



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Εμπλουτισμός Βάσης Δεδομένων με AIS μηνύματα και στατιστικά κίνησης λιμένα Vessel AIS database enrichment and port traffic statistics
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Ιωάννα Μουταφίδη
Πατρώνυμο	Γεώργιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ/ 15048
Επιβλέπων	Ιωάννης Θεοδωρίδης, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης
28/02/2018

Μήνας Έτος
Φεβρουάριος 2018

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Ιωάννης Θεοδωρίδης
Καθηγητής

Άγγελος Πικράκης
Επίκουρος Καθηγητής

Νικόλαος Πελέκης
Επίκουρος Καθηγητής

Abstract

An interesting field of research in marine information systems, is the management, processing and analysis of the spatiotemporal datasets, which AIS systems provide through their messages.

This current thesis deals with the processing, analysis and storage of these data in an appropriately designed database. More specifically, this field of research, is restricted to the AIS messages which are collected from the antenna based at the University of Piraeus. The provided data refer to the four months, from May 2016 to August 2016, and the vessels which are within a radius of 25km from the antenna.

The data management is conducted with the aid of PostgreSQL and PostGIS which is an open source software program that adds support for geographic objects to the PostgreSQL object-relational database. The analysis and processing of the data starts after the creation of the tables in the database and the data insertion.

The data storytelling follows, where various scenarios are created, as far as the vessel traffic in the port of Piraeus is concerned. In these scenarios the data are classified in three categories, which are the static information, the geographical information and the time. According to this classification, the processing of the data and the conclusions drawn concerning the vessel's traffic in the port of Piraeus, is possible.

Last but not least, the visualization of the results, which concerns the scenarios is presented in QGIS followed by the statistical analysis of the data accompanied with the right figures.

Περίληψη

Ένα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας στα ναυτιλιακά πληροφοριακά συστήματα είναι η διαχείριση, επεξεργασία και η ανάλυση των χωροχρονικών δεδομένων που παρέχουν τα μηνύματα των AIS συστημάτων.

Η παρούσα διπλωματική διατριβή ασχολείται με την επεξεργασία, ανάλυση και αποθήκευση των δεδομένων αυτών σε μία κατάλληλα σχεδιασμένη βάση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, το πεδίο έρευνας περιορίζεται στα AIS μηνύματα που λαμβάνει η κεραία που είναι εγκατεστημένη στο Πανεπιστήμιο του Πειραιά. Τα δεδομένα που παρέχονται αφορούν τους τέσσερις μήνες από τον Μάιο μέχρι και τον Αύγουστο του 2016, για τα πλοία που βρίσκονται σε απόσταση ακτίνας 25 χιλιομέτρων από την κεραία.

Η διαχείριση των δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια της PostgreSQL και του PostGIS, το οποίο είναι ένα ανοιχτού κώδικα λογισμικό, που υποστηρίζει τη χρήση γεωγραφικών αντικειμένων σε μία αντικειμενο-σχεσιακή βάση δεδομένων της PostgreSQL. Αφού δημιουργηθούν οι πίνακες στη βάση δεδομένων και εισαχθούν τα δεδομένα, ξεκινά η ανάλυση και η επεξεργασία τους.

Ακολουθεί η ιστορία αφήγησης, όπου αναπτύσσονται διάφορα σενάρια που αφορούν στην κίνηση των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά. Στα σενάρια αυτά κατηγοριοποιούνται τα δεδομένα σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι οι στατικές πληροφορίες, οι γεωγραφικές πληροφορίες και ο χρόνος. Με βάση αυτήν την κατηγοριοποίηση, είναι εφικτή η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων γύρω από την κίνηση των πλοίων εντός του λιμένα του Πειραιά.

Τέλος, παρουσιάζεται η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που αφορούν τα σενάρια στο QGIS, καθώς επίσης και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συνοδεύεται από τα κατάλληλα γραφήματα.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Γιάννη Θεοδορίδη για την βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής αυτής διατριβής, καθώς και για το κίνητρο που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το θέμα.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και τα αδέρφια μου για την στήριξή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή	8
1.1 Σχετικές εργασίες.....	8
1.2 Στόχος της εργασίας και κίνητρο.....	9
1.3 Δομή εργασίας	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Υπόβαθρο	13
2.1 Εισαγωγή	13
2.2 Τροχιά κινούμενου αντικειμένου (trajectory).....	13
2.3 Το σύστημα AIS	14
2.4 PostgreSQL.....	16
2.5 PostGIS	17
2.6 QGIS	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων	19
3.1 Εισαγωγή	19
3.2 Εννοιολογικός σχεδιασμός.....	19
3.3 Λογικός σχεδιασμός.....	21
3.4 Φυσικός σχεδιασμός	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ιστορία Αφήγησης και στατιστική ανάλυση.....	28
4.1 Εισαγωγή	28
4.2 Κατηγοριοποίηση δεδομένων βάσει στατικών πληροφοριών.....	29
4.3 Κατηγοριοποίηση δεδομένων βάσει γεωγραφικών πληροφοριών	30
4.4 Κατηγοριοποίηση βάσει χρόνου	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Συμπεράσματα.....	57
5.1 Εισαγωγή	57
5.2 Συμπεράσματα	57
5.3 Προτάσεις	58
Βιβλιογραφία.....	59
Παράρτημα Α Δημιουργία Βάσης Δεδομένων	60
A.1 Δημιουργία Βάσης Δεδομένων στην PostgreSQL	60
A.2 Δημιουργία πίνακα <i>ais_data</i>	60
A.3 Γέμισμα πίνακα <i>ais_data</i> με δεδομένα από csv αρχεία	60
A.4 Δημιουργία χωρικών ευρετηρίων (indexes) στον πίνακα <i>ais_data</i>	60
A.5 Δημιουργία πίνακα <i>points</i>	61
A.6 Δημιουργία στήλης <i>geom</i> στον πίνακα <i>points</i>	61
A.7 Δημιουργία index στον πίνακα <i>points</i>	61
A.8 Δημιουργία πίνακα <i>routes</i>	61
A.9 Δημιουργία πίνακα <i>ship_type</i> με στατικά δεδομένα	61
A.10 Δημιουργία index στον πίνακα <i>ship_type</i>	62
A.11 Δημιουργία πίνακα <i>ship_info</i>	62

A.12 Δημιουργία index στον πίνακα <i>ship_info</i>	62
A.13 Σύνδεση πινάκων μέσω της σχέσης πρωτεύοντος-ξένου κλειδιού	62
A.14 Δημιουργία του πίνακα <i>in_port</i>	62
A.15 Σύνδεση του πίνακα <i>in_port</i> με τον πίνακα <i>ship_info</i>	63
A.16 Δημιουργία index στον πίνακα <i>in_port</i>	63
Παράρτημα Β Επεξεργασία και Ανάλυση δεδομένων	65
B.1 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά ανά τύπο πλοίου.....	65
B.2 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά ανά σημαία προέλευσης.....	65
B.3 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά για τον κάθε μήνα	66
B.4 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στον εξωτερικό λιμένα	66
B.5 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E1	67
B.6 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E2	67
B.7 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στον εσωτερικό λιμένα	67
B.8 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E9	68
B.9 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E11	68
B.10 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E12	68
B.11 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων	69
B.12 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στο Πασαλιμάνι ...	69
B.13 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά για την πρώτη εβδομάδα κάθε μήνα	69
B.14 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά για κάθε μέρα του μήνα Μαΐου.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

Στον ραγδαία αναπτυσσόμενο χώρο της Ναυτιλίας, η ανάγκη για τον εντοπισμό της θέσης των πλοίων και τις υπηρεσίες παρακολούθησης αυτών, είναι ζωτικής σημασίας. Το σύστημα AIS (Automatic Identification System) σχεδιάστηκε για αυτόν ακριβώς τον σκοπό, δηλαδή για να υποστηρίξει τις λιμενικές αρχές στην επίτευξη του καλύτερου ελέγχου της θαλάσσιας κυκλοφορίας.

Στο Πανεπιστήμιο Πειραιά έχει εγκατασταθεί μία κεραία που λαμβάνει σήματα τύπου AIS, τα οποία εκπέμπουν τα κινούμενα στην περιοχή πλοία. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα θέσης των πλοίων που συλλέχθηκαν κατά το διάστημα μεταξύ ‘01-05-2016’ και ‘31-08-2016’ σε ακτίνα 25 χιλιομέτρων από το λιμάνι του Πειραιά.

1.1 Σχετικές εργασίες

Όσον αφορά τις εφαρμογές που έχουν ήδη αναπτυχθεί σχετικά με τα δεδομένα που συλλέγονται από τα σήματα AIS που λαμβάνονται από τις κεραίες, αυτές ποικίλουν.

Ξεκινώντας από την πλατφόρμα *MarineTraffic* [1], η οποία αποτελεί την πιο δημοφιλή υπηρεσία παρακολούθησης τροχιών των πλοίων, αυτή δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Προσφέρει πληροφορίες πραγματικού χρόνου σχετικά με τις μετακινήσεις των πλοίων διεθνώς, καθώς και πληροφορίες για αφίξεις και αναχωρήσεις δρομολογίων των πλοίων. Διαθέσιμα είναι ακόμα ιστορικά δεδομένα δρομολογίων και τροχιών πλοίων. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί με ειδικό αίτημα TCP να ανακτήσει τα δεδομένα αυτά σε μορφή XML και JSON. Τα σήματα AIS που εκπέμπονται, στέλνονται στον server της *MarineTraffic* και οπτικοποιούνται άμεσα σε χάρτες, ώστε να είναι προσβάσιμα σε όλους τους επισκέπτες της σελίδας.

Το *VesselTracker* [2] προσφέρει επίσης στους εγγεγραμμένους χρήστες του τις θέσεις των πλοίων, πληροφορίες για αυτά, αναφορές και στατιστικά στοιχεία. Έχει ακόμα τη δυνατότητα να παρέχει ιστορικά δεδομένα AIS, πρόγνωση καιρού και συναγερμούς για πλοία μέσω email, SMS μηνύματος ή τηλεφώνου.

Η πλατφόρμα *MariWeb* [3] αναπτύχθηκε από την IMIS Global και παρέχει υπηρεσίες παρακολούθησης των τροχιών των πλοίων. Η εταιρεία αυτή διαθέτει το δικό της ιδιωτικό δίκτυο, μέσω του οποίου τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί και αποθηκευτεί, στη συνέχεια στέλνονται στον κεντρικό server της *MariWeb*, για να είναι οπτικά προσβάσιμα στους πελάτες της. Πιο συγκεκριμένα παρέχει, εκτός από τις τροχιές των πλοίων, και χαρακτηριστικά των πλοίων, τον προορισμό τους, εκτιμώμενο χρόνο άφιξης, φωτογραφικό υλικό καθώς και στατιστικά κίνησης στα λιμάνια.

