση 2 έχει τα περισσότερα δεδομένα, ενώ η κλάση 3 έχει τα λιγότερα με αποτέλεσμα να μην εκπαιδεύεται καλά το μοντέλο σε αυτή την κλάση. Όσων αφορά τις κλάσεις πολλές φορές μπερδεύονται μεταξύ τους, δηλαδή σε ένα πλοίο μπορεί να αναφέρονται πάνω από μία κλάσεις. Σημαντικό είναι ότι σε αρκετές περιπτώσεις το μοντέλο μπορεί και διαχωρίζει σε ένα καλό βαθμό το πλοίο με το έδαφος- θάλασσα.

Τέλος ένα γενικό συμπέρασμα είναι ότι τα καλύτερα πειράματα είχαν $bsz=5$, $lr=0.01$ ή 0.001 , $optm=2$, $mom=0.8$ ή 0.99 , $depth=5$ ή 6 , $dcd=upSample$.

5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Ένα συμπέρασμα από όλη αυτή την διαδικασία είναι ότι το μοντέλο λειτουργεί σωστά και σε ένα θετικό βαθμό στο διαχωρισμό των πλοίων από την θάλασσα- έδαφος. Λόγω του ότι τα δεδομένα αποτελούν στρατιωτικά δεδομένα καθότι είναι πολεμικά πλοία, οι δυνατότητες είναι περιορισμένες στο να βρεθούν αρκετά απ αυτά. Αυτό το πράγμα εμποδίζει και την συλλογή περισσότερων. Το μοντέλο U-Net όπως και τα περισσότερα μοντέλα προκειμένου να λειτουργήσει σε ένα ικανοποιητικό βαθμό χρειάζεται όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα. Οπότε αν υπάρχουν σχετικά λίγα δεδομένα δεν θα υπάρχει και το

επιθυμητό και αναμενόμενο αποτέλεσμα. Αυτό φαίνεται και στα πειράματα τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω. Θεωρητικά ένας αξιόλογος αριθμός εικόνων ώστε να υπάρχει μια σιγουριά ότι θα λειτουργήσει το μοντέλο στο καλύτερο βαθμό είναι περίπου 1000 εικόνες, πράγμα που σημαίνει ότι χρειάζονται πολύ περισσότερα δεδομένα στην παρούσα μελέτη, αφού οι εικόνες που μελετήθηκαν και επεξεργάστηκαν είναι 84. Ένας τρόπος για να γίνει μια σωστή λήψη δεδομένων και να ληφθούν αρκετές εικόνες από τα διάφορα πλοία είναι να απογειωθεί ένα αεροπλάνο ή drone με κάμερα υψηλής ευκρίνειας και να απαθανατίσει όσο το δυνατόν περισσότερες φωτογραφίες. Ένας λόγος είναι ότι οι εικόνες δεν θα χρειάζονται ψάξιμο από τους δορυφόρους, που συνεπάγεται πολύ λιγότερος χρόνος. Επίσης θα υπάρχει καλύτερη ανάλυση φωτογραφιών έχοντας βέβαια και την κατάλληλη κάμερα. Καλό θα ήταν αν δεν γίνεται αυτό που προαναφέρθηκε, καθώς αποτελεί κίνηση με μεγάλο κόστος, να υπάρχει πρόσβαση και σε περισσότερους δορυφόρους. Αυτό θα είναι σημαντικό καθώς θα μπορέσει να γίνει συλλογή ακόμη περισσότερων δεδομένων. Τέλος με την προϋπόθεση ότι θα υπάρχουν πολύ περισσότερα δεδομένα μπορεί να γίνουν βελτιωτικές παρεμβάσεις και εφαρμογές στο μοντέλο ώστε να εξέλθουν καλύτερα αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Kaggle Novice (2018): “*Ships in Satellite Imagery*”: <https://www.kaggle.com/rhammell/ships-in-satellite-imagery>
- [2] Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, and Thomas Brox (2015): “*U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation*”: Computer Science Department and BIOS Centre for Biological Signalling Studies, University of Freiburg, Germany : <https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf>
- [3] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun (2017): “*Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks*”: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27295650/>
- [4] Liu Z., Yuan L., Weng L. and Yang Y. (2017): “*A High Resolution Optical Satellite Image Dataset for Ship Recognition and Some New Baselines*”: In Proceedings of the 6th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods - Volume 1: ICPRAM, ISBN 978-989-758-222-6, pages 324-331.
- [5] S. Karki and S. Kulkarni (2021): “*Ship Detection and Segmentation using Unet,*”: *International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT)*, 2021, pp. 1-7
- [6] Jeremy Jordan (2018): “*Evaluating image segmentation models*”: <https://www.jeremyjordan.me/evaluating-image-segmentation-models/#:~:text=Intersection%20over%20Union%20The%20Intersection%20over%20Union%20%28IoU%29,often%20used%20as%20a%20loss%20function%20during%20training.>
- [7] Samarth Agrawal (2021): “*How to split data into three sets (train, validation, and test) And why?*”: <https://towardsdatascience.com/how-to-split-data-into-three-sets-train-validation-and-test-and-why-e50d22d3e54c>
- [8] Olaf Ronneberger, Philip Fisher, Thomas Brox (2015): “*U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation*”: <https://arxiv.org/abs/1505.04597v1>

[9] Yao Chen, Tao Duan, Changyuan Wang, Yuanyuan Zhang, and Mo Huang (2021): “*End-to-End Ship Detection in SAR Images for Complex Scenes Based on Deep CNNs*”: Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China:

<https://www.hindawi.com/journals/js/2021/8893182/>

[10] Shuchen Du (2020): “*Understanding Dice Loss for Crisp Boundary Detection*”: <https://medium.com/ai-salon/understanding-dice-loss-for-crisp-boundary-detection-bb30c2e5f62b>

[11] Harikrishnan N.B. (2019): “*Confusion Matrix, Accuracy, Precision, Recall, F1 Score*”: <https://medium.com/analytics-vidhya/confusion-matrix-accuracy-precision-recall-f1-score-ade299cf63cd>

[12] Alexander Kirillov and Kaiming He and Ross Girshick and Carsten Rother and Piotr Dollár (2019): “*Panoptic Segmentation*”:1801.00868: arXiv: cs.CV

[13] Diederik P. Kingma and Jimmy Ba (2017): “*Adam: A Method for Stochastic Optimization*”: kingma2017adam: 1412.6980: arXiv: cs.LG

[14] John Duchi and Elad Hazan and Yoram Singer (2011): “*Adaptive Subgradient Methods for Online Learning and Stochastic Optimization*”: Journal of Machine Learning Research: JMLR:v12:duchi11a : pp. 2121-2159: <http://jmlr.org/papers/v12/duchi11a.html>

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	9
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ- ΣΤΟΧΟΙ	10
1.3 ΔΟΜΗ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	12
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	12
2.1 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	12
2.2 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ U-NET	13
2.3 ΣΥΝΟΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	14
2.4 ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....	19
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	19
3.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	19
3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΩΝ.....	23
3.3 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ	24
3.3.1 ΕΥΡΕΣΗ ΜΗΚΟΥΣ (ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΛΟΙΟΥ) ΜΕ ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ MEASURE LINE	25
3.3.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ SHAPFILE.....	26
3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΟΛΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	30
3.5 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ, ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗΣ	35
3.5.1 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ ΟΣΩΝ ΑΦΟΡΑ ΤΟΥΣ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	35
3.6 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ.....	41
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	41
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	41
4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ Ή ΕΛΑΦΟΥΣ (SHIP- NO SHIP)	41
4.1.1 ΠΕΙΡΑΜΑ 1.....	41
4.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑ 2.....	44
4.1.3 ΠΕΙΡΑΜΑ 3.....	47
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ Ή ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΚΛΑΣΗΣ- ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΠΛΟΙΟΥ	49
4.2.1 ΠΕΙΡΑΜΑ 4.....	50
4.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	55
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....	55
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	55
5.1.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΑ- ΕΛΑΦΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΚΛΑΣΗΣ- ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΠΛΟΙΟΥ	56
5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	60
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	63

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	68
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΩΝ.....	69
ΦΡΕΓΑΤΕΣ	69
ΤΑΧΕΑ ΠΕΡΙΠΟΛΙΚΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΩΝ ΒΛΗΜΑΤΩΝ (ΤΠΚ)	71
ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΠΟΛΙΚΑ	73
ΠΛΟΙΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	74
ΚΑΝΟΝΙΟΦΟΡΟΙ Κ/Φ	78
ΝΑΡΚΟΘΗΡΕΥΤΙΚΑ – ΝΑΡΚΑΛΙΕΥΤΙΚΑ	93
ΠΛΟΙΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΕΩΣ.....	94
ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ	95
ΠΟΛΕΜΙΚΑ ΠΛΟΙΑ ΤΟΥΡΚΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ	108
ΦΡΕΓΑΤΕΣ.....	108
CORVETTES	110
FAST PATROL BOATS.....	112
MINE HUNTERS.....	115
HYDROGRAPHIC VESSEL.....	117
AG CLASS SHIPS	118
TANKERS	119
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΟΙΟ ORUC REIS.....	121
AMPHIBIONS SHIPS	121
AUXILIARY	126
COAST GUARDS.....	131