Τα *ShipFinder* [4] και *FleetMon* [5] προσφέρουν υπηρεσίες παρακολούθησης πλοίων όπως τα παραπάνω προαναφερθέντα συστήματα. Διαφοροποιούνται στο γεγονός πως η πρόσβαση στις υπηρεσίες τους περιορίζεται μόνο στα ειδικά εγγεγραμμένα μέλη. Παρ' όλα αυτά τα εγγεγραμμένα μέλη απολαμβάνουν μία πληθώρα υπηρεσιών όπως φωτογραφικό υλικό, τροχιές πλοίων, ΒΔ πλοίων, ΒΔ λιμανιών, θαλάσσια νέα και πρόσβαση σε ιστορικά δεδομένα. Οι προσφερόμενες υπηρεσίες είναι διαθέσιμες και στις δύο πλατφόρμες και σε εφαρμογή στο κινητό τηλέφωνο.

Τέλος, η πλατφόρμα *VesselFinder* [6] είναι ένας ακόμα δημοφιλής διαδικτυακός τύπος, που προσφέρει οπτικοποιημένα δεδομένα πλοίων, χάρτη με τα κινούμενα πλοία, φωτογραφικό υλικό, πληροφορίες για τα λιμάνια, στατικά και μη θαλάσσια δεδομένα. Η πλατφόρμα αυτή αναπτύχθηκε από την AIS Hub και είναι η μόνη υπηρεσία που παρέχει εντελώς δωρεάν όλα τα συλλεχθέντα AIS δεδομένα στους χρήστες της.

Table 1.1. Συγκριτικός πίνακας χαρακτηριστικών των προαναφερθέντων διαδικτυακών εφαρμογών

Διαδικτυακή Πλατ-Αναπτύχθηκε από φόρμα	Πρόσβαση σε δεδομένα χωρίς δημιουργία λογαριασμού	Παρέχει ιστορικά δεδομένα	Διαθέσιμα δεδομένα σε μορφή XML και JSON	
MarineTraffic	Πανεπιστήμιο Αιγαίου	✓	✓	✓
VesselTracker	IT specialist and Port Operations Manager	-	✓	-
MariWeb	IMIS Global	-	-	-
ShipFinder	Lloyd's List Intelligence	-	-	-
FleetMon	Lloyd's List Intelligence	-	✓	-
VesselFinder	AIS Hub	✓	✓	✓

1.2 Στόχος της εργασίας και κίνητρο

Στο Πανεπιστήμιο Πειραιά έχει εγκατασταθεί μία κεραία που λαμβάνει σήματα τύπου AIS (Automatic Identification System), τα οποία εκπέμπουν τα κινούμενα στην περιοχή πλοία. Με βάση τα στοιχεία που παρέχονται από τα σήματα αυτά,

έχει δημιουργηθεί μία Βάση Δεδομένων (ΒΔ), η οποία περιλαμβάνει όλα τα σήματα που έλαβε η κεραία από τον Μάιο του 2016 μέχρι και τον Αύγουστο του 2016. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εμπλουτισμός της υπάρχουσας Βάσης Δεδομένων με σχετικό υλικό από ανοικτές ΒΔ και η αφήγηση μίας ιστορίας (data storytelling) σχετικά με την κίνηση των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ως προδιαγραφές του τελικού μοντέλου ορίζονται επομένως η εμπλουτισμένη Βάση Δεδομένων με νέα δεδομένα από άλλες ανοικτές Βάσεις, καθώς και η ιστορία αφήγησης σχετικά με την κίνηση των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά. Όσον αφορά τα δεδομένα της υπάρχουσας Βάσης Δεδομένων, αυτά είναι χωροχρονικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα είναι τα εξής:

- χρονική σήμανση (timestamp)
- τύπος πλοίου (type)
- ταυτότητα ναυτιλιακής κινητής υπηρεσίας (mmsi)
- ναυτιλιακή κατάσταση του πλοίου (status)
- γεωγραφικό μήκος θέσης πλοίου (longitude/lon)
- γεωγραφικό πλάτος θέσης πλοίου (latitude/lat)
- αληθής πορεία (heading)
- ρυθμός στροφής (turn)
- ταχύτητα ως προς τον βυθό (speed)
- πορεία ως προς τον βυθό (course)

Η ιστορία αφήγησης θα παρουσιάζεται συνοδευόμενη από οπτικό υλικό, το οποίο θα προκύπτει από την κατάλληλη εφαρμογή οπτικοποίησης χωροχρονικών δεδομένων. Η εφαρμογή που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη του τελικού μοντέλου είναι το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων της PostgreSQL σε συνδυασμό με την επέκταση της PostgreSQL PostGIS, η οποία επιτρέπει την επεξεργασία και αποθήκευση χωροχρονικών δεδομένων. Στα πλαίσια της οπτικοποίησης των εν λόγω δεδομένων απαραίτητο εργαλείο αποτελεί το QGIS, μέσω του οποίου θα απεικονίζονται σε χάρτη τα δεδομένα της Βάσης που έχουν δημιουργηθεί. Όσον αφορά την ιστορία αφήγησης σχετικά με την κίνηση των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά, αυτή θα δημιουργηθεί με την επεξεργασία των υπάρχοντων δεδομένων μέσω της εκτέλεσης κατάλληλα σχεδιασμένων ερωταποκρίσεων (queries) στη ΒΔ. Μέσω των παραπάνω προαναφερθέντων ενεργειών αναμένεται να προκύψουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα και αποτελέσματα, τα οποία θα βοηθήσουν στην εξαγωγή στατιστικών για το λιμάνι του Πειραιά και την κίνηση των πλοίων γύρω και μέσα σε αυτό.

Πιο αναλυτικά, με τη βοήθεια της ανανεωμένης Βάσης Δεδομένων που θα δημιουργηθεί, θα απαντηθούν τα εξής ερωτήματα:

- Ποια πλοία βρίσκονται στο λιμάνι του Πειραιά μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή;

- Ποιος είναι ο αριθμός των πλοίων που έχουν επισκεφθεί το λιμάνι του Πειραιά τη συγκεκριμένη περίοδο, για την οποία έχουμε δεδομένα;
- Ποιος είναι ο αριθμός των πλοίων που έχουν επισκεφθεί το λιμάνι του Πειραιά τη συγκεκριμένη περίοδο ανά κατηγορία πλοίου;
- Ποιος είναι ο αριθμός των πλοίων που έχουν επισκεφθεί το λιμάνι του Πειραιά τη συγκεκριμένη περίοδο κατηγοριοποιημένα ανά σημαία (χώρα προέλευσης);
- Ποιος είναι ο μέσος αριθμός πλοίων ανά μήνα;
- Ομαδοποίηση πλοίων ως προς τον τύπο με βάση τη μαρίνα στην οποία βρίσκονται.

Το γεγονός ότι το αντικείμενο της εργασίας αυτής βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα (σήματα που έχουν ληφθεί από την εγκατεστημένη κεραία), την καθιστά αυτόματα ενδιαφέρουσα προς περαιτέρω διερεύνηση. Ένας επιπλέον λόγος για τον οποίο αξίζει να αφιερωθεί χρόνος για την εκπόνηση της εργασίας αυτής, είναι η μεγάλη χρησιμότητα της εφαρμογής σε διάφορους τομείς όπως αυτοί της Ναυτιλίας, της Οικονομίας καθώς και της Περιβαλλοντολογίας.

1.3 Δομή εργασίας

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε (5) κεφάλαια. Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή και πραγματεύεται θέματα όπως το αντικείμενο της εργασίας, καθώς ακόμα περιγράφει με λίγα λόγια τη μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την εκπόνηση αυτής. Επιπλέον, γίνεται λόγος για σχετικές εργασίες και εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί, ενώ στο τέλος γίνεται μία περιγραφή του περιεχομένου των κεφαλαίων της.

Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολείται με το υπόβαθρο που είναι απαραίτητο για την εισαγωγή στο συγκεκριμένο θέμα. Προηγείται μία μικρή εισαγωγή, ενώ στη συνέχεια αναλύονται τα συστήματα και οι εφαρμογές που εμπλέκονται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται λόγος για την τροχιά ενός κινούμενου αντικειμένου και στη συνέχεια αναλύονται το σύστημα AIS, το αντικειμενοσχεσιακό σύστημα βάσεων δεδομένων PostgreSQL, η επέκταση της PostgreSQL για χωρικά δεδομένα PostGIS, καθώς επίσης και το εργαλείο οπτικοποίησης QGIS.

Στο τρίτο κεφάλαιο, το οποίο πραγματεύεται τον σχεδιασμό της βάσης δεδομένων, παρουσιάζονται και αναλύονται τα τρία στάδια σχεδιασμού της βάσης. Αναλύονται επομένως ο εννοιολογικός, ο λογικός και ο φυσικός σχεδιασμός, καθώς επίσης περιγράφονται εκτενώς τα βήματα, τα οποία ακολουθήθηκαν για να υλοποιηθεί η βάση δεδομένων.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιέχει την ιστορία αφήγησης και τη στατιστική ανάλυση. Αρχικά, γίνεται μία εισαγωγή, ενώ στη συνέχεια τα δεδομένα υφίστανται κατηγοριοποιήσεις βάσει κάποιων χαρακτηριστικών τους. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται κατηγοριοποίηση με βάση τις στατικές πληροφορίες, τις γεωγραφικές πληροφορίες

καθώς και με βάση τον χρόνο. Τέλος, ακολουθεί η ανάπτυξη σεναρίων και η εξαγωγή συμπερασμάτων για αυτά, συνοδευόμενες από τα κατάλληλα γραφήματα.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο βρίσκονται τα συμπεράσματα. Στην αρχή γίνεται μία εισαγωγή, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις που αφορούν το θέμα που πραγματεύεται η εργασία αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Υπόβαθρο

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η αρχιτεκτονική του συστήματος που χρησιμοποιείται για την επίτευξη των στόχων της εργασίας. Ακόμα αναλύονται εκτενώς τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση, επεξεργασία και αποθήκευση χωροχρονικών δεδομένων.

2.2 Τροχιά κινούμενου αντικειμένου (trajectory)

Ως τροχιά ενός κινούμενου αντικειμένου (trajectory), ορίζεται η ακολουθία όλων των χωροχρονικών δεδομένων που παράγονται κατά την κίνηση του αντικειμένου αυτού. Επομένως, μία τροχιά αποτελεί την ακολουθία των σημείων της θέσης του αντικειμένου στον χώρο για κάθε χρονική στιγμή. Η παραπάνω ακολουθία μπορεί να περιγραφεί με τον παρακάτω τύπο:

$$T = \{ \langle p_1, t_1 \rangle, \langle p_2, t_2 \rangle, \dots, \langle p_n, t_n \rangle \},$$

όπου p_i είναι ένα 2-διάστατο ή 3-διάστατο σημείο στον χώρο και t_i η χρονική στιγμή που καταγράφηκε το σημείο αυτό.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά μίας τροχιάς ενός κινούμενου αντικειμένου είναι το μήκος της, το οποίο ορίζεται από το σημείο εκκίνησης μέχρι το σημείο τερματισμού της. Ένα άλλο γνώρισμα το οποίο χαρακτηρίζει την τροχιά ενός κινούμενου αντικειμένου, είναι η διάρκεια της τροχιάς, η οποία ορίζεται ως η χρονική διάρκεια που χρειάζεται, ώστε το κινούμενο αντικείμενο να φτάσει από το σημείο εκκίνησης στο σημείο τερματισμού.

Η αναπαράσταση της τροχιάς στον χώρο, απεικονίζεται με μία 3-διάστατη γραμμή, η οποία αποτελείται από τα σημεία που βρέθηκε το κινούμενο αντικείμενο σε κάθε χρονική στιγμή. Στην απεικόνιση 2.1 παρουσιάζεται η κίνηση ενός αντικειμένου, καθώς επίσης και δύο διαφορετικές τροχιές που μπορούν να προκύψουν από το κινούμενο αυτό αντικείμενο.



Fig. 2.1. Απεικόνιση της συνεχούς τροχιάς ενός αντικειμένου και απεικόνιση δύο διαφορετικών τροχιών ενός κινούμενου αντικειμένου

Για την αποτελεσματική αναπαράσταση των τροχιών, απαραίτητη είναι η διαδικασία της παρεμβολής, της σύνδεσης δηλαδή των χρονοσημασμένων σημείων με τέτοιο τρόπο, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να προσεγγίζει την πραγματική τροχιά. Μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές αναπαράστασης των τροχιών είναι η γραμμική παρεμβολή, σύμφωνα με την οποία μεταξύ δύο σημείων θέσης μίας τροχιάς, το αντικείμενο κινείται με σταθερή ταχύτητα σε ευθεία γραμμή.

2.3 Το σύστημα AIS

Το σύστημα AIS, δηλαδή Σύστημα Αυτόματης Αναγνώρισεως (Automatic Identification System), αποτελεί ένα σύστημα αυτόματης ανταλλαγής ψηφιακών σημάτων μεταξύ των πλοίων [7]. Τα AIS δεδομένα περιέχουν πληροφορίες που αφορούν την ταυτότητα του πλοίου, τον τύπο, τη θέση και την ταχύτητά του και άλλες στατικές και δυναμικές πληροφορίες. Πρωταρχικός σκοπός του AIS συστήματος είναι αφενός να επιτρέπει στα πλοία να εντοπίσουν τη θέση άλλων κινούμενων στην περιοχή πλοίων και αφετέρου να επιτρέψει στα παράκτια συστήματα κυκλοφορίας πλοίων να εντοπίζουν τη θέση των κινούμενων πλοίων.

Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας [8] (IMO - International Maritime Organization) απαιτεί από τα πλοία άνω των 299GT (gross register tonnage) να φέρουν συσκευή τύπου AIS, η οποία θα μεταδίδει στατικές, δυναμικές και άλλες παραμέτρους ταξιδιού που αφορούν την κίνηση των πλοίων.

Τα AIS δεδομένα που συλλέχθηκαν από την εγκατεστημένη στον Πειραιά κεραία, παρέχονται σε τέσσερα csv (Comma-Separated Values) αρχεία και περιέχουν σχετικές πληροφορίες για τον κάθε μήνα ξεχωριστά (Μάιος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος). Στον πίνακα 2.1 απεικονίζονται τα χαρακτηριστικά των AIS δεδομένων, δηλαδή οι πληροφορίες που παρέχουν τα αρχεία με τα δεδομένα, ενώ στην εικόνα 2.2 απεικονίζονται τα AIS δεδομένα που έχουν καταγραφεί και υπάρχουν στα csv αρχεία.

Table 2.1. Χαρακτηριστικά των AIS δεδομένων

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
timestamp	χρονική σήμανση
type	τύπος πλοίου
mmsi	ταυτότητα ναυτιλιακής κινητής υπηρεσίας
status	ναυτιλιακή κατάσταση του πλοίου
lon	γεωγραφικό μήκος θέσης πλοίου
lat	γεωγραφικό πλάτος θέσης πλοίου
heading	αληθής πορεία
turn	ρυθμός στροφής
speed	ταχύτητα ως προς τον βυθό
course	πορεία ως προς τον βυθό

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	timestamp	type	mmsi	status	lon	lat	heading	turn	speed	course
2	1470009601	1	241037000	9	23.6392	37.94617	33	0	0	173.5
3	1470009603	1	319022000	0	23.65198	37.93224			0	207.7
4	1470009603	1	378007000	0	23.6475	37.93292	124	0	0	313.3
5	1470009604	3	229709000	0	23.64788	37.93289	137	0	0	321
6	1470009604	1	239793800	0	23.60383	37.94927			0	0
7	1470009604	1	240897000	0	23.57379	37.95409			0	94
8	1470009605	3	240370000	5	23.668	37.93788	296	0	0	141.5
9	1470009605	1	248609000	0	23.64783	37.93283	137	0	0	322.8
10	1470009606	1	239634000	0	23.62332	37.93452			0	0
11	1470009606	1	240389000	0	23.63833	37.94433	217	0.714245	0	121
12	1470009607	3	538002050	1	23.53081	37.84844	326	0	0.1	212.8
13	1470009607	1	241087000	0	23.64028	37.94695	262	0	0	262
14	1470009607	1	240612000	15	23.6095	37.95759			0	333.7
15	1470009607	1	237416000	0	23.64005	37.94263	271	0	0	0
16	1470009607	1	239786000	0	23.60671	37.95318	287	0	0	0
17	1470009608	1	237808200	0	23.64116	37.94455			0	0
18	1470009608	1	240391000	0	23.56461	37.96252			0	330.1
19	1470009608	1	357662000	0	23.64775	37.93257			0	
20	1470009608	1	218186000	0	23.63020	37.97517	220	0	0	224.0

Fig. 2.2. Δεδομένα από τα csv αρχεία

2.4 PostgreSQL

Για την αποτελεσματική αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση χωροχρονικών δεδομένων, είναι απαραίτητη μία σχεσιακή βάση δεδομένων που θα επιτρέψει τις λειτουργίες σε χωρικά δεδομένα. Για τον λόγο αυτό, για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε η χρήση της PostgreSQL [9]. Η PostgreSQL είναι μία δυναμική, ανοιχτού κώδικα σχεσιακή βάση δεδομένων, που αναπτύχθηκε το 1986 στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας Berkeley και βασίστηκε στην Ingres. Η πρώτη επίσημη έκδοση της PostgreSQL δημοσιεύτηκε το 1996 και ονομάστηκε έκδοση 6.0. Η έκδοση που θα χρησιμοποιηθεί για την παρούσα διπλωματική διατριβή είναι η έκδοση 9.5.10. Η PostgreSQL αποτελεί μία από τις πιο αναπτυγμένες σχεσιακές βάσεις δεδομένων, καθώς ανταγωνίζεται, σε βασικά σημεία όπως η ταχύτητα, η αξιοπιστία και η λειτουργικότητά της, οποιαδήποτε άλλη σχεσιακή βάση δεδομένων. Οι γεωμετρικοί τύποι δεδομένων αναπαριστούν χωρικά δεδομένα δύο διαστάσεων. Στον πίνακα 2.2 απεικονίζονται οι γεωμετρικοί τύποι που υποστηρίζει η PostgreSQL.

Table 2.2. Γεωμετρικοί τύποι PostgreSQL

Όνομα	Περιγραφή	Αναπαράσταση
point	σημείο στο επίπεδο	(x, y)
line	ατέρμονη γραμμή	{A,B,C}
lseg	πεπερασμένο τμήμα γραμμής	((x1,y1),(x2,y2))
box	τετράγωνο	((x1,y1),(x2,y2))
path	κλειστή τροχιά	((x1,y1),...)
path	ανοιχτή τροχιά	[(x1,y1),...]
polygon	πολύγωνο	((x1,y1),...)
circle	κύκλος	<(x, y),r> (κέντρο σημείου και ακτίνα)

2.5 PostGIS

Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των χωρικών δεδομένων που προκύπτουν από τα AIS μηνύματα, απαραίτητη είναι η χρήση ενός συστήματος διαχείρισης χωρικών δεδομένων. Το PostGIS [10] είναι μία επέκταση της PostgreSQL, η οποία προσφέρει την υποστήριξη χωρικών λειτουργιών σύμφωνα με το πρότυπο του OGC (Open Geospatial Consortium). Η επέκταση PostGIS αναπτύχθηκε από την Refractions Research Inc. και προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης ειδικών τελεστών για τη σύνταξη των ερωτημάτων (queries), χωρικών συναρτήσεων καθώς και λειτουργιών συνάθροισης πάνω σε χωρικά δεδομένα. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οπτικοποίηση δεδομένων μέσω εφαρμογών όπως το QGIS (πρώην Quantum GIS). Μεταξύ άλλων προσφέρει έναν νέο τύπο δεδομένων γεωμετρίας (geometry), νέες συναρτήσεις με παράμετρο τον τύπο δεδομένων γεωμετρίας, καθώς και τη δυνατότητα δημιουργίας χωρικών ευρετηρίων (indexes) για αποτελεσματικότερη και ταχύτερη αναζήτηση και προσπέλαση των δεδομένων. Στον πίνακα 2.3 απεικονίζονται οι γεωμετρικοί τύποι δεδομένων που υποστηρίζει η επέκταση PostGIS.