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1: Μοντέλο U-Net.....	14
Εικόνα 2: Απεικόνιση Πλοίου.....	15
Εικόνα 3: Συντελεστής Dice	17
Εικόνα 4: Περιοχή Αττάλειας, Τουρκία	20
Εικόνα 5: Περιοχή Αρτάκης και Deniz Ussu Erdek, Τουρκία	20
Εικόνα 6: Περιοχή Σμύρνης, Τουρκία	20
Εικόνα 7: Περιοχή Σαλαμίνας, Ελλάδα	21
Εικόνα 8: Περιοχή Σουδας, Ελλάδα	21
Εικόνα 9: Περιοχή Λέσβου, Ελλάδα.....	22
Εικόνα 10: Σβησμένη εικόνα από την περιοχή της Σαλαμίνας από το υπόβαθρο της google satellite...22	
Εικόνα 11: Εικόνα από την περιοχή της Σαλαμίνας από το υπόβαθρο της bing	23
Εικόνα 12: Τουρκική φρεγάτα gabya.....	25
Εικόνα 13: Εργαλεία του qgis.....	25
Εικόνα 14: Φρεγάτα gabya με το εργαλείο measure line	26
Εικόνα 15: Δημιουργία shape file	27
Εικόνα 16: Παράθυρο δημιουργίας shapefile	28
Εικόνα 17: Shapefile	28
Εικόνα 18: Εργαλεία qgis	29
Εικόνα 19: Δημιουργία πολυγώνου και ορισμός id	30
Εικόνα 20: Πολύγωνο	31
Εικόνα 21: Πολύγωνο	31
Εικόνα 22: Τελικό raster.....	32
Εικόνα 23: Τελικό raster.....	32
Εικόνα 24: Χάρτης σε εικόνα	33
Εικόνα 25: Χάρτης σε εικόνα	34
Εικόνα 26: Εκτέλεση εντολής unet_main.py- εμφάνιση παραμέτρων	39
Εικόνα 27: Μετρικές Εκτίμησης Απόδοση για το Πείραμα 1	42
Εικόνα 28: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα	43
Εικόνα 29: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα	43
Εικόνα 30: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα	44
Εικόνα 31: Διαχωρισμός πλοίου με έδαφος- θάλασσα	44
Εικόνα 32: Μετρικές Εκτίμησης Απόδοσης στο Πείραμα 2.....	45
Εικόνα 33: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος	46
Εικόνα 34: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος	46
Εικόνα 35: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος.....	46
Εικόνα 36: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος	47
Εικόνα 37: Μετρικές Εκτίμησης Απόδοσης στο Πείραμα 3.....	48
Εικόνα 38: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα -έδαφος	49
Εικόνα 39: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα -έδαφος	49
Εικόνα 40: Μετρικές Εκτίμησης Απόδοσης στο Πείραμα 4.....	51
Εικόνα 41: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου	52
Εικόνα 42: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου	52
Εικόνα 43: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου	53

Εικόνα 44: Διαχωρισμός πλοίου με θάλασσα- έδαφος και ανάδειξη της εκάστοτε κατηγορίας-κλάσης του πλοίου	53
Εικόνα 45: Φρεγάτα ΜΕΚΟ	69
Εικόνα 46: Φρεγάτα τύπου S	70
Εικόνα 47: Ταχεία περιπολικά κατευθυνόμενων βλημάτων	71
Εικόνα 48: Πυραυλάκατος τύπου la combattante IIIb	71
Εικόνα 49: Πυραυλάκατος τύπου 148	72
Εικόνα 50: Πυραυλάκατος τύπου Ρουσσεν	72
Εικόνα 51: Πάρακτιο περιπολικό τύπου Αντωνίου	73
Εικόνα 52: Πλοίο ταχείας μεταφοράς Κεφαλληνία	74
Εικόνα 53: Πλοίο ταχείας μεταφοράς Ιθάκη	75
Εικόνα 54: Πλοίο ταχείας μεταφοράς Κέρκυρα	76
Εικόνα 55: Πλοίο ταχείας μεταφοράς Ζάκυνθος	80
Εικόνα 56: Κ/Φ Ναύμαχος (P-19).....	82
Εικόνα 57: Κ/Φ Αρματωλός (P-18)	83
Εικόνα 58: Κ/Φ Πολεμιστής	85
Εικόνα 59: Κ/Φ Κάσος (P-57)	86
Εικόνα 60: Κ/Φ Όρμη (P-230).....	88
Εικόνα 61: Κ/Φ Τόλμη (P-229).....	89
Εικόνα 62: Τύπου Osprey HSY 56A.....	95
Εικόνα 63: Αρματαγωγό	95
Εικόνα 64: Ναρκοθηρευτικό- Ναρκαλιετικό	98
Εικόνα 65: Πετρελαιοφόρο	100
Εικόνα 66: Υδροφόρο.....	101
Εικόνα 67: Πλοίο Φάρων	103
Εικόνα 68: Αποβατικό.....	104
Εικόνα 69: Φραγματοθετίδα	104
Εικόνα 70: Πλωτοί Γερανοί	105
Εικόνα 71: Πλοίο Μεταφοράς Προσωπικού.....	106
Εικόνα 72: Πλοίο Μεταφοράς Τορπιλών.....	106
Εικόνα 73: Ρυμούλκο	107
Εικόνα 74: Υδρογραφικό- Ωκεανογραφικό.....	108
Εικόνα 75: Yavuz frigate	109
Εικόνα 76: Barbaros frigate	110
Εικόνα 77: Gabya frigate	111
Εικόνα 78: Burak	112
Εικόνα 79: Ada.....	112
Εικόνα 80: Dogan Fast patrol.....	113
Εικόνα 81: Ruzgar Fast Patrol	114
Εικόνα 82: Tuzla Fast Patrol	115
Εικόνα 83: Yildiz Fast Patrol	115
Εικόνα 84: Engin Mine Hunter	116
Εικόνα 85: Seydi Mine Hunter.....	117
Εικόνα 86: Cubuklu Hydrographic Vessel	119
Εικόνα 87: TCG AG-5 A-158) Ag class ship	119
Εικόνα 88: Tanker	120
Εικόνα 89: Tanker	120
Εικόνα 90: Personal Transport Ship.....	121
Εικόνα 91: Oruc Reis Ερευνητικό Πλοίο.....	122

Εικόνα 92: Osmangazi Class Amphibion Ship	123
Εικόνα 93: Sarucabey Class Amphibion Ship	123
Εικόνα 94: Bayraktar Class Amphibion Ship	124
Εικόνα 95: New Type LCT Class Amphibion Ship	125
Εικόνα 96: Edit Type LCT Class Amphibion Ship	126
Εικόνα 97: C-302 LCM Class Amphibion Ship.....	127
Εικόνα 98: Alemdar Auxiliary Ship	128
Εικόνα 99: Isin Class Auxiliary Ship	128
Εικόνα 100: Akar Class Auxiliary Ship	129
Εικόνα 101: Logistics Support Auxiliary Ship	130
Εικόνα 102: Iskenderun Class Auxiliary Ship	131
Εικόνα 103: Ezayirli Hasan Pasa (Rhein) Class Auxiliary Ship.....	132
Εικόνα 104: Dost Class Coast Guard.....	133
Εικόνα 105: Kaan Class Coast Guard.....	133
Εικόνα 106: Sar 33 Class Coast Guard	134
Εικόνα 107: Sar 35 Class Coast Guard	135
Εικόνα 108: Type 80 Class Coast Guard.....	136

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΩΝ

ΦΡΕΓΑΤΕΣ

ΦΡΕΓΑΤΑ ΤΥΠΟΥ 'ΜΕΚΟ – ΗΝ200'



Εικόνα 45:

Φρεγάτα ΜΕΚΟ

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μήκος: 117m
2. Πλάτος: 14,8 m

3. Ύψος: 6 μέτρα
4. Εκτόπισμα: 3.350 τόνους
5. Πρόωση: CODOG (Combined Diesel Or Gas) 2 αεροστρόβιλοι LM2500 και 2 diesel MTU20V
6. Ταχύτητα: 30 κόμβοι
7. Πλήρωμα: Δυνατότητα Ενδιαιτήσεως 220 ατόμων
8. Οπλισμός: 1 πυροβόλο 5 ιντσών/54, 2 συστήματα εγγύς προστασίας Phalanx, 8 Κ/Β Ε/Ε Harpoon, 16 Κ/Β Ε/Α ESSM (Evolved Sea Sparrow Missile) , 2 τριπλούς Τ/Λ Mk32, εκτοξευτής ΗΝ αντιμέτρων και ανάλογο ΗΝ εξοπλισμό. Δύναται να μεταφέρει ένα Ελικόπτερο S-70B-6 Aegean Hawk.