Table 2.3. Γεωμετρικοί τύποι PostGIS

Όνομα	Περιγραφή	Αναπαράσταση
Point	Σημείο	POINT(0 0)
Linestring	Γραμμή	LINestring(0 0, 1 1, 2 1, 2 2)
Polygon	Πολύγωνο	POLYGON((0 0, 1 0, 1 1, 0 1, 0 0))
MultiPoint	Πολλαπλά σημεία	MULTIPOINT(0 0, 1 2)
MultiLinestring	Πολλαπλές γραμμές	MULTILINestring((0 0, 1 1, 1 2), (2 3, 3 2, 5 4))
MultiPolygon	Πολλαπλά πολύγωνα	MULTIPOLYGON(((0 0, 4 0, 4 4, 0 4, 0 0), (1 1, 2 1, 2 2, 1 2, 1 1)), ((-1 -1, -1 -2, -2 -2, -2 -1, -1 -1)))
GeometryCollection	Συλλογές γεωμετρικών στοιχείων	GEOMETRYCOLLECTION(POINT(2 0),POLYGON((0 0, 1 0, 1 1, 0 1, 0 0)))

Τέλος, το PostGIS υποστηρίζει επίσης πλήθος προβολικών συστημάτων αναφοράς κάθε ένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από έναν συγκεκριμένο κωδικό, το SRID (Spatial Reference System Identifier). Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιούνται το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ87), το οποίο αποτελεί προβολικό σύστημα αναφοράς με SRID 2100 και μονάδα μέτρησης τα μέτρα, καθώς και το σύστημα συντεταγμένων WGS84, το οποίο είναι γεωγραφικό σύστημα, έχει μονάδα μέτρησης τις μοίρες και SRID 4326.

2.6 QGIS

Το QGIS (παλαιότερα γνωστό και ως Quantum GIS) [11] είναι μία δωρεάν ανοιχτού κώδικα εφαρμογή που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, ανάλυση και παρουσίαση γεωγραφικών δεδομένων. Στα πλαίσια της οπτικοποίησης επομένως των εν λόγω δεδομένων απαραίτητο εργαλείο αποτελεί το QGIS, μέσω του οποίου θα απεικονίζονται σε χάρτη τα δεδομένα της Βάσης που έχουν δημιουργηθεί. Απαραίτητη είναι επίσης η προσθήκη του πρόσθετου (plugin) OpenStreetMap (OSM), το οποίο θα εισάγει ως επίπεδο (layer) τον γεωγραφικό χάρτη. Ένας από τους κυριότερους λόγους που επιλέχθηκε το QGIS για την οπτικοποίηση των δεδομένων, είναι πως μπορεί να αλληλοεπιδράσει με τα δεδομένα που περιέχονται στη βάση δεδομένων PostgreSQL με την προϋπόθεση να έχει ενεργοποιηθεί η επέκταση PostGIS. Επομένως, βοηθά στην άμεση εισαγωγή, διαχείριση, τροποποίηση και οπτικοποίηση των δεδομένων που υπάρχουν στη βάση δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων

3.1 Εισαγωγή

Κατά τη φάση του σχεδιασμού μίας Βάσης Δεδομένων είναι απαραίτητο πρώτα να αναλυθούν τα στάδια σχεδιασμού του μοντέλου δεδομένων. Αυτά τα στάδια αποτελούνται από τον εννοιολογικό, τον λογικό και τον φυσικό σχεδιασμό της βάσης δεδομένων. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν εκτενώς τα τρία αυτά στάδια σχεδιασμού της βάσης δεδομένων, ώστε να προκύψει μία λογικά σχεδιασμένη και άρτια βάση δεδομένων. Μετά την ανάλυση των προαναφερθέντων σταδίων έπεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της ΒΔ στο Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων της PostgreSQL.

3.2 Εννοιολογικός σχεδιασμός

Ο εννοιολογικός σχεδιασμός αποτελεί την πρώτη φάση της διαδικασίας σχεδιασμού της Βάσης και περιέχει τη δημιουργία του εννοιολογικού επιπέδου μίας ΒΔ. Το εννοιολογικό μοντέλο περιγράφεται σε φυσική γλώσσα και ασχολείται με τις οντότητες, τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων, τις συσχετίσεις μεταξύ των οντοτήτων και με τους κανόνες-περιορισμούς που απαιτούνται για τον σχεδιασμό μίας Βάσης.

Οι οντότητες (entities) μπορεί να είναι οποιοδήποτε γεωμετρικού τύπου όπως σημεία, γραμμές, πολύγωνα κ.ά.. Χαρακτηριστικό των οντοτήτων είναι πως έχουν χωρικές συσχετίσεις (relationships) μεταξύ τους. Οι συσχετίσεις αυτές αποτελούν τους κανόνες με βάση τους οποίους τα χωρικά δεδομένα αποθηκεύονται στη ΒΔ. Επόμενο κομμάτι του εννοιολογικού μοντέλου, αποτελεί η εισαγωγή περιορισμών ακεραιότητας στη σχεδίαση μίας ΒΔ. Τέτοιοι περιορισμοί μπορεί να είναι οι περιορισμοί πεδίου τιμών (domain constraints), η ακεραιότητα της οντότητας (entity integrity) καθώς και η αναφορική ακεραιότητα (referential integrity).

Στην απεικόνιση 3.1 παρουσιάζεται η αναπαράσταση των δεδομένων της βάσης σε ένα UML διάγραμμα. Το UML διάγραμμα σχεδιάστηκε για την αναπαράσταση δεδομένων όπως τα AIS μηνύματα που λήφθηκαν, στατικές πληροφορίες για τα πλοία, καθώς και άλλα δεδομένα που προκύπτουν από τα AIS μηνύματα.

Η κλάση *ais_data* αναπαριστά τις πληροφορίες που περιέχουν τα csv αρχεία με τα AIS δεδομένα και περιέχει τα εξής χαρακτηριστικά: *mmsi* (ταυτότητα ναυτιλιακής κινητής υπηρεσίας), το οποίο αποτελεί και ξένο κλειδί στην κλάση *ship_info*, *timestamp* (χρονική σήμανση), *type* (τύπος πλοίου), *status* (ναυτιλιακή κατάσταση του πλοίου), *lon* (γεωγραφικό μήκος θέσης πλοίου), *lat* (γεωγραφικό πλάτος θέσης πλοίου), *heading* (αληθής πορεία), *turn* (ρυθμός στροφής), *speed* (ταχύτητα ως προς τον βυθό), *course* (πορεία ως προς τον βυθό).

Η κλάση *ship_info* περιέχει στατικές πληροφορίες για τα πλοία, όπως όνομα, τύπος, σημαία και ταυτότητα ναυτιλιακής κινητής υπηρεσίας- mmsi, το οποίο αποτελεί και πρωτεύον κλειδί στην κλάση *ship_info*.

Η κλάση *routes* αναπαριστά τις τροχιές που έχουν διαγράψει τα πλοία ανά ημέρα και περιέχει χαρακτηριστικά όπως id (μοναδικός κωδικός για κάθε πλοίο), mmsi (ταυτότητα ναυτιλιακής κινητής υπηρεσίας), timestamp (χρόνος-ημέρα που καταγράφηκε η τροχιά) και trajectory (τροχιά που ακολούθησε το πλοίο).

Η κλάση *points* εκτός από τα χαρακτηριστικά όπως id, mmsi, γεωγραφικές συντεταγμένες (lon, lat), χρόνος (timestamp) περιέχει ακόμη την αναπαράσταση του σημείου της θέσης του πλοίου ως αντικείμενο γεωμετρίας.

Τέλος, κλάση *in_port* περιέχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την κλάση *points* με τη μόνη διαφορά πως εμπεριέχει τα πλοία που έχουν εντοπιστεί εντός του λιμένα Πειραιώς.

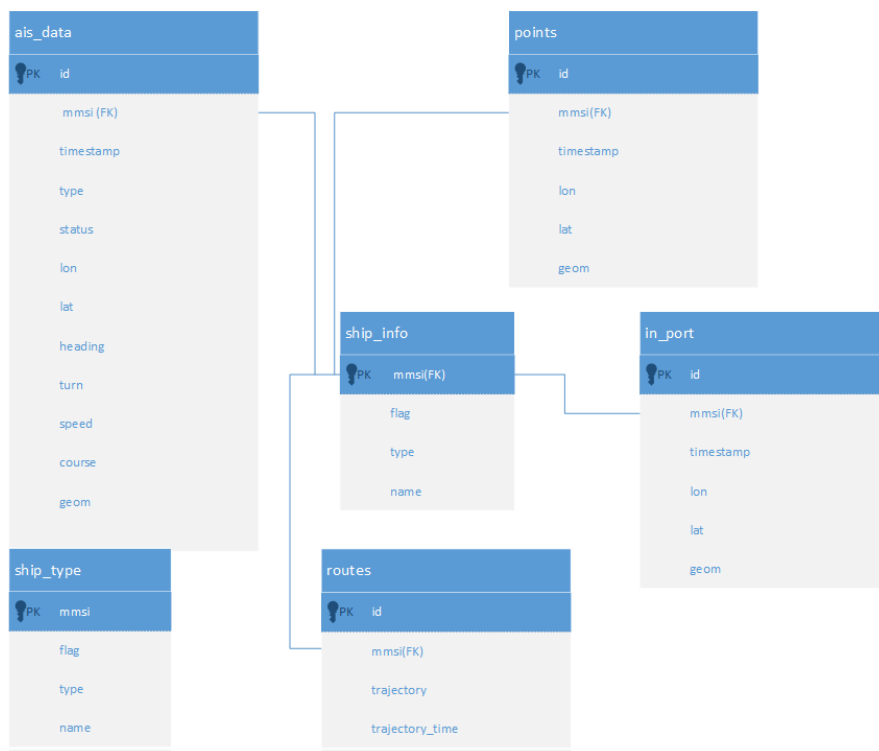


Fig. 3.1 UML διάγραμμα με τα δεδομένα της βάσης δεδομένων

3.3 Λογικός σχεδιασμός

Ο λογικός σχεδιασμός αποτελεί τη δεύτερη φάση στη διαδικασία σχεδιασμού της βάσης δεδομένων. Παίρνει ως δεδομένα τα αποτελέσματα του εννοιολογικού σχεδιασμού και από αυτό το σημείο ξεκινάει η ανάλυση του λογικού σχεδιασμού. Ενώ στην προηγούμενη φάση αναλύθηκαν και αναπτύχθηκαν τα περιεχόμενα των δεδομένων, σε αυτή τη φάση θα προσδιοριστεί λογικά η δομή των δεδομένων και ο τρόπος αποθήκευσής τους στη βάση. Το κομμάτι του λογικού σχεδιασμού αναπαρίσταται μέσω των πινάκων, των στηλών ενός πίνακα, των συσχετίσεων, καθώς και των πρωτευόντων και ξένων κλειδιών.

Χρησιμοποιώντας το UML διάγραμμα που προέκυψε από την προηγούμενη φάση σχεδίασης (εννοιολογικό επίπεδο), θα γίνει η μετατροπή από το εννοιολογικό στο λογικό επίπεδο. Από αυτή τη μετατροπή θα προκύψει άλλο ένα UML διάγραμμα, το οποίο θα αναπαριστά το σχεσιακό μοντέλο της ΒΔ. Για την ορθή μετατροπή από το ένα διάγραμμα στο άλλο, απαραίτητο είναι να ακολουθηθούν κάποιοι κανόνες. Πιο συγκεκριμένα οι κανόνες παρατίθενται παρακάτω:

1. Κάθε κλάση του UML διαγράμματος μετατρέπεται σε πίνακα.
2. Για κάθε πίνακα που προκύπτει, δημιουργείται στήλη ως πρωτεύον κλειδί.
3. Κάθε χαρακτηριστικό της κλάσης μετατρέπεται σε στήλη πίνακα. Τα μονότιμα χαρακτηριστικά μετατρέπονται σε στήλες πίνακα του ίδιου τύπου δεδομένων, ενώ τα πλειότιμα χαρακτηριστικά δημιουργούν πίνακα με ξένο κλειδί το πρωτεύον κλειδί του πίνακα από τον οποίον προήλθαν.
4. Οι συσχετίσεις μεταξύ κλάσεων μετατρέπονται σε πίνακες με τη χρήση πρωτεύοντος και ξένου κλειδιού. Για τις κλάσεις με συσχέτιση ένα προς ένα, τα χαρακτηριστικά και των δύο κλάσεων δημιουργούν έναν νέο πίνακα. Για τις κλάσεις με συσχέτιση ένα προς πολλά, το πρωτεύον κλειδί της μίας οντότητας γίνεται ξένο κλειδί της άλλης. Και τέλος στην περίπτωση κλάσης με συσχέτιση πολλά προς πολλά, δημιουργείται νέος πίνακας με πρωτεύον κλειδί τον συνδυασμό των πρωτευόντων κλειδιών των κλάσεων. Ο καινούριος πίνακας συνδέεται με τους άλλους δύο μέσω του πρωτεύοντος κλειδιού του, το οποίο είναι ξένο κλειδί στους άλλους δύο.

3.4 Φυσικός σχεδιασμός

Στον φυσικό σχεδιασμό περιλαμβάνονται οι εσωτερικές δομές αποθήκευσης και οργάνωσης αρχείων καθώς και τα ευρετήρια.

Σε αυτό το στάδιο, και με τη βοήθεια των απαραίτητων εργαλείων, γίνεται η ενσωμάτωση και η αποθήκευση αυτών των δεδομένων στη ΒΔ. Όσον αφορά τους περιορισμούς που πρέπει να εφαρμοστούν στα δεδομένα, αυτοί είναι αρχικά η αποφυγή διπλών εγγραφών. Αυτές είναι πιθανόν να προκληθούν από το γεγονός ότι τα

νέα δεδομένα προέρχονται από διαφορετικές πηγές και μπορεί να περιέχουν πανομοιότυπα δεδομένα. Ένας επιπλέον περιορισμός μπορεί να είναι ακόμα η ανάγκη για μετατροπή του τύπου των νέων δεδομένων, ώστε να συμμορφώνονται με τα υπάρχοντα δεδομένα και να συμπληρώνουν την ομοιογένεια της υπάρχουσας ΒΔ.

Στο σημείο αυτό περιγράφονται εκτενώς οι σχεδιαστικές τεχνικές που θα ακολουθηθούν για την υλοποίηση του τελικού μοντέλου της εργασίας αυτής.

Πρώτο στάδιο του φυσικού σχεδιασμού αποτελεί η δημιουργία της βάσης στην PostgreSQL με όνομα *db_ais*. Στο Παράρτημα A.1 παρουσιάζεται η εντολή που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της βάσης.

Ξεκινώντας από τα δεδομένα που παρέχονται από τα AIS μηνύματα που λαμβάνει η κεραία, τα δεδομένα δηλαδή που προέρχονται από τα csv αρχεία, θα δημιουργηθεί ένας πίνακας στη ΒΔ που θα ονομάζεται *ais_data*. Ο πίνακας αυτός θα περιέχει τα δεδομένα από τα AIS μηνύματα που λήφθηκαν. Τα χαρακτηριστικά του πίνακα αυτού θα είναι τα εξής πεδία:

- id (μοναδικός αριθμός που χαρακτηρίζει κάθε εγγραφή)
- timestamp (χρονική σήμανση)
- type (τύπος πλοίου)
- mmsi (ταυτότητα ναυτιλιακής κινητής υπηρεσίας)
- status (ναυτιλιακή κατάσταση του πλοίου)
- lon (γεωγραφικό μήκος θέσης πλοίου)
- lat (γεωγραφικό πλάτος θέσης πλοίου)
- heading (αληθής πορεία)
- turn (ρυθμός στροφής)
- speed (ταχύτητα ως προς τον βυθό)
- course (πορεία ως προς τον βυθό)

Το Παράρτημα A.2 δείχνει την εντολή (query) που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του πίνακα *ais_data*.

Στη συνέχεια με την εντολή που περιέχει το Παράρτημα A.3 γεμίζει ο πίνακας με τα δεδομένα από τα AIS μηνύματα, που βρίσκονται στα csv αρχεία. Πρωτεύον κλειδί του πίνακα αυτού είναι η στήλη id.

Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία χωρικών ευρετηρίων (indexes) στον πίνακα *ais_data* και σε συγκεκριμένες στήλες αυτού. Αυτό πραγματοποιείται με το query που βρίσκεται στο Παράρτημα A.4. Η απεικόνιση 3.2 δείχνει τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον πίνακα *ais_data*.

	id	timestamp	type	mmsi	status	lon	lat	heading	turn	speed	course
	[PK] serial	double precision	integer	integer	integer	double precision	double precision	integer	double precision	double precision	double precision
1	1	1464739034.287	2	218074000	5	23.5861633333333	37.9542	346	0	0	346
2	2	1464739034.393	1	237553000	7	23.612965	37.9571033333333			0	283.5
3	3	1464739034.414	1	241108000	0	23.6222183333333	37.9347783333333			0	324.2
4	4	1464739035.18	1	239634000	0	23.6233416666667	37.93451			0	0
5	5	1464739035.353	2	218074000	5	23.5861633333333	37.9542	346	0	0	346
6	6	1464739035.593	1	240920000	0	23.5654266666667	37.9291566666667			0.2	
7	7	1464739035.753	1	248609000	0	23.6478333333333	37.9328333333333	139	0	0	0
8	8	1464739036.233	2	218074000	5	23.5861633333333	37.9542	346	0	0	346
9	9	1464739036.393	1	240996000	8	23.65213	37.9322616666667	257	0.401762595000672	0	30
10	10	1464739036.446	1	241081000	0	23.683	37.931	213	0	0.1	295
11	11	1464739036.9	1	239245000	8	23.57647	37.960245			0	146.9
12	12	1464739037.887	3	256232000	5	23.59469	37.9559483333333	169	0	0	27
13	13	1464739037.908	1	237070600	0	23.61035	37.9574166666667			0	137.2
14	14	1464739037.993	1	241087000	0	23.640285	37.9469516666667	263	0	0	263
15	15	1464739038.1	1	240688000	0	23.6111466666667	37.9586116666667	299	0	0	39.2
16	16	1464739038.153	1	239748000	0	23.5603583333333	37.96055	198	0	0	356
17	17	1464739038.207	2	218074000	5	23.5861633333333	37.9542	346	0	0	346
18	18	1464739038.873	3	256232000	5	23.5946883333333	37.9559483333333	169	0	0	27
19	19	1464739038.98	1	232193000	15	23.6827033333333	37.9309416666667	215	0	0	118.9
20	20	1464739039.22	2	218074000	5	23.5861633333333	37.9542	346	0	0	346
21	21	1464739039.913	1	357662000	0	23.64779	37.9325783333333			0	

Fig. 3.2 Δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα *ais_data*

Ακολουθεί η δημιουργία του πίνακα *points* που περιέχει στήλες του πίνακα *ais_data*, καθώς και στήλη τύπου γεωμετρίας, η οποία αντιπροσωπεύει το γεωγραφικό σημείο στο οποίο εντοπίστηκε το πλοίο. Ο πίνακας *points* έχει πρωτεύον κλειδί τη στήλη *id*. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του παρατίθενται στο παράρτημα A.5, A.6.

Στο Παράρτημα A.7 παρατίθενται οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία χωρικών ευρετηρίων (*indexes*) στον πίνακα *points*. Η πρώτη εντολή δημιουργεί χωρικό ευρετήριο τύπου *gist* για τον τύπο δεδομένων γεωμετρίας που υπάρχει στη στήλη *geom*, ενώ η δεύτερη εντολή δημιουργεί ευρετήριο *R-tree* για τη στήλη *mmsi*. Στην απεικόνιση 3.3 παρουσιάζονται τα δεδομένα του πίνακα *points*.