ΦΡΕΓΑΤΑ ΤΥΠΟΥ 'S'



Εικόνα 46:

Φρεγάτα τύπου S

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Κατασκευάστρια εταιρεία: ROYAL SCHELDE-HOLLAND
2. Μέγιστο μήκος: 130,5 μέτρα
3. Μέγιστο πλάτος: 14,60 μέτρα
4. Μέγιστο βύθισμα: 6,5 μέτρα
5. Εκτόπισμα: 3500 τόν.
6. Μέγιστη ταχύτητα: 32 κόμβοι
7. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας: 4700ν.μ
8. Ενδιαιτήσεις: 202 άτομα
9. Αεροστρόβιλοι πορείας: Rolls Royce TYNE 2 X 5340 bhp
10. Κύριοι αεροστρόβιλοι: Rolls Royce OLYMPUS 2 x 28000 bhp
11. Ηλεκτρομηχανες: PIELSTICK 4X750 Kwatt SEWACO: DAISY ESM / ECM
12. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ: SHF - HF - VHF – UHF K/B: SSM HARPOON - SAM SEA SPARROW
Π/Β: ΟΤΟ MELARA 76/62
13. Ελικόπτερα: Ένα (1) SH -70 B AEGEAN HAWK ή δύο (2) AB-212

ΤΑΧΕΑ ΠΕΡΙΠΟΛΙΚΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΩΝ ΒΛΗΜΑΤΩΝ (ΤΠΚ)

Πυραυλάκατοι (ΤΠΚ) τύπου LA COMBATTANTE III



Εικόνα 47: Ταχεία περιπολικά

κατευθυνόμενων βλημάτων

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 56,2 / 8,3 / 2,7 μέτρα
2. Εκτόπισμα: 430 τόνους
3. Πρόωση: 4 Diesel MTU MD 20V 538 TB91 Ταχύτητα: 33,5 κόμβοι
4. Πλήρωμα: 43
5. Οπλισμός: 2 πυροβόλα ΟΤΟ MELARA 76mm, 4 Κ/Β Exocet MM38 ή Κ/Β HARPOON, 2 δίδυμα αντιαεροπορικά Emerlec Electric 30mm, 2 τορπιλοσωλήνες τηλεκατευθυνόμενων τορπιλών SST-4



Εικόνα 48: Πυραυλάκατος τύπου

la combattante IIIb

ΠΥΡΑΥΛΑΚΑΤΟΙ (ΤΠΚ) ΤΥΠΟΥ 148



Εικόνα 49: Πυραυλάκατος τύπου

148

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 47/7/2,7 μέτρα
2. Εκτόπισμα: 265 τόνους
3. Πρόωση: 4 MTU
4. Ταχύτητα: 36 κόμβοι
5. Πλήρωμα: 41
6. Οπλισμός: 4 Κ/Β Exocet (P-72,P-73), 4 Κ/Β Harpoon (P-75), 1 πυροβόλο 76mm ΟΤΟ Melara, 1 αντιαεροπορικό Bofors 40 mm, 20 νάρκες

ΠΥΡΑΥΛΑΚΑΤΟΙ (ΤΠΚ) ΤΥΠΟΥ ΡΟΥΣΣΕΝ



Εικόνα 50: Πυραυλάκατος τύπου Ρουσσεν

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 61,9 / 9,5 / 2,8 μέτρα
2. Εκτόπισμα: 670 τόνους
3. Πρόωση: 4 MTU 16V 595 TE 90
4. Ταχύτητα: 34,5 κόμβοι
5. Πλήρωμα: 45
6. Οπλισμός: 8 Κ/Β Ε-Ε Exocet MM-40 Blk2 / Blk3, 1 πυροβόλο 76mm / 62 Super Rapido της ΟΤΟΒΡΕΔΑ , 2 πυροβόλα 30mm της ΟΤΟΒΡΕΔΑ, 1 αντιβληματικό σύστημα (CIWS) GLMS RAM το οποίο φέρει 21 Κ/Β

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΠΟΛΙΚΑ

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΠΟΛΙΚΑ (ΠΠΚ) ΤΥΠΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟΥ

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 32/5,75/1,55 μέτρα
2. Εκτόπισμα: 80 τόνους
3. Πρόωση: 4 MTU 1350 hp η καθεμία Ταχύτητα: 29 κόμβοι
4. Πλήρωμα: 19
5. Οπλισμός: 1 πυροβόλο 40mm, 1 πυροβόλο 20mm



τύπου Αντωνίου

Εικόνα 51: Πάρακτιο περιπολικό

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΠΟΛΙΚΑ (ΠΠ) ΤΥΠΟΥ NASTY

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 24,4/5,5/2,1 μέτρα
2. Εκτόπισμα: 69/76 τόνους
3. Πρόωση: 4 Diesel 3.100 bhp
4. Ταχύτητα: 41 κόμβοι
5. Πλήρωμα: 20
6. Οπλισμός: 2 πυροβόλα 40mm

ΠΛΟΙΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΠΛΟΙΟ ΤΑΧΕΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ



Εικόνα 52: Πλοίο

ταχείας μεταφοράς Κεφαλληνία

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 57,3μ / 25,6μ / 21,9μ Εκτόπισμα: 555 τ
2. Αιώρηση: 2 Α/Σ ZORYA 10000 HP
3. Πρόωση: 3 Α/Σ ZORYA 10000 HP
4. Ταχύτητα: 60 κόμβοι
5. Πλήρωμα: 33

6. Μεταφορική ικανότητα: Τρία άρματα πενήντα τόνων, ή Δέκα ΤΟΜΠ, ή Οκτώ ΤΟΜΑ, ή Πεντακόσιοι στρατιώτες
7. Οπλισμός: 2x ΑΚ 630 εξάκαννα Gatling των 30mm, 2 x MS-227 εκτοξευτές ρουκετών των 22 σωλήνων έκαστος, διαμέτρου 140mm

Τα Πλοία Ταχείας Μεταφοράς (ΠΤΜ) τύπου ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ (Ρωσική ονομασία ZUBR - Νατοϊκή ονομασία ΡΟΜΟΡΝΙΚ) είναι σήμερα τα μεγαλύτερα σε μέγεθος αερόστρωμα αποβατικά σκάφη (Air - Cushion Landing Craft) στον κόσμο και αποτελούν την τέταρτη γενιά αεροστρομένων σκαφών. Το ΠΤΜ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ είναι το πρώτο ΠΤΜ που παρελήφθηκε από το ΠΝ. Είναι Ρωσικής προελεύσεως και σχεδιάσεως σύμφωνα με το πρόγραμμα 12322 με Ser . Νο 104. Ναυπηγήθηκε το 1993 στο ναυπηγείο της εταιρίας ALMAZ της Αγίας Πετρούπολης και παρα-δόθηκε στο Ρωσικό Ναυτικό το 1994 με τον αριθμό 717. Το έτος 2000 υπογράφηκε σύμβαση μεταξύ της Ελληνικής και της Ρωσικής πλευράς σύμφωνα με την οποία θα γινόταν πλήρης επισκευή όλων των συστημάτων του σκάφους με κύριες μετασκευές στα συστήματα ψύξεως ελαίου των κυρίων μηχανών, την προσθήκη δύο επιπλέον συστημάτων κλιματισμού και την προσθήκη δύο μετατροπέων ηλεκτρικής ισχύος. Τον Οκτώβριο έως Νοέμβριο του 2000 διεξήχθησαν οι έλεγχοι του σκάφους εν όρμω (harbor trials) και εν πλω (seatrials) στην Αγία Πετρούπολη Ρωσίας. Η επίσημη παραλαβή του πλοίου από το Πολεμικό Ναυτικό και η ύψωση της Ελληνικής Σημαίας έγινε στις 22 Ιανουαρίου 2001 με Κυβερνήτη τον Πλωτάρχη Χ. ΖΗΣΙΜΟΠΟΥΛΟ ΠΝ.

ΠΛΟΙΟ ΤΑΧΕΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΙΘΑΚΗ L-181



Εικόνα 53: Πλοίο ταχείας μεταφοράς

Ιθάκη

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 57,3μ / 25,6μ / 21,9μ
2. Εκτόπισμα: 555 m
3. Αιώρηση: 2 Α/Σ ZORYA 10000 HP
4. Πρόωση: 3 Α/Σ ZORYA 10000 HP
5. Ταχύτητα: 60 κόμβοι
6. Πλήρωμα: 33
7. Μεταφορική ικανότητα: Τρία άρματα πενήντα τόνων, ή Δέκα ΤΟΜΠ, ή Οκτώ ΤΟΜΑ, ή Πεντακόσιοι στρατιώτες .
8. Οπλισμός: 2x ΑΚ 630 εξακάννα Gatling των 30mm, 2 x MS-227 εκτοξευτές ρουκετών των 22 σωλήνων έκαστος, διαμέτρου 140mm

Τα Πλοία Ταχείας Μεταφοράς (ΠΤΜ) τύπου ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ (Ρωσική ονομασία ZUBR - Νατοϊκή ονομασία POMORNIK) είναι σήμερα τα μεγαλύτερα σε μέγεθος αερόστρωμα αποβατικά σκάφη (Air - Cushion Landing Craft) στον κόσμο και αποτελούν την τέταρτη γενιά αεροστρομνων σκαφών. Το ΠΤΜ ΙΘΑΚΗ είναι το δεύτερο ΠΤΜ που παρελήφθηκε από το ΠΝ. Είναι Ουκρανικής προελεύσεως και σχεδιάσεως και ναυπηγήθηκε το 1992 στο ναυπηγείο της εταιρίας MORYE στη Θεοδοσία της Ουκρανίας. Το έτος 2000 υπογράφηκε σύμβαση μεταξύ της Ελληνικής και της Ουκρανικής πλευράς. Από τον Οκτώβριο 2000 έως τον Ιανουάριο του 2001 διεξήχθησαν οι έλεγχοι του σκάφους εν όρμω (harbor trials) και εν πλω (sea trials) στη Θεοδοσία της Ουκρανίας. Η επίσημη παραλαβή του πλοίου από το Πολεμικό Ναυτικό και η ύψωση της Ελληνικής Σημαίας έγινε στις 2 Μαρτίου 2001 στο ΝΣ με Κυβερνήτη τον Πλωτάρχη Γ. ΤΑΤΑΚΟ ΠΝ.

ΠΤΜ ΚΕΡΚΥΡΑ L-182



Εικόνα 54: Πλοίο ταχείας μεταφοράς

Κέρκυρα

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 57,3μ / 25,6μ / 21,9 μ
2. Εκτόπισμα: 555 τ
3. Αιώρηση: 2 Α/Σ ZORYA 10000 HP
4. Πρόωση: 3 Α/Σ ZORYA 10000 HP
5. Ταχύτητα: 60 κόμβοι
6. Πλήρωμα: 33
7. Οπλισμός: 2x ΑΚ 630 εξακαννα Gatling των 30mm, 2 x MS-227 εκτοξευτές ρουκετών των 22 σωλήνων έκαστος, διαμέτρου 140mm
8. Μεταφορική ικανότητα: Τρία άρματα πενήντα τόνων, ή Δέκα ΤΟΜΠ, ή Οκτώ ΤΟΜΑ, ή Πεντακόσιοι στρατιώτες .

Το ΠΤΜ ΚΕΡΚΥΡΑ είναι το τέταρτο ΠΤΜ που παρελήφθη από το ΠΝ. Είναι Ρωσικής προελεύσεως και σχεδιάσεως σύμφωνα με το πρόγραμμα 12322 . Η ναυπήγησή του ξεκίνησε το 2003 στο ναυπηγείο της εταιρίας ALMAZ της Αγίας Πετρούπολης και καθελκύστηκε 25-6-2004 . Η άφιξη του στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε στις 22-12-2004. Η ένταξη του στο ΠΝ καθώς και η ύψωση Σημαίας πραγματοποιήθηκε στις 4-1-2005 με Κυβερνήτη τον Υποπλοίαρχο Η. ΚΟΥΠΛΑΚΗ ΠΝ.

ΠΤΜ ΖΑΚΥΝΘΟΣ L-183



Εικόνα 55: Πλοίο

ταχείας μεταφοράς Ζάκυνθος

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 57,3μ / 25,6μ / 21,9 μ
2. Εκτόπισμα: 555 τ
3. Αιώρηση: 2 Α/Σ ZORYA 10000 HP
4. Πρόωση: 3 Α/Σ ZORYA 10000 HP
5. Ταχύτητα: 60 κόμβοι
6. Πλήρωμα: 33
7. Μεταφορική ικανότητα: Τρία άρματα πενήντα τόνων, ή Δέκα ΤΟΜΠ, ή Οκτώ ΤΟΜΑ, ή Πεντακόσιοι στρατιώτες
8. Οπλισμός: 2x ΑΚ 630 εξάκαννα Gatling των 30mm, 2 x MS-227 εκτοξευτές ρουκετών των 22 σωλήνων έκαστος, διαμέτρου 140mm

Το ΠΤΜ ΖΑΚΥΝΘΟΣ είναι το τρίτο ΠΤΜ που παρελήφθηκε από το ΠΝ. Είναι Ρωσικής προελεύσεως και σχεδιάσεως σύμφωνα με το πρόγραμμα 12322 με Ser . No 107. Η ναυπήγησή του ξεκίνησε τον Αύγουστο του 2000 στο ναυπηγείο της εταιρίας ALMAZ της Αγίας Πετρούπολης και κατελκύστηκε τον Μάιο του 2001. Η άφιξη του στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε το Σεπτέμβριο του 2001. Η ένταξη του στο ΠΝ καθώς και η ύψωση Σημαίας πραγματοποιήθηκε στις 5 Οκτωβρίου του 2001 με Κυβερνήτη τον Υποπλοίαρχο Μ. ΤΣΕΝΕΜΠΗ ΠΝ.

ΚΑΝΟΝΙΟΦΟΡΟΙ Κ/Φ

ΤΥΠΟΥ "OSPREY-55"

Κ/Φ ΝΑΥΜΑΧΟΣ (Ρ 19)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο μήκος: 54,75 μ
2. Μέγιστο πλάτος: 10,50 μ
3. Μέγιστο βύθισμα: 3,4 μ
4. Εκτόπισμα: 516 τόνοι
5. Μέγιστη ταχύτητα: 23,7 κόμβοι
6. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας: 2800 ν.μ.

7. Ενδειατήσεις: 67 άτομα

8. Κύριες Μηχανές: Δύο MT U 12 V POWER 2 X 5000 hp KW

9. Γεννήτριες ισχύος:

a) Τρείς DEMP / MAN , με ισχύ 3 X 184 KW, RHIB

b) Μία Mostro 6,2 μ με 90 HP

c) Μία Barracuda 4,2 μ με 25 HP.

10. Οπλισμός:

a) Πυροβόλο ΟΤΟ MELARA 76/62

b) Πυροβόλο BOFFORS ΟΤΟ BRED A40L70

c) Δύο Πυροβόλα RHEIMENTAL 20mm K/B

11. Stinger:

a) Έχει τη δυνατότητα μεταφοράς και πόντισης ναρκών MK-6, MK-18 και MK-55.

b) Οπτικός Κατευθυντήρας PANDA MOD 0 +BU

12. Αισθητήρες:

a) Ραντάρ Επιτήρησης TRITON Air-SurfaceRadar

b) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA BRIDGEMASTER 250E

c) Ραντάρ Ναυτιλίας SIMRAD BROADBANN H/O MILTECH

d) Ραντάρ ORION 10 XP

13. Ηλεκτρονικός Πόλεμος:

a) Σύστημα ESM : DR 2000 ARIAL/51

b) IFF σύστημα : IFF MK 12 Mod 4 Ζεύξη δεδομένων LINK 11

c) Αντίμετρα εναντίον P/E: 4 τριπλές μονάδες εκτόξευσης αναλωσίμων αντιμέτρων WEGMANN



Εικόνα 56:

Κ/Φ Ναύμαχος (P-19)

Κ/Φ ΑΡΜΑΤΩΛΟΣ (P 18)



Εικόνα 57:

Κ/Φ Αρματολός (P-18)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο μήκος: 54.75 μ
2. Μέγιστο πλάτος: 10.50 μ
3. Μέγιστο βύθισμα: 2.55 μ
4. Εκτόπισμα: 516 τόνοι
5. Μέγιστη ταχύτητα: 22 κόμβοι
6. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας: 2000ν.μ.
7. Ενδιαιτήσεις: 67 άτομα
8. Κύριες Μηχανές : Δύο Κύριες Μηχανές DIESEL MTU - 16 V 1163 TB 63
9. Γεννήτριες ισχύος:
 - a) Δύο Κύριες Η/Μ MERCEDES - BENZ OM 424 12 V 183 AA 51 (240 KW).
 - b) Μία Η/Μ (Emergency) MERCEDES-BENZ OM 422 (169 KW)
10. RHIB :
 - a) Μία Mostro 6,2 μ με 90 HP
 - b) Μία Barracuda 4,2 μ, με 25 HP.

11. Οπλισμός

- a) Πυροβόλο ΟΤΟ MELARA 76/62
- b) Πυροβόλο BOFFORS ΟΤΟ BREDDA 40L70
- c) Δύο Πυροβόλα RHEIMENTAL 20mm K/B

12. Stinger

Έχει τη δυνατότητα μεταφοράς και πόντισης ναρκών MK-6, MK-18 και MK-55. Οπτικός Κατευθυντήρας PANDA MOD 0 +BU

13. Αισθητήρες

- a) Ραντάρ Επιτήρησης TRITON Air-SurfaceRadar
- b) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA BRIDGEMASTER 250E
- c) Ραντάρ Ναυτιλίας SIMRAD BROADBANN H/O MILTECH

d) Ραντάρ ORION 10 XP

14. Ηλεκτρονικός Πόλεμος

a) Σύστημα ESM : DR 2000 ARIAL/51

b) IFF σύστημα : IFF MK 12 Mod 4 Ζεύξη δεδομένων LINK 11

c) Αντίμετρα εναντίον P/E: 4 τριπλές μονάδες εκτόξευσης αναλωσίμων αντιμέτρων

WEGMANN

ΤΥΠΟΥ "HSY

Κ/Φ ΠΟΛΕΜΙΣΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο μήκος: 56,5 μ
2. Μέγιστο πλάτος: 10 μ
3. Μέγιστο βύθισμα: 3,8
μ Εκτόπισμα: 595 τόνοι
4. Μέγιστη ταχύτητα: 23 κόμβοι
5. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας: 2470 ν.μ.
6. Ενδαιτήσεις: 57 άτομα
7. Κύριες Μηχανές: Δύο Wartsila Diesel 16 V 25 2 X 5000 HP
8. Γεννήτριες ισχύος: Τρεις MAN D 2866, με ισχύ 3 X 200 KW
9. RHIB: Ένα BARRACUDA 4,2 μ. με 25 HP MERCURY και ένα MOSTRO 6.2 μ. με 90 HP YAMAHA.
10. Οπλισμός
 - a) Πυροβόλο OTO MELARA 76/62
 - b) Πυροβόλο BOFFORS OTO BREDA 40L70
 - c) Δύο Πυροβόλα RHEIMENTAL 20mm K/B
11. STINGER

Έχει τη δυνατότητα μεταφοράς και πόντισης ναρκών MK-6, MK-18 και MK-55. Οπτικός Κατευθυντήρας PANDA

12. Αισθητήρες

- a) Ραντάρ Επιτήρησης TRITON Air-SurfaceRadar
- b) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA BRIDGEMASTER 250E
- c) Ραντάρ Ναυτιλίας SIMRAD BROADBANN H/O MILTECH
- d) Ραντάρ ORION 10 XP Σ.Δ.Β. NA -21 mod 0

13. Ηλεκτρονικός Πόλεμος

- a) Σύστημα ESM : DR-2000 S mod 0
- b) IFF σύστημα : IFF MK 12 Mod 4 Ζεύξη δεδομένων LINK 11
- c) Αντίμετρα εναντίον P/E: 4 τριπλές μονάδες εκτόξευσης αναλωσίμων αντιμέτρων WEGMANN



Εικόνα 58: Κ/Φ Πολεμιστής

ΚΑΣΟΣ (P-57)