id	mmsi	lon	lat	timestamp	geom
[PK] integer	integer	double precision	double precision	timestamp without time zone	geometry(Point,4326)
1	218074000	23.5861633333333	37.9542	2016-05-31 23:57:14.287	0101000020E6100000E7C7DACC0E963740EEBC03923FA4240
2	237553000	23.612985	37.9571033333333	2016-05-31 23:57:14.393	0101000020E610000045F0BF95EC9C374091C7AD5C82FA4240
3	241108000	23.6222183333333	37.9347783333333	2016-05-31 23:57:14.414	0101000020E61000005EA360B3499F3740845601D1A6F74240
4	239634000	23.6233416666667	37.93451	2016-05-31 23:57:15.18	0101000020E61000004F91C851939F37407AE40F069EF74240
5	218074000	23.5861633333333	37.9542	2016-05-31 23:57:15.353	0101000020E6100000E7C7DACC0E963740EEBC03923FA4240
6	240920000	23.5654266666667	37.9291566666667	2016-05-31 23:57:15.593	0101000020E6100000A99E51CDBF903740D0180C9BEEF64240
7	248609000	23.6478333333333	37.9328333333333	2016-05-31 23:57:15.753	0101000020E61000009DEC367D8A5374081A4291567F74240
8	218074000	23.5861633333333	37.9542	2016-05-31 23:57:16.233	0101000020E6100000E7C7DACC0E963740EEBC03923FA4240
9	240936000	23.65213	37.9322616666667	2016-05-31 23:57:16.393	0101000020E610000090BDDFDF1A63740EFD2AC9564F74240
10	241081000	23.683	37.931	2016-05-31 23:57:16.446	0101000020E610000022B8716D9A637408A490C022BF74240
11	239245000	23.57647	37.960245	2016-05-31 23:57:16.9	0101000020E6100000820B5899393740E292E34EE9FA4240
12	256232000	23.59469	37.9559483333333	2016-05-31 23:57:17.887	0101000020E61000001C42959A3D963740872AD6835CFA4240
13	237070600	23.61035	37.9574166666667	2016-05-31 23:57:17.908	0101000020E6100000151DC9E53F9C37404AFD1BA18CFA4240
14	241087000	23.640285	37.9469516666667	2016-05-31 23:57:17.993	0101000020E61000000E1EBF7E9A33740F39C53B635F94240
15	240688000	23.6111466666667	37.9586116666667	2016-05-31 23:57:18.1	0101000020E61000009464A21B749C3740E2F22EC9B3FA4240
16	239748000	23.5603583333333	37.96055	2016-05-31 23:57:18.153	0101000020E610000025B5CBA4738F37401E166A4DF3FA4240
17	218074000	23.5861633333333	37.9542	2016-05-31 23:57:18.207	0101000020E6100000E7C7DACC0E963740EEBC03923FA4240
18	256232000	23.5946893333333	37.9559483333333	2016-05-31 23:57:18.873	0101000020E6100000B1EFA5E7E9D93740872AD6835CFA4240
19	232193000	23.6827033333333	37.9309416666667	2016-05-31 23:57:18.98	0101000020E6100000668949A5C5A3740946B61E29F74240
20	218074000	23.5861633333333	37.9542	2016-05-31 23:57:19.22	0101000020E6100000E7C7DACC0E963740EEBC03923FA4240
21	357662000	23.64779	37.9325783333333	2016-05-31 23:57:19.913	0101000020E61000004ADC090D5A53740E741F1B5A5EF74240

Fig. 3.3 Δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα *points*

Επόμενος πίνακας προς δημιουργία είναι ο πίνακας *routes* που περιλαμβάνει τις τροχιές που έχουν διαγράψει τα πλοία σε μία ημέρα. Το Παράρτημα Α.8 περιέχει τις εντολές (queries) που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του πίνακα *routes* με πρωτεύον κλειδί τη στήλη *id*. Στην απεικόνιση 3.4 παρατίθενται τα δεδομένα του πίνακα *routes*.

mmsi	trajectory	trajectory_time	id
integer	geometry	timestamp without time zone	[PK] serial
1	00331213	2016-05-18 00:00:00	17
2	11111111	2016-05-09 00:00:00	18
3	11111111	2016-05-18 00:00:00	19
4	12345678	2016-05-02 00:00:00	20
5	12345678	2016-05-04 00:00:00	21
6	12345678	2016-05-02 00:00:00	22
7	12472132	2016-05-30 00:00:00	23
8	18507488	2016-06-06 00:00:00	24
9	20110086	2016-05-10 00:00:00	25
10	20110086	2016-05-17 00:00:00	26
11	20110097	2016-05-29 00:00:00	27
12	20110097	2016-05-26 00:00:00	28
13	20110097	2016-07-22 00:00:00	29
14	20110097	2016-08-08 00:00:00	30
15	20110097	2016-08-11 00:00:00	31
16	20110098	2016-06-03 00:00:00	32
17	201100129	2016-05-15 00:00:00	33
18	201100129	2016-05-16 00:00:00	34
19	201100129	2016-05-18 00:00:00	35
20	201100129	2016-05-28 00:00:00	36

Fig. 3.4 Δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα *routes*

Όσον αφορά τις στατικές πληροφορίες για τα πλοία, δημιουργείται στη βάση πίνακας με όνομα *ship_type*, που περιέχει πληροφορίες που αφορούν τα πλοία όπως όνομα, τύπος, σημαία κ.ά.. Στο Παράρτημα A.9 βρίσκονται οι εντολές που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία του πίνακα *ship_type* καθώς και για την εισαγωγή του περιεχομένου του πίνακα με δεδομένα που προέρχονται από τον διαδικτυακό τόπο geo data [12]. Ως πρωτεύον κλειδί του πίνακα αυτού έχει οριστεί η στήλη *mmsi*, καθώς χαρακτηρίζει μοναδικά κάθε πλοίο στον συγκεκριμένο πίνακα. Στο παράρτημα A.10 βρίσκεται η εντολή για τη δημιουργία ευρετηρίου στον πίνακα *ship_type* που βοηθά στην πιο εύκολη και γρήγορη αναζήτηση των δεδομένων του πίνακα. Στην απεικόνιση 3.5 βρίσκονται τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον πίνακα *ship_type*.

	imo character(7)	mmsi [PK] integer	name character(20)	flag character(2)	type text
1	5152325	56	HARMONY		Oil Products Tanker
2	9037501	83	NIM WAN		Container Ship
3	6325745	95	RSS BRAVE		Ocher Type
4	9264594	98	FV DARING		Not available
5	8812863	112	MV GENERAL DEL FILAR		General Cargo
6	7902843	133	MT CHELSEA RESOLUTE		Base Station
7	6723915	200	RO-ROZAFER		Ro-Ro Cargo
8	1006128	232	BOADICEA	UK	Yacht
9	9344978	244	ALP IPPON	NL	Tug
10	9581485	252	MOSAB 2	LI	Tug
11	8913239	356	KOMMANDOREN	PA	Ro-Ro/Passenger Ship
12	9167239	378	YUNG SHUE WAN	VG	Cargo
13	9015682	548	DON ALFREDO SR. 2	PH	General Cargo
14	9557800	605	SACORA	DZ	General Cargo
15	1388888	888	BAOSHAN		Cargo
16	9663257	1222	* INTAN DAYA 8 *		Cargo
17	6016685	1957	PINTANG		Not available
18	8408442	2829	INDEPENDIENTE		Ro-Ro Cargo
19	8986080	3075	WESAL VII	AW	Not available
20	9314662	3340	ANABISSETIA-S	HN	General Cargo
21	9141182	4000	XIN HUI HE		Container Ship

Fig. 3.5 Δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα *ship_type*

Το γεγονός ότι ο πίνακας *ship_type* περιέχει πληροφορίες για τα πλοία δεν συνεπάγεται αυτόματα πως περιέχει στατικές πληροφορίες για όλα τα πλοία της βάσης *db_ais*. Για τον λόγο αυτό καθίσταται απαραίτητη η δημιουργία ενός νέου πίνακα *ship_info*, ο οποίος θα περιέχει στατικές πληροφορίες μόνο για τα πλοία της δημιουργηθείσας βάσης και δεν θα περιέχει στατικές πληροφορίες για πλοία τα οποία δεν βρίσκονται στη βάση αυτή. Ακόμα ένα χαρακτηριστικό του πίνακα *ship_info* είναι ότι όλα τα πλοία της βάσης θα έχουν αντιστοιχία στον πίνακα αυτό, δηλαδή ο πίνακας *ship_info* θα περιέχει στατικές πληροφορίες για όλα τα *mmsi* των πλοίων που τίθενται προς επεξεργασία στην παρούσα διπλωματική διατριβή. Το Παράρτημα A.11 περιλαμβάνει τις εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του πίνακα *ship_info*, πρωτεύον κλειδί του οποίου αποτελεί το *mmsi* του κάθε πλοίου, ενώ στο Παράρτημα A.12 περιέχεται η εντολή που είναι απαραίτητη για τη δη-

μουργιά ευρετηρίου στη στήλη *mmsi* του πίνακα αυτού. Η απεικόνιση 3.6 παρουσιάζει τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον πίνακα *ship_info* της βάσης *db_ais*.

	mmsi (PK) integer	name character(20)	type text	flag character(2)
1	205551322			
2	111111111			
3	123456780			
4	123456789	ANGELA	Ro-Ro/Passenger Ship	-
5	134721632			
6	155074688			
7	201100086	MILTON	General Cargo	AL
8	201100097	FROSINA	General Cargo	AL
9	201100098	KRISTI	Passengers Ship	AL
10	201100129	EDRO IV	General Cargo	AL
11	201100134	KORAVI	General Cargo	AL
12	201100149	BERGFJORD	General Cargo	AL
13	203336100	FROMILLE II	Sailing Vessel	AT
14	203838200	ANTARES	Sailing Vessel	AT
15	205233110	XEN WEG	Pleasure Craft	BE
16	205374410	DOUG LE	Sailing Vessel	BE
17	205573000	THIS IS US	Yacht	BE
18	205677000	HOJO	Crude Oil Tanker	BE
19	205710110	IMPULSE	Sailing Vessel	BE
20	205880510	ONYX	Sailing Vessel	BE
21	205972910	LAGOON	Sailing Vessel	BE

Fig. 3.6 Δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον πίνακα *ship_info*

Μετά την επιτυχή δημιουργία των βασικών πινάκων της βάσης, σειρά έχει η μεταξύ τους σύνδεση με τη σχέση πρωτεύοντος-ξένου κλειδιού. Με αυτήν την ενέργεια, θα υπάρχει η δυνατότητα ανάκτησης δεδομένων από τους πίνακες, τα οποία πληρούν κάποιες συνθήκες. Για παράδειγμα, συνδέοντας τον πίνακα *ship_info* με τον πίνακα *points*, είναι δυνατή η ανάκτηση στατικών πληροφοριών όπως σημαία, όνομα και τύπος πλοίου για τα πλοία με συγκεκριμένο *mmsi* από τον πίνακα *points*. Επομένως, μέσω της στήλης *mmsi* του πίνακα *ship_info* παρέχονται οι προαναφερθείσες πληροφορίες για το ίδιο *mmsi* του πίνακα *points*. Στο Παράρτημα A.13 βρίσκονται οι εντολές που είναι απαραίτητες για τη σύνδεση μεταξύ των πινάκων της βάσης *db_ais*.