Εικόνα 59: Κ/Φ Κάσος

(P-57)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο μήκος: 56,5 μ
2. Μ
έγιστο πλάτος: 10 μ
3. Μέγιστο βύθισμα: 3,6 μ Εκτόπισμα: 595 τόνοι
4. Μέγιστη ταχύτητα: 23 κόμβοι
5. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας: 2470 ν.μ.
6. Ενδιαιτήσεις: 57 άτομα
7. Κύριες Μηχανές: Δύο Wartsila Diesel Nohab 16 V 25 2 X 3680 KW
8. Γεννήτριες ισχύος: Τρεις DEMP / MAN , με ισχύ 3 X 184 KW
9. RHIB : Ένα BARRACUDA 4,2 μ. με 25 HP MERCURY και ένα MOSTRO 6.2 μ. με 90 HP YAMAHA .
10. Οπλισμός
 - a) Πυροβόλο ΟΤΟ MELARA 76/62
 - b) Πυροβόλο BOFFORS ΟΤΟ BREDA 40L70
 - c) Δύο Πυροβόλα RHEIMENTAL 20mm K/B

11. STINGER

Έχει τη δυνατότητα μεταφοράς και πόντισης ναρκών MK-6, MK-18 και MK-55. Οπτικός Κατευθυντήρας PANDA

12. Αισθητήρες

- a) Ραντάρ Επιτήρησης TRITON Air-SurfaceRadar
- b) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA BRIDGEMASTER 250E
- c) Ραντάρ Ναυτιλίας SIMRAD BROADBANN H/O MILTECH
- d) Ραντάρ ORION 10 XP Σ.Δ.Β. NA -21 mod 0

13. Ηλεκτρονικός Πόλεμος

- a) Σύστημα ESM : DR-2000 S mod 0
- b) IFF σύστημα : IFF MK 12 Mod 4
- c) Ζεύξη δεδομένων LINK 11
- d) Αντίμετρα εναντίον P/E: 4 τριπλές μονάδες εκτόξευσης αναλωσίμων αντιμέτρων WEGMANN

ΤΥΠΟΥ "ASHEVILLE"

Κ/Φ ΟΡΜΗ (P 230)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο μήκος: 50,13 μ
2. Μέγιστο πλάτος: 7,3 μ
3. Μέγιστο βύθισμα: 2,8 μ
4. Εκτόπισμα: 265 τόνοι
5. Μέγιστη ταχύτητα: 21,5 κόμβοι
6. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας με μέγιστη ταχύτητα : 1287 ν.μ.

7. Ενδαιτήσεις: 32 άτομα
8. Κύριες Μηχανές: Δύο MTU Diesel 12V396 TE 94 2X2216 HP
9. Γεννήτριες ισχύος: Δύο IVECO-8210M 22 6V MARELLI- M7B M250, με ισχύ 2X100 Kwatt
10. RHIB: Μία Barracuda 4,2 μ, με 25 HP
11. Οπλισμός
 - a) Πυροβόλο BOFFORS 40MML-70 BREDA
 - b) Πυροβόλο BOFFORS 40MML-70 2 BROWNING 0.50 in (12.7 mm) K/B
12. Stinger
13. Αισθητήρες
 - a) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA BRIDGEMASTER-II(252/6)
 - b) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA 1690
14. Ηλεκτρονικός Πόλεμος
 - a) IFF/AN/APX-72
 - b) 4 τριπλές μονάδες εκτόξευσης αναλωσίμων αντιμέτρων WEGMANN



Εικόνα 60: Κ/Φ Όρμη (P-230)

Κ/Φ ΤΟΛΜΗ (Ρ 229)



Εικόνα 61:

Κ/Φ Τόλμη (Ρ-229)

Πρώην Αμερικανικό GREEN BAY PG 101

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο μήκος: 50,13 μ
2. Μέγιστο πλάτος: 7,3 μ
3. Μέγιστο βύθισμα: 2,8 μ
4. Εκτόπισμα: 265 τόνοι
5. Μέγιστη ταχύτητα: 21,5 κόμβοι
6. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας με μέγιστη ταχύτητα : 1287 ν.μ.
7. Ενδιαιτήσεις: 32 άτομα
8. Κύριες Μηχανές: Δύο MTU Diesel 12V396 TE 94 2X2216 HP
9. Γεννήτριες ισχύος: Δύο IVECO-8210M 22 6V MARELLI- M7B M250, με ισχύ 2X100 Kwatt RHIB: Μία Barracuda 4,2 μ, με 25 HP
10. Οπλισμός
 - a) Πυροβόλο BOFFORS 40MML-70 BREDA

- b) Πυροβόλο BOFFORS 40MML-70 2 BROWNING 0.50 in (12.7 mm)

11. K/B STINGER

12. Αισθητήρες

- a) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA BRIDGEMASTER-II 252/6
- b) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA 1690

13. Ηλεκτρονικός Πόλεμος

- a) IFF/AN/APX-72
- b) 4 τριπλές μονάδες εκτόξευσης αναλωσίμων αντιμέτρων WEGMANN

ΤΥΠΟΥ "OSPREY HSY 56A"

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο μήκος: 56,5 μ
2. Μέγιστο πλάτος: 10 μ
3. Μέγιστο βύθισμα: 3,6 μ
4. Εκτόπισμα: 575 τόνοι
5. Μέγιστη ταχύτητα: 22 κόμβοι
6. Μέγιστη ακτίνα ενεργείας: 2000ν.μ.
7. Ενδαιτήσεις: 71 άτομα
8. Κύριες Μηχανές: Δύο Wartsila Diesel 16 V 25 2 X 5000 HP
9. Γεννήτριες ισχύος: Τρείς DEMP / MAN , με ισχύ 3 X 184 Kwatt
10. RHIB : Δύο Barracuda 7 μ, με 2X150 HP
11. Οπλισμός
 - a) Πυροβόλο ΟΤΟ MELARA 76/62
 - b) Πυροβόλο BOFFORS ΟΤΟ BREDA 40L70
 - c) Δύο Πυροβόλα RHEIMENTAL 20mm K/B
12. Stinger

Έχει τη δυνατότητα μεταφοράς και πόντισης δεκαέξι (16) ναρκών MK-55.

13. Αισθητήρες

- a) Ραντάρ Επιτήρησης VARIANT Air-Surface Radar
- b) Ραντάρ Ναυτιλίας DECCA BRIDGEMASTER 250E
- c) Ραντάρ Ναυτιλίας RL – 80 C Raytheon
- d) ΣΔΒ: MIRADOR TVT, IRT camera laser firing mode, LIROD Mk 2 TV camera

14. Ηλεκτρονικός Πόλεμος

- a) Σύστημα ESM : DR-3000 SLW
- b) Αντίμετρα εναντίον P/E: 2 εξαπλοι εκτοξευτήρες CHAFF SRBOC MK 36 Mod 2 IFF σύστημα : IFF MK 12 Mod 4
- c) Ζεύξη δεδομένων LINK 11

Ολοκληρωμένο σε Σύστημα Διαχείρισης Μάχης (CMS) τύπου TACTICOS που υποστηρίζεται από το Signaal Modular Combat System και Τρεις κονσόλες MOC MK 3

Σύστημα εξωτερικών και εσωτερικών επικοινωνιών ICS 2002



Εικόνα 62: Τύπου Osprey HSY

ΑΡΜΑΤΑΓΩΓΑ



Εικόνα 63: Αρματαγωγό

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 116/15,3/3,4 μέτρα Εκτόπισμα: 4.400 τόνους
2. Πρόωση: 2 Wartsila 16V25 diesel 10000hp
3. Ταχύτητα: 16 κόμβοι
4. Πλήρωμα: 120
5. Οπλισμός:
 - a) 1 πυροβόλο ΟΤΟ Melara 76/62,
 - b) 2 δίδυμα αντιαεροπορικά BOFORS 40L/70,
 - c) 2 αντιαεροπορικά πυροβόλα Rheinmetall 20 χιλ.
6. Μεταφορική ικανότητα: 22 άρματα μάχης, οχήματα, τζιπ και πυροβόλα ανάλογα με την επιχείρηση μεταφοράς, 287 άνδρες και δυνατότητα μεταφοράς ενός ελικοπτέρου.

ΝΑΡΚΟΘΗΡΕΥΤΙΚΑ – ΝΑΡΚΑΛΙΕΥΤΙΚΑ



Εικόνα 64: Ναρκοθηρευτικό-

Ναρκαλιετικό

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Διαστάσεις: 60,3/10,4/3,2 μέτρα.
- 2.
3. Εκτόπισμα: 665 τόνοι (έμφορτο).
4. Πρόωση:
 - a) 2 Diesel MTU8V396 74LKμε ιπποδύναμη 1080 HP (805KW) και μέγιστο αριθμό στροφών 1800 RPM (Κύρια πρόωση).
 - b) 1 DieselMTU8V396 74LKμε ιπποδύναμη 765HP (570 KW) με μέγιστο αριθμό στροφών 2000 RPM(Βοηθητική πρόωση).
 - c) γ. 2 έλικες και 1 προωθητής πλώρας (Bow thruster).
5. Ηλεκτρομηχανές:3MTU6R183 TE52 200KW
6. Ταχύτητα: 14 κόμβοι (Κύρια πρόωση), 6 κόμβοι (Βοηθητική πρόωση).
7. Πλήρωμα: 46 άτομα με δυνατότητα ενδιαιτήσεως 50 ατόμων.
8. Οπλισμός: 1 πυροβόλο Oerlikon BMARC DS30B των 30χιλ.
9. Συστήματα Εντοπισμού ναρκών:
 - a) 2 υποβρύχια τηλεκατευθυνόμενα οχήματα PAP 104.
 - b) 2 υποβρύχια τηλεκατευθυνόμενα οχήματα PLUTOPLUS.

- c) Συστήματα Μηχανικής/Μαγνητικής/Ακουστικής Ναρκαλιείας.

ΠΛΟΙΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΕΩΣ

Τα ΠΓΥ σκοπό έχουν τα καλύψουν τις ανάγκες Διοικητικής Μερίμνης των πλοίων κρούσεως όταν αυτά δρουν σε περιοχές μακράν Ναυστάθμων ή προκεχωρημένων βάσεων. Στη ουσία τα πλοία αυτά είναι ένας μικρός Ναύσταθμος εν πλώ αποτελώντας την πλέον προκεχωρημένη βάση κατά τις επιχειρήσεις.

Για να αντεπεξέλθουν στη αποστολή αυτή γίνεται σαφές ότι τα ΠΓΥ είναι πλοία μεγάλου εκτοπίσματος με δυνατότητες μεταφοράς πετρελαίου, ύδατος, τροφίμων, πυρομαχικών κάθε φύσεως καθώς και τροφίμων. Παράλληλα έχουν χώρους ενδιαιτήσεως, θεραπευτήρια κλπ έτσι ώστε να είναι ικανά να φιλοξενήσουν πληρώματα από μικρά πλοία τα οποία δεν διαθέτουν ενδιαιτήσεις προσωπικού (Τορπιλάκατοι, Μικρά Υποβρύχια, Ομάδες βατραχανθρώπων κλπ).

Για την μεταφορά όλων των ανωτέρω υλικών τα ΠΓΥ διαθέτουν συστήματα και γερανούς για την τόσο έπ' αγκύρα/ εν όρμω όσο και για την εν πλώ παράδοση προς τα πλοία κρούσεως.

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Ναυπήγηση : Bremer Vulcan
2. Καθέλκυση : 30-7-1968 ΠΓΥ ΑΛΙΑΚΜΩΝ (Α-470)
3. Ένταξη : 19-10-1994
4. Μέγιστο μήκος : 114,4 μέτρα
5. Μέγιστο πλάτος : 13,2 μέτρα
6. Μέσο βύθισμα : 4,5 μέτρα
7. Εκτόπισμα : 3700 τόννοι
8. Μέγιστη ταχύτητα : 17 κόμβοι
9. Πρόωση : MTU MD 872 2 x 3.000 PS
10. Μεταφορική Ικανότητα : Πετρέλαιο DIESEL 2442 τόννοι
11. Πόσιμο ύδωρ 203 m³
12. Οπλισμός:
 - a) 8 Κ/Β EXOCET
 - b) 15 Τορπίλλες SST -4
 - c) 70 Νάρκες MK-55
 - d) Π/Β : 2 x 40 mm

ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ

ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΦΟΡΑ

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο Μήκος: 67,70 μέτρα
2. Μέγιστο Πλάτος: 10,04 μέτρα
3. Μέγιστο Βύθισμα: 4,45 μέτρα
4. Μέγιστη Ταχύτητα: 12,4 κόμβοι
5. Οικονομική Ταχύτητα: 10,0 κόμβοι



Εικόνα 65:

Πετρελαιοφόρο

ΥΔΡΟΦΟΡΑ (Υ/Φ)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Ολικό Μήκος: 58,34 μέτρα

2. Μέγιστο Πλάτος: 7,92 μέτρα
3. Εκτόπισμα: 1350 τόνους
4. Βύθισμα Έμφορτο: 3,8 μέτρα
5. Βύθισμα Πρωραίο: 3,6 μέτρα
6. Βύθισμα Πρυμναίο: 4,0 μέτρα
7. Φορτίο Νερού: 712 τόνους



ΠΛΟΙΑ ΦΑΡΩΝ

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Εκτόπισμα: 1639,7 M/T
2. Μήκος: 63,2 μ.
3. Πλάτος 11,60 μ.
4. Μηχανή: MOTOR WERKE MANNHEIM A . G . ιπποδύναμη: 2400 H. P.
5. Ταχύτητα: 13 ΚΟΜΒΟΙ



ΑΠΟΒΑΤΙΚΑ (Α/Β)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο Μήκος: 40,04 μέτρα
2. Μέγιστο Πλάτος: 8,80 μέτρα
3. Μέγιστο βύθισμα: 2,15 μέτρα
4. Μέγιστη Ταχύτητα: 11,0 κόμβοι
5. Οικονομική Ταχύτητα: 8,0 κόμβοι



ΦΡΑΓΜΑΤΟΘΕΤΙΔΕΣ (ΦΘ)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μήκος: 48,51 μέτρα
2. Μέγιστο Πλάτος: 10,61 μέτρα
3. Μέγιστο Βύθισμα: 4,10 μέτρα
4. Μέγιστη Ταχύτητα: 12,78 κόμβοι
5. Οικονομική Ταχύτητα: 9 κόμβοι



ΠΛΩΤΟΙ ΓΕΡΑΝΟΙ

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μέγιστο Μήκος: 37 μέτρα
2. Μέγιστο Πλάτος: 17,5 μέτρα
3. Μέγιστο Βύθισμα: 2,0 μέτρα
4. Εκτόπισμα: 933 τόνους
5. Μέγιστη Ανυψωτική Ικανότητα: 70 τόνους



ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ (ΠΜΠ)

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μήκος: 46,80 μέτρα
2. Μέγιστο Πλάτος: 8,30 μέτρα
3. Μέγιστο Βύθισμα: 1,97 μέτρα
4. Μέγιστη Ταχύτητα: 13 κόμβοι
5. Οικονομική Ταχύτητα: 5 κόμβοι



Εικόνα 51: ΤΤΟΛ

ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΡΠΙΛΩΝ



Εικόνα 52: ΤΤΟΛ

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Ολικό Μήκος: 24,90 μέτρα
2. Μέγιστο Πλάτος: 5,62 μέτρα
3. Μέγιστο Βύθισμα: 1,60 μέτρα
4. Μέγιστη Ταχύτητα: 14 κόμβοι

5. Οικονομική Ταχύτητα: 12 κόμβοι

ΡΥΜΟΥΛΚΑ



ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Μήκος: 33,07M
2. Πλάτος: 9,30M Βύθισμα: 4,70M
3. Εκτόπισμα: 344 TONS
4. Ταχύτητα μέγιστη- οικονομική: 12-10 KNS
5. Υποδύναμη: 2000 HP
6. Μηχανές: ΜΙΑ(1) FAIRBANKSMORSMODEL38D8-1/8 10

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ-ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ (Υ/Γ-Ω/Κ)



ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Ναυπήγηση: 1976
2. Εκτόμισμα: 1400 t
3. Μήκος: 63 m
4. Πλάτος: 11.6 m Ταχύτητα: 11/13 kts
5. Μηχανές: 2 diesel (2 x 1200 HP)
6. Πλήρωμα: 6 Αξιωματικοί και 36 Υπαξιωματικοί και & Ναύτες
7. Υ/Γ Συστήματα: Ηχοβολιστικό πολλαπλής δέσμης (Multibeam) Simrad EM 1002, ATLAS DESO 20-25, MICROFIX, DGPS Seatex Sea Path 200, NEPTUNE, HYPACK 8.9 MAX Hydrographic Software, Πλευρικό Ηχοβολιστικό (SSS) Geoacoustics, SVP.
8. Ω/Κ Συστήματα: ΩΚ βαρούλκο, βαρούλκο CSTD, Φιάλες NANSEN, CSTD SBE 911 και SBE 19, Sub Bottom Profiler Geoacoustics, Δειγματολήπτες, Πυρηνολήπτες, Ρευματογράφοι AANDERA, Κυματογράφοι, Απελευθερωτές BENTHOS, Σταθμός λήψεως δορυφορικών εικόνων.

9. Άκατοι: 2, εξοπλισμένες με ηχοβολιστικά μονής δέσμης DESO 25, σύστημα προσδιορισμού θέσης DGPS/LRK/ EGNOS (AQUARIUS 5002) και αυτόματα συστήματα συλλογής Υ/Γ στοιχείων.

ΠΟΛΕΜΙΚΑ ΠΛΟΙΑ ΤΟΥΡΚΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΦΡΕΓΑΤΕΣ

YAVUZ CLASS FRIGATES

Basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	115,5 x 14,2 x 4,1 mt
Displacement Tonnage	Standart : 2414 t. Full Load : 2919 t.
Propulsion	CODAD / 4 MTU Diesels/ 30.000 HP/ 2 Propellers
Range/Speed	18 kts / 4100 nm - Max.Speed: 27 kts
Complement	21 Officers - 90 Petty Officers - 11 Enlisted Specialist - 46 Enlisted
Helicopter	AB-212



BARBAROS CLASS FRIGATES



F 245 (D 1)

Basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	118 x 14,8 x 4,3 mt
Displacement Tonnage	Full load : 3380 t.
Propulsion	CODOG / 2 GE LM 2500 Gas Turbines/ 2 MTU - Diesels /60.000 HP / 2 Propellers
Range/Speed	18 kts / 4100 nm - max sp.: 32 kts
Complement	21 Officers - 92 Petty Officers - 11 Enlisted Specialist - 46 Enlisted
Helicopter	AB-212, Sea Hawk

GABYA CLASS FRIGATES

Basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	135,6 x 13,7 x 8,5 mt
Displacement Tonnage	Full load : 4100 t.
Propulsion	2 x GE LM 2500 Gas Turbines/41.000 HP/1 Propeller 2 Auxiliary Propusion Unit for Maneuver at bow.
Range/Speed	20 kts / 4500 nm - Max Speed.: 30 kts
Complement	21 Officers - 99 Petty Officers - 13 Enlisted Specialist - 48 Enlisted
Helicopter	AB - 212 Sea Hawk (ASW-EW-ASUW)



CORVETTES

BURAK CLASS CORVETTES

Lenght-Beam-Draught	80,52 X 10.2 X 3.42 mt
Displacement Tonnage	Full Load :1325 t.
Propulsion	SEMT-Pielstick/2x 6000 Diesels 12.000 hp(m)