Τέλος, ακολουθεί η δημιουργία του πίνακα *in_port*, που περιλαμβάνει αποκλειστικά και μόνο τα πλοία που έχουν εισέλθει στο λιμάνι του Πειραιά. Η εντολή για τη δημιουργία του πίνακα αυτού βρίσκεται στο Παράρτημα A.14, ενώ οι εντολές για τη σύνδεση του πίνακα αυτού με τον πίνακα *ship_type* καθώς και για τη δημιουργία χωρικού ευρετηρίου τύπου *gist* στη στήλη *geom* βρίσκονται στα Παραρτήματα A.15 και A.16 αντίστοιχα. Η απεικόνιση 3.7 παρουσιάζει τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον πίνακα *in_port*.

id	mmsi	lon	lat	timestamp	geom
[PK] integer	integer	double precision	double precision	timestamp without time zone	geometry(Point,4326)
1	241108000	23.62221833333333	37.93477833333333	2016-05-31 23:57:14.414	0101000020E61000005EA360B3499F3740845601D1A6F74240
2	239634000	23.62334166666667	37.93451	2016-05-31 23:57:15.18	0101000020E61000004F91C851939F37407AE40F069E74240
3	248609000	23.64783333333333	37.93283333333333	2016-05-31 23:57:15.753	0101000020E6100000D9ECC367D8A5374081A4291567E74240
4	241087000	23.640285	37.94695166666667	2016-05-31 23:57:17.993	0101000020E61000008E1EBFB7E9A33740F39C53B635F94240
5	357662000	23.64779	37.93257833333333	2016-05-31 23:57:19.913	0101000020E61000004ADC090D5A53740F74F11BA5E74240
6	229709000	23.647375	37.93179	2016-05-31 23:57:21.22	0101000020E61000007D3F355E8AA53740B35E0CE544F74240
7	237808200	23.64112333333333	37.9445	2016-05-31 23:57:21.567	0101000020E6100000795EAS820A4374037894160E5F84240
8	209074000	23.64201333333333	37.94299666666667	2016-05-31 23:57:23.567	0101000020E610000031435EFC5AA4374006C9611DB4F84240
9	241108000	23.62219333333333	37.93477833333333	2016-05-31 23:57:24.847	0101000020E6100000AC74E20F489F374072E80FA7A6F74240
10	240559000	23.64875	37.93326666666667	2016-05-31 23:57:25.327	0101000020E6100000AE47E17A14A63740E4E3394875F74240
11	239634000	23.62334666666667	37.93451	2016-05-31 23:57:25.767	0101000020E610000072E7ABA5939F37407AE40F069E74240
12	248609000	23.64783333333333	37.93283333333333	2016-05-31 23:57:26.313	0101000020E6100000D9ECC367D8A5374081A4291567E74240
13	241087000	23.640285	37.94695166666667	2016-05-31 23:57:27.94	0101000020E61000008E1EBFB7E9A33740F39C53B635F94240
14	237008100	23.641665	37.94457166666667	2016-05-31 23:57:29.994	0101000020E6100000E3FC4D2844A43740E58770B9E7F84240
15	357662000	23.64778166666667	37.93257666666667	2016-05-31 23:57:30.207	0101000020E61000002748F104D5A537404F2C16AC5E74240
16	240077000	23.625905	37.94190666666667	2016-05-31 23:57:30.704	0101000020E61000002367614F3BA03740E39BC6590F84240
17	229709000	23.64737166666667	37.93179	2016-05-31 23:57:31.194	0101000020E6100000C4B04826BAA53740B35E0CE544F74240
18	237808200	23.64112333333333	37.9445	2016-05-31 23:57:31.3	0101000020E6100000795EAS820A4374037894160E5F84240
19	240931000	23.63822166666667	37.94492166666667	2016-05-31 23:57:31.887	0101000020E61000009DEEC17E62A33740C2CE7331F3F84240
20	240559000	23.64875	37.93326666666667	2016-05-31 23:57:32.074	0101000020E6100000AE47E17A14A63740E4E3394875F74240
21	273370430	23.64900333333333	37.93468	2016-05-31 23:57:32.209	0101000020E610000059A91B1525A63740D61C2098A3F74240

Fig. 3.7 Δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα in_port

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ιστορία Αφήγησης και στατιστική ανάλυση

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί μία ιστορία αφήγησης (data storytelling), η οποία αφορά την κίνηση των πλοίων εντός του λιμένα του Πειραιά. Θα γίνει επομένως μία εκτενής ανάλυση των δεδομένων, και πιο συγκεκριμένα των πλοίων εντός του λιμένα του Πειραιά, από τα οποία θα προκύψουν στατιστικά στοιχεία για την κίνηση και τη συμπεριφορά τους. Όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση, αυτή θα προκύψει από την επεξεργασία των δεδομένων και από την εφαρμογή σεναρίων-ερωτημάτων σε αυτά. Πιο αναλυτικά, θα παρουσιαστεί μία ιστορία σχετική με τα δεδομένα αυτά, η οποία θα αφορά την κίνηση των πλοίων γύρω από το λιμάνι του Πειραιά. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια της ανανεωμένης Βάσης Δεδομένων που θα έχει δημιουργηθεί, θα απαντώνται ερωτήματα όπως τα παρακάτω.

- Ποια πλοία βρίσκονται στο λιμάνι του Πειραιά μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή;
- Ποιος είναι ο αριθμός των πλοίων που έχουν επισκεφθεί το λιμάνι του Πειραιά τη συγκεκριμένη περίοδο, για την οποία έχουμε δεδομένα;
- Ποιος είναι ο αριθμός των πλοίων που έχουν επισκεφθεί το λιμάνι του Πειραιά τη συγκεκριμένη περίοδο ανά κατηγορία πλοίου;
- Ποιος είναι ο αριθμός των πλοίων που έχουν επισκεφθεί το λιμάνι του Πειραιά τη συγκεκριμένη περίοδο κατηγοριοποιημένα ανά σημαία (χώρα προέλευσης);
- Ποιος είναι ο μέσος αριθμός πλοίων ανά μήνα;
- Ομαδοποίηση πλοίων ως προς τον τύπο με βάση τη μαρίνα στην οποία βρίσκονται.

Για την επιτυχή εξαγωγή συμπερασμάτων καθώς και στατιστικών στοιχείων, απαραίτητη καθίσταται η κατηγοριοποίηση των δεδομένων βάσει συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Η ομαδοποίηση των δεδομένων (clustering) που θα πραγματοποιηθεί στο κομμάτι της ιστορίας αφήγησης μπορεί να επιτευχθεί με 3 τρόπους [13].

1. κατηγοριοποίηση βάσει στατικών πληροφοριών, όπως τύπος πλοίου, σημαία πλοίου κ.ά.
2. κατηγοριοποίηση βάσει γεωγραφικών κριτηρίων, π.χ. εντός μίας ζώνης ενδιαφέροντος, διάσχιση μέσα από μία ζώνη ενδιαφέροντος κ.ά.
3. κατηγοριοποίηση βάσει χρόνου, π.χ. την ίδια μέρα, την ίδια ώρα, τον ίδιο μήνα κ.ά.

4.2 Κατηγοριοποίηση δεδομένων βάσει στατικών πληροφοριών

Οι στατικές πληροφορίες που αφορούν τα πλοία αποτελούνται από χαρακτηριστικά τα οποία προσδιορίζουν τα πλοία αυτά όπως όνομα, σημαία προέλευσης, τύπος πλοίου και mmsi (9ψήφιος μοναδικός κωδικός για κάθε πλοίο).

Ένα σενάριο που μπορεί να προκύψει και συνδέεται με στατικές πληροφορίες, είναι η κατηγοριοποίηση των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά με βάση τον τύπο του πλοίου στο διάστημα των 4 μηνών. Στο παράρτημα Β.1 παρατίθεται το query (εντολή ερωταπόκρισης στην SQL) που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του σεναρίου αυτού. Στην απεικόνιση 4.1 παρουσιάζεται το γράφημα που περιέχει τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού, από τα οποία προκύπτουν πως η πλειοψηφία των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά είναι επιβατηγά, ενώ στις επόμενες θέσεις ακολουθούν τα ιστιοπλοϊκά και τα σκάφη αναψυχής.

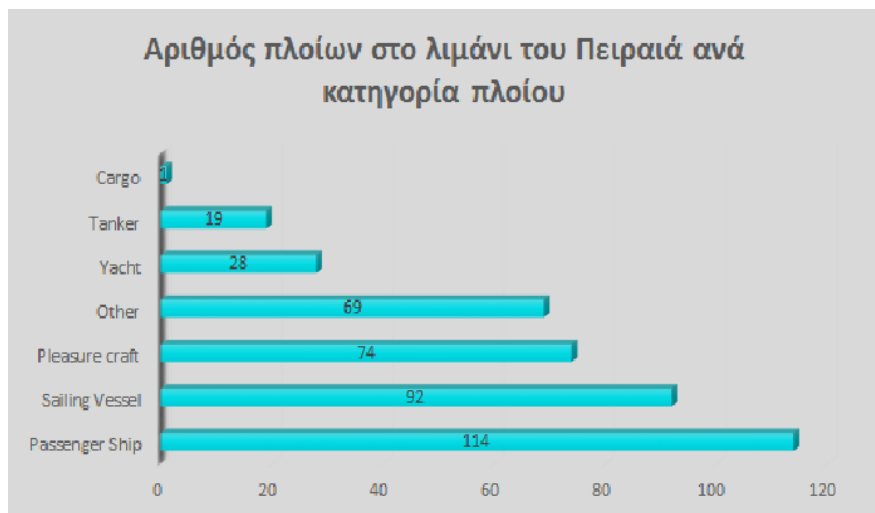


Fig. 4.1 Αριθμός των πλοίων που βρέθηκαν στο λιμάνι του Πειραιά για το διάστημα των 4 μηνών ανά τύπο πλοίου

Ένα άλλο σενάριο που έχει σχέση με τις στατικές πληροφορίες του πλοίου, αφορά τα πλοία που βρέθηκαν στο λιμάνι του Πειραιά στο διάστημα των 4 μηνών ανά σημαία προέλευσης πλοίου. Το παράρτημα Β.2 περιέχει τις εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για να εξαχθούν τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού, ενώ η απεικόνιση των αποτελεσμάτων αυτών παρουσιάζεται στο γράφημα 4.2. Σύμφωνα με την απεικόνιση 4.2, παρατηρείται πως η πλειοψηφία των πλοίων έχουν σημαία προέλευσης ελληνική, ενώ ακολουθούν τα πλοία με σημαία Ηνωμένου Βασιλείου και Μάλτας με ποσοστό 11% και 10% αντίστοιχα.