Range/Speed	23 kts (15 kts / 4500 NM)
Complement	10 Officers - 43 Petty Officers - 10 Enlisted Specialist - 22 Enlisted



F 503

ADA CLASS CORVETTES



F 511

Basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	99,5 x 14,4 x 3,9 mt

Displacement Tonnage	Full Load : 2300 t.
Propulsion	2 Diesels /1 Gas Turbines (CODAC), 2 Propellers
Range/Speed	29 kts
Complement	15 Officers - 51 Petty Officers - 13 Enlisted Specialist - 15 Enlisted
Helicopter	AB-212, Sea Hawk

FAST PATROL BOATS

DOGAN CLASS FAST PATROL BOATS



7 / 80

Basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	58,10 x 7,62 x 2,74 mt
Displacement Tonnage	Full Load: 436 t.
Propulsion	4 x MTU Diesel / 12000 HP / 4 Propellers
Range/Speed	30 kts / 1050 nm, Max. Speed : 38 kts
Complement	6 Officers - 22 Petty Officers - 11 Enlisted Specialist - 6 Enlisted

RUZGAR CLASS FAST PATROL BOATS



Basic Specifications

1. Length-Beam-Draught : 57.84 x 7.62 x 2.68m. mt
2. Displacement Tonnage: Full load : 410t
3. Propulsion: 4 Diesel / 4 x 4520 HP
4. Range/Speed: 30 kts / 1050 nm - 38 kts
5. Complement : 7 Officers - 6 Petty Officers – 22 P/Q - 11 Enlisted Specialist - 6 Enlisted

TUZLA CLASS FAST PATROL BOATS

Basic Specifications	
Length-Beam-Draught	56,70 x 8,9 mt
Displacement Tonnage	400 t.
Propulsion	2 Diesel Engines, 2 Shaftlines, 2 FPP, 2 Diesel Generator Sets, (250 kw each)
Range/Speed	1500nm / 22 kts.
Complement	4 Officers - 11 Petty Officers - 5 Enlisted Specialist - 15 Enlisted



YILDIZ FAST PATROL CRAFT



Characteristics:

1. Displacement: 433 tons full load
2. Dimensions: 57.8 x 7.6 x 2.7 metres
3. Speed, Range: 38 knots, 1050 miles at 30 kts.
4. Crew: 45 (6 officers)
5. Weapons:
6. Guns: 1 x 76mm/62; 2 x 35mm/90 (twin)
7. Missiles: 8 x Harpoon SSM
8. Radars: AWS 6 Dolphin, surface search; TMX, fire control; Liody Mk2, fire control; KH1007, navigation

Comments:

These ships have a very similar hull and machinery and almost the same weapons as the Doğan class.

But originally the Yıldız class boats had a better combat control systems (TACTICOS) than the Doğan class. However this combat management system has been retrofitted to some Doğan class boats. Both were built in Turkey.

MINE HUNTERS

ENGIN CLASS MINE HUNTERS



Figure 2.1

basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	50,9 x 8,9 x 3,4 mt
Displacement Tonnage	Full Load : 510 t.
Propulsion	1 MTU Diesel / 1800 HP / 1 Propeller
Range/Speed	12 kts / 3000 nm -15 kts
Complement	7 Officers - 20 Petty Officers - 9 Enlisted Specialist - 11 Enlisted
Mine Hunting	DCN Mintac PAP System

AYDIN CLASS MINE HUNTERS

Basic Specifications

1. Lenght-Beam-Draught 54,5 x 9,66 x 2,6 mt



2. Displacement Tonnage Full Load : 657,2 t.
3. Propulsion: 2 x MTU 8V 396 TB84 Diesel / 2 Propellers Range/Speed 10 kts / 2400 nm
- 14,2 kts
4. Complement: 7 Officers - 24 Petty Officers - 11 Enlisted Specialist - 9 Enlisted
5. Mine Hunting: 2 x ECA PAP Mk 5 ROV, OROPEZA

SEYDİ CLASS MINE HUNTER

Characteristics:

1. Displacement: 370 tons full load
2. Dimensions: 43 x 8 x 2.6 metres
3. Speed, Range: 14 knots, 2500 miles at 10 kts
4. Crew: 35 (2 officers)
5. Guns: 1 x Oerlikon 20mm (twin)
6. Radars: Decca 1224, navigation
7. Sonars: UQS-1D mine search

Comments:

All are constructed in USA, from wood. Transferred in 60'ies M-508 TCG Selçuk was converted to a scientific research ship (Y-90) in 1998. M-511 TCG Sinop was deleted in 2004. M-517 TCG

Seddülbahir was sunk as target during exercise Deniz Yıldızı 2010. TCG Silifke was decommissioned in 2014.

HYDROGRAPHIC VESSEL

TCG CESME(A-599)

Lenght-Beam-Draught	87 x 14,6 x 4,6 mt
Displacement Tonnage	Full Load : 2550 t.
Propulsion	2 x Alco Diesel / 1800 HP / 1 Pervane
Speed	15 kts
Complement	11 Officers - 33 Petty Officers - 5 Enlisted Specialists - 33 Enlisted

TCG ÇUBUKLU (A-594)

Basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	40,5 x 9,4 x 4,4 mt
Displacement Tonnage	Full Load : 643,5 t.
Propulsion	1 x 1 GE Diesel / 1000 HP / 1 Propeller
Speed	12 kts
Complement	6 Officers - 14 Petty Officers - 4 Enlisted Specialists - 16 Enlisted



Fig. 1-26. AG-11

AG CLASS SHIPS

TCG AG-5 A-158)



Fig. 1-27. TCG A-158

Basic Specifications	
Lenght-Beam-Draught	53 x 10,7 x 4,1 mt
Displacement Tonnage	Full Load : 960 t.
Propulsion	Diesel - Electric 1 x Man G7V40/60 Diesel / 1470 HP / 1 Propeller

Speed	12 kts
Personel	5 Officers - 12 Petty Officers - 8 Enlisted Specialists - 30 Enlisted

TANKERS



PERSONAL TRANSPORT SHIP

TCG İSKENDERUN



Basic Specifications

1. Length-Beam-Draught 127,59 x 19,41 x 5,37 mt
2. Displacement Tonnage 7948 t.
3. Propulsion 4 Diesels 4x4 1200 Hp Speed 15,5 kts
4. Complement 13 Officers - 43 Petty Officers - 10 Enlisted Specialist - 79 Enlisted

OFFSHORE TUGS

Basic Specifications

1. Length-Beam-Draught 40,9 x 9,8 x 3,9 mt
2. Displacement Tonnage Full Load : 750 t.
3. Propulsion 2 x ABC Diesels / 4000 HP / 2 Propellers
4. Speed 14 kts
5. Complement 3 Officers - 8 Petty Officers - 5 Enlisted Specialists - 10 Enlisted

EPEYNHTIKO ΠΛΟΙΟ ΟΡΥΧ ΡΕΙΣ



The building of *MTA Oruç Reis* was contracted by the MTA to Istanbul Maritime Shipyard in Tuzla, Istanbul on April 24, 2012. She was launched on March 28, 2015, and was named for Oruç Reis (c. 1474–1518), the Ottoman Beylerbeyi of the West Mediterranean. The vessel is 87 m (285 ft 5 in) long, has a beam of 23 m (75 ft 6 in), a depth of 8m (26ft 3in) and a draft of 6m (19ft 8in). Assessed at 4,575 GT and a displacement tonnage of 4,867 t, the vessel has a maximum speed of 17 knots (31km/ h; 20mph). She is propelled by four 2,520 kW (3,380hp) 12V diesel generators of Anglo Belgian Corporation (ABC). The number of the crew is 27 and the scientific staff aboard is 28.

AMPHIBIONS SHIPS

OSMANGAZI CLASS

Characteristics:

1. Displacement: 3773 tons full load
2. Dimensions: 105 x 16.1 x 2.3 metres
3. Speed, Range: 17 knots, 4000 miles at 15 kts.
4. Crew: 109 (9 officers)
5. Guns: 2 x 35mm/90 (twin); 2 x 20 mm; 1 x Mk 15 Phalanx
6. Helicopters: Platform for one large
7. Radars: Decca navigation

Comments:

She can carry 900 troops, 15 tanks and 4 LCVP's. She was bow doors but no dock. The two small doors at her stern is used for mine laying.

She was built in, now closed Taşkızak Naval Shipyard. She was launched in 1990 and commissioned in 1994. She is the third generation of indigenous designed large amphibious ships and has all the design characteristics of Turkish large landing ships. Her construction lasted longer than planned and the second ship was canceled. She spend long time at the yard after the commissioning.



Figure 22

SARUCABEY CLASS



Figure 23

Characteristics:

1. Displacement: 2600 tons full load
2. Dimensions: 92 x 14 x 2.3meters

3. Speed, Range: 14 knots,
4. Crew: 107 (9 officers)
5. Guns: 3 x 40mm/70; 2 x 20mm (twin)
6. Mines: 120 – 135 depending on the type
7. Helicopters: Platform for one large
8. Radars: Decca 1226, navigation

Comments:

They can carry 600 troops, 11 tanks and 2 LCVP's. Both were built in now closed Taşkızak Naval Shipyard, İstanbul. The Sarucabey class is an enlarged version of now deleted Çakabey class. Like all large Turkish amphibious ships they have mine laying capability as a secondary role.

BAYRAKTAR CLASS



Characteristics:

1. Displacement: 7254 tons full load
2. Dimensions: 138,7 x 19 x 3 meters
3. Speed, Range: 18 knots, 5000 miles at 15 knots
4. Crew: 129
5. Guns: 2 x 40mm; 2 x 20mm (twin) 2 x Mk 15 Phalanx. 2-12.7 mm MG
6. Helicopters: Platform for one large
7. Radars: SMART-S MK2 3D, Navigation
8. Other: ASELFLIR 300D, ARES-2N ESM system

Comments:

The contract for the construction of a new LST's was signed between Ministry of Defence and ADIK_Furtrans shipyard on 11 May 2011. The value of the contract 370 million Euros.

The ships will have a Smart Mk2 3D air/surface search radar (which not common for an amphibious ship) 2 AseFLIR 300D EO director, torpedo countermeasures systems, laser warning receiver and Link 16/22 system. All these sensors and weapons will be controlled by 5 consoles of GENESIS CMS. The first ship will be delivered in February 2017. The ships will carry 350 persons, 20MBT and between 24 – 60 vehicles. The closed parking area is 1100 square meters and the open deck parking area is 690 square meters. The armament consists of 2 single barreled 40mm Oto Melara guns, 2 Mk15 Phalanx CIWS, 2 machine guns on a stabilized remote-controlled chasses.

NEW TYPE LCT CLASS



Characteristics:

1. Displacement: 1155 tons full load
2. Dimensions: 79,85 x 11.7 x 2.5meters
3. Speed, Range: 20 knots, 400 miles at 16 kts.
4. Crew: 22
5. Guns: 2 x 25mm; 2 x 12,7mm
6. Radars: Navigation
7. Other: ASELFLIR 300D

Comments:

These LCT's can carry 250 troops, or 320 tons of cargo.

EDIC TYPE LCT CLASS

Characteristics:

1. Displacement: 600 tons full load
2. Dimensions: 57 x 12 x 1.4 metres
3. Speed, Range: 8.5 knots, 600 miles at 10 kts.
4. Crew: 17 (1 officer)
5. Guns: 2 x 20mm; 2 x 12.7mm
6. **Radars: Navigation**

Comments:

All are built locally and have small alterations as they were built in different batches. They can carry 100 troops or 5 main battle tanks.



C-302 LCM CLASS

Characteristics:

1. Displacement: 113 tons full load
2. Dimensions: 22.5 x 6.4 x 2.4 metres
3. Speed, Range: 9.5 knots
4. Crew: 10
5. Guns: 2 x 12.7mm
6. **Radars: Navigation**

Comments:

Can carry 60 tons of cargo or 140 troops. Specifications may vary from unit to unit as they were built in different batches.



AUXILIARY

ALEMDAR CLASS

Characteristics:

1. Displacement: 4447 tons full load
2. Dimensions: 91 x 18.5 x 7,8 meters
3. Speed, Range: 18 knots, 4500 miles at 14 knots.
4. Crew: 131
5. Radars: Navigation

Comments:

TCG Alemdar is a dedicated submarine rescue mother ship designed to perform subsea and surface search and rescue missions in various sea conditions. The main task is to rescue submarines that are unable to resurface themselves. She can provide life support to the stranded crew of a distressed submarine up to 600 meters depth. She is carrying ROV's, atmospheric diving suits and other necessary equipment. She is interoperable with NATO Submarine Rescue System. There are two pressure chambers on board.

Her pennant number was A-601 when she was launched. It was changed before her commissioning.



Fotoğraf: 20

ISIN CLASS



Fotoğraf: 20

Characteristics:

1. Displacement: 2400 tons full load
2. Dimensions: 68,2 x 14,2 x 6,5 meters
3. Speed, Range: 18 knots, 4000 miles at 14 knots.
4. Crew: 100
5. Radars: Navigation

Comments:

These ships are dedicated submarine rescue intervention ship to perform subsea and surface rescue operations and firefighting in various sea conditions. These ships together with Aleubar has replaced the older salvage ships of Turkish Navy.

There was, only one procurement process and a contract covering both classes and all 3 ships.

AKAR CLASS



Characteristics:

1. Displacement: 19.500 tons full load
2. Dimensions: 145 x 22,8 x 8,4 meters
3. Speed, Range: 15 knots, 6000 miles at 14 kts.
4. Crew: 203
5. Guns: 2 x 40mm/70; 1 x Mk 15 Phalanx
6. Radars: Navigation

Comments:

TCG Akar carries 16.000 tons of fuel.

TCG Yarbay Kudret Güngör is the first Turkish Navy ship to be built in a private shipyard. She is named after the late commander of DM-347 TCG Muavenet, who was killed, during the Display Determination naval exercise in 1992.

TCG Yarbay Kudret Güngör carries 9.980 tons fuel , 2.700 tons water and dry cargo.

LOGISTICS SUPPORT SHIP



Characteristics:

1. Displacement: 6.200 tons full load
2. Dimensions: 106,5 x 16,8 x 8,4 meters
3. Speed, Range: 12 knots, 9500 nautical miles.
4. Crew: 82
5. Guns: 2 x 12,7mm STAMP
6. Radars: Navigation

Comments:

Selah Shipyard has won the tender in 2014. The construction of the first ship has started in 2015 and was scheduled for commissioning originally in 2017. The second ship was launched on 8 July 2017.

The ships will carry 4000 tons of fuel for warships, 500 tons of fuel for helicopters and 330 tons of fresh water. Furthermore, there is a place for 8 standard ISO containers. They will have a medical facility, capable of performing surgeries. These ships will not have a helicopter hangar but will have a large landing pad, suitable for heavy army helicopters.

İSKENDERUN CLASS



Figure 100

Characteristics:

1. Displacement: XXX tons full load
2. Dimensions: 127,5 x 19,4 x 5,42 meters
3. Speed, Range: 15 knots
4. Crew: 140
5. Radars: Navigation

Comments:

The ship was originally built as a civilian ferry for Turkish Maritime Lines. In 2002, she was transferred to Turkish Navy. TCG İskenderun took an important role during the evacuation of Turkish citizens trapped in the civil war of Libya in 2011.

CEZAYİRLİ HASAN PAŞA (Rhein) CLASS

Characteristics:

1. Displacement: 2940 tons full load
2. Dimensions: 98,2 x 11,8 x 4,4 meters
3. Speed, Range: 20 knots, 1600 miles at 15 kts.
4. Crew: 188
5. Guns: 2 x 100mm/55; 4 x 40mm/60; 2 x 12,7mm
6. Radars: Surface search; fire control; navigation

Comments:

Four ships of this class Elbe, Donau, Isar and Ruhr were transferred to Turkish Navy in 1980's. Isar was

the first TCG Cezayirli Gazi Hasan Paşa. She was replaced by Donau. Similarly Ruhr was the first TCG Sokullu Mehmet Paşa; she was replaced by Elbe.

They are formally training ship and usually used for training cruises of Turkish Naval Petty Officer Vocational School and Turkish Naval Academy. Besides training cruises both ships are used in flagships duties.



COAST GUARDS

DOST CLASS

Characteristics:

1. Displacement: 1725 tons full load
2. Dimensions: 88.4 x 12.2 x 4.6 meters
3. Speed, Range: 22 knots, 3500 miles at 14 kts.
4. Crew: 60
5. Guns: 1 x 40mm; 2 x 12,7mm
6. Helicopters: 1 x AB-412 EP
7. Radars: Search radar, fire control radar

Comments:

The contract for the construction of 4 ships at RMK Marine Shipyard was signed on 16 January 2007. The construction and commissioning of this class took longer than expected.

The design of the these ships are based on the Sirio class vessels produced by Italian Fincantieri. With the commissioning of these ships Turkish Coast Guard will be able to perform its duties mainly search and rescue in sea state 5 and higher. These ships are the first Turkish Coast Guard vessels that can support helicopter operations.



Fig. 104

KAAN CLASS



Fig. 105

Characteristics:

1. Displacement: 30 tons full load
2. Dimensions: 22.5 x 4.7 x 1.3 meters
3. Speed, Range: 60 kts, 350 kts at 35 kts.
4. Crew: 5
5. Radars: Navigation

Comments:

These boats are slightly enlarge version of Kaan 15 classinterceptor boats. Made of composite materials.

The first Boat TCSG-19 was build according to a R&D contract signed between Turkish Coast Guard Command and Yonca-Onuk Shipyard. The prototype was tested in 2006 and final purchase order was be given after the successful termination of the tests.

SAR 33 CLASS



Characteristics:

1. Displacement: 180 tons full load
2. Dimensions: 34.6 x 8.6 x 3meters
3. Speed, Range: 33 knots, 450 miles at 24 kts.
4. Crew: 24
5. Guns: 1 x 40mm; 2 x 12.7mm MG.
6. Radars: Decca, navigation

Comments:

The prototype of this class was designed by Erbil Sertel, a renowned Turkish naval engineer and built by Abeking & Rasmussen. The rest in Turkey. These boats were overhauled in Istanbul Shipyard.

SAR 35 CLASS



Fig. 1. 107. 8

Characteristics:

1. Displacement: 210 tons full load
2. Dimensions: 36.6 x 8.6 x 1.9 meters
3. Speed, Range: 26 knots, 450 miles at 24 kts.
4. Crew: 24
5. Guns: 1 x 40mm/70; 2 x 12.7mm MG.
6. Radars: Decca, navigation

Comments:

Enlarged version of SAR 33 class, built in Turkey

TYPE 80 CLASS

Characteristics:

1. Displacement: 198 tons full load
2. Dimensions: 40.7 x 7.1 x 2.2 meters
3. Speed, Range: 27 knots.
4. Crew: 24
5. Guns: 1 x 40mm/70; 2 x 12.7mm MG.
6. Radars: Decca, navigation, two boats of this class received electro-optical sensor system.

Comments:

Enlarged version of SAR 33 class, built in Turkey



7 / 100