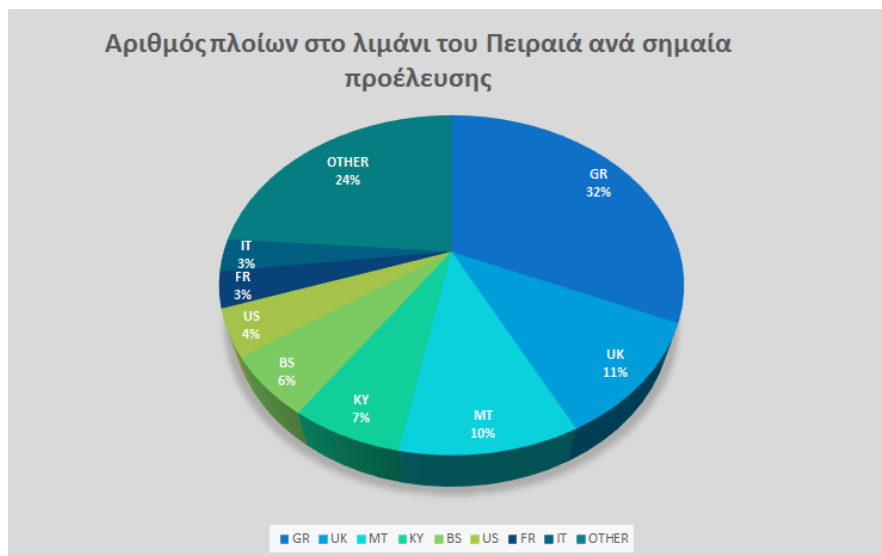


Fig. 4.2 Ο αριθμός των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά για τους 4 μήνες χωρισμένα ανά σημαία προέλευσης

4.3 Κατηγοριοποίηση δεδομένων βάσει γεωγραφικών πληροφοριών

Οι γεωγραφικές πληροφορίες προσδιορίζουν τον γεωγραφικό χώρο στον οποίο κινήθηκαν τα πλοία και με βάση τις γεωγραφικές πληροφορίες ομαδοποιούνται επίσης γεωγραφικά τα πλοία.

Ένα σενάριο που θα ερευνηθεί αποτελεί η καταμέτρηση των μοναδικών πλοίων που εισήλθαν στον γεωγραφικό χώρο του λιμένα του Πειραιά για τον κάθε μήνα ξεχωριστά. Στο παράρτημα Β.3 παρατίθενται οι εντολές που είναι απαραίτητες για την καταμέτρηση αυτή, ενώ το γράφημα 4.3 απεικονίζει τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού. Σύμφωνα με το γράφημα 4.3, τον μήνα Μάιο παρατηρήθηκαν 225 διαφορετικά πλοία εντός του λιμένα του Πειραιά, έπειτα ακολουθούν οι μήνες Αύγουστος και Ιούλιος, ενώ στην τελευταία θέση βρίσκεται ο Ιούνιος, κατά τον οποίο εισήλθαν 189 διαφορετικά πλοία στο λιμάνι του Πειραιά.



Fig. 4.3 Αριθμός των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά για τον κάθε μήνα

Ένα άλλο σενάριο που σχετίζεται με τις γεωγραφικές πληροφορίες των πλοίων είναι διαχωρισμός του λιμανιού του Πειραιά σε μαρίνες και η περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων στο εσωτερικό των μαρίνων αυτών. Η υλοποίηση του σεναρίου αυτού απαιτεί τη δημιουργία πολύγωνων στο εσωτερικό του λιμένα, τα οποία θα οριοθετούν συγκεκριμένες περιοχές, δηλαδή τις μαρίνες. Στο QGIS και με τη βοήθεια που παρέχεται από τα εργαλεία της εφαρμογής αυτής, δημιουργούνται τα πολύγωνα που απεικονίζονται στην απεικόνιση 4.4. Προκύπτουν επομένως 9 πολύγωνα, τα οποία αναπαριστούν 9 περιοχές μέσα στο λιμάνι του Πειραιά. Μέσω του QGIS γίνεται η εισαγωγή με τα στοιχεία των πολυγώνων στη βάση της PostgreSQL και δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο αυτόματα ένας πίνακας με όνομα *port_polygons* που περιέχει ως στήλες τα ονόματα των πολυγώνων, καθώς και τη γεωμετρία που προσδιορίζει τα πολύγωνα αυτά.

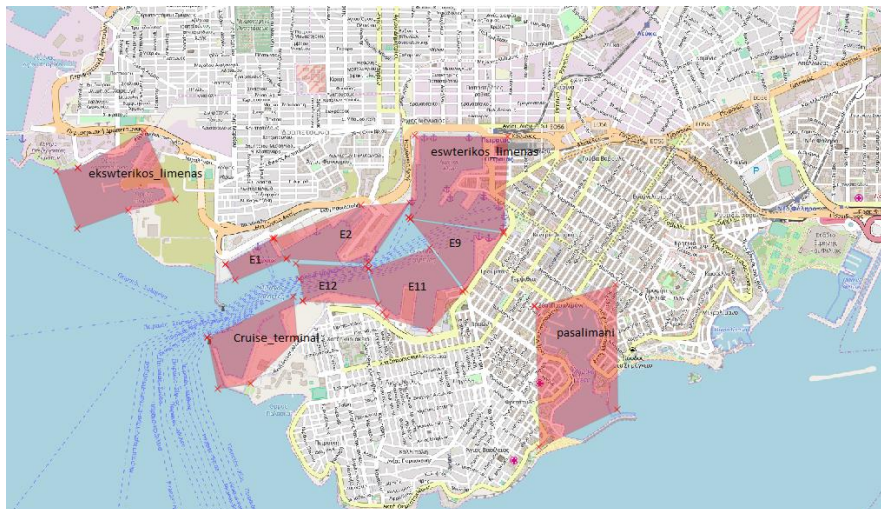


Fig. 4.4 Πολύγωνα στο εσωτερικό του λιμένα του Πειραιά που αναπαριστούν τις μαρίνες

Στο σημείο αυτό ακολουθεί η επεξεργασία, η ανάλυση και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τα πλοία με βάση τη μαρίνα στην οποία βρίσκονται. Ο διαχωρισμός των μαρίνων διαμορφώνεται ως εξής:

- Εξωτερικός λιμένας
- Πύλη E1
- Πύλη E2
- Εσωτερικός λιμένας
- Πύλη E9
- Πύλη E11
- Πύλη E12
- Αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων
- Πασαλιμάνι

Ακολουθεί η περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία σε κάθε μαρίνα ξεχωριστά.

Εξωτερικός λιμένας:

Τα πλοία που εντοπίστηκαν στον εξωτερικό λιμένα απεικονίζονται στο Fig. 4.5, ενώ στο Fig. 4.6 απεικονίζεται το screenshot (στιγμιότυπο) της εντολής που εκτελέστηκε στη βάση δεδομένων *db_ais* της PostgreSQL, συνοδευόμενο από τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά την εκτέλεση της εντολής. Στο Παράρτημα B.4 βρίσκεται η εντολή που εκτελέστηκε για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στον εξωτερικό λιμένα.

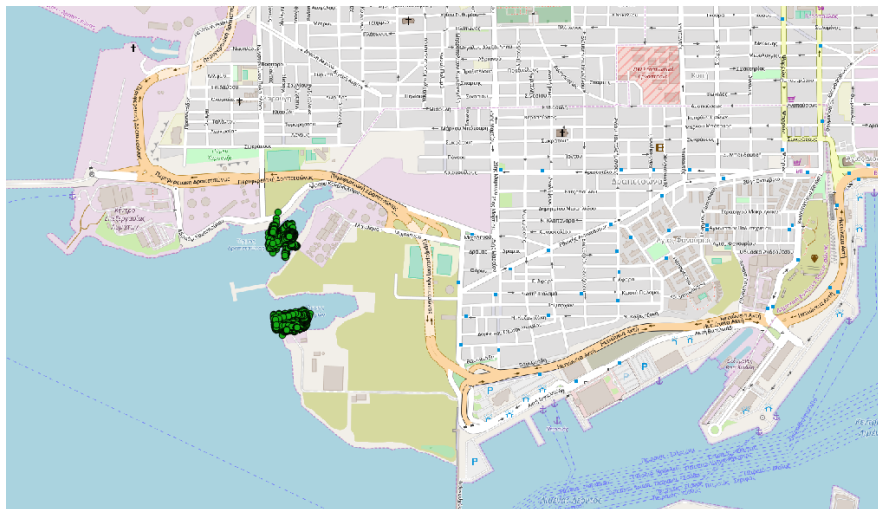


Fig. 4.5 Τα πλοία που βρέθηκαν στον εξωτερικό λιμένα απεικονισμένα στο QGIS

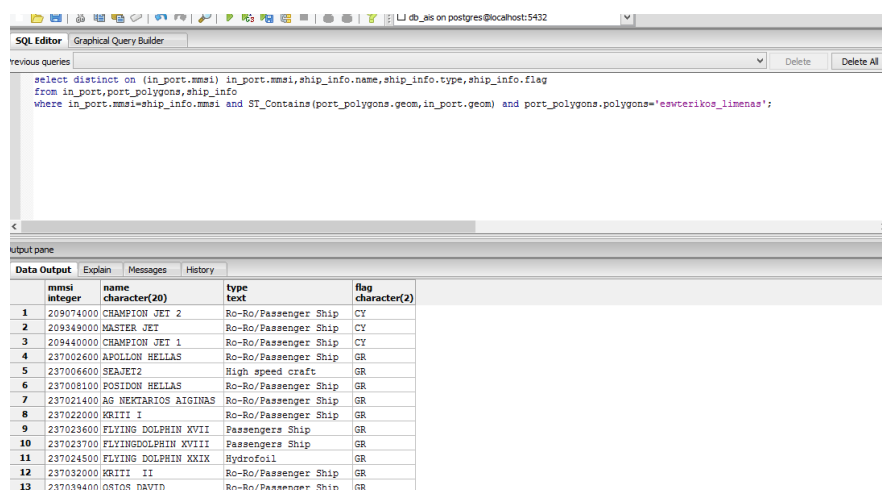


Fig. 4.6 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στον εξωτερικό λιμένα και τα αποτελέσματα αυτού

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα πλοία που βρίσκονται στον εξωτερικό λιμένα, μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για τον τύπο και τη σημαία των πλοίων αυτών. Η απεικόνιση 4.7 δείχνει το γράφημα που προκύπτει για τους τύπους πλοίων που βρίσκονται στον εξωτερικό λιμένα, ενώ η απεικόνιση 4.8 παρουσιάζει το γράφημα με τις σημαίες προέλευσης των πλοίων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα γραφήματα αυτά είναι πως ο πιο δημοφιλής τύπος

πλοίου στον εξωτερικό λιμένα είναι τα ρυμουλκό (tug) ακολουθούμενα από τα δεξαμενόπλοια (tanker). Ακόμα, όσον αφορά τη σημαία προέλευσης, η πλειοψηφία των πλοίων είναι ελληνικής προέλευσης.



Fig. 4.7 Τύποι πλοίων στον εξωτερικό λιμένα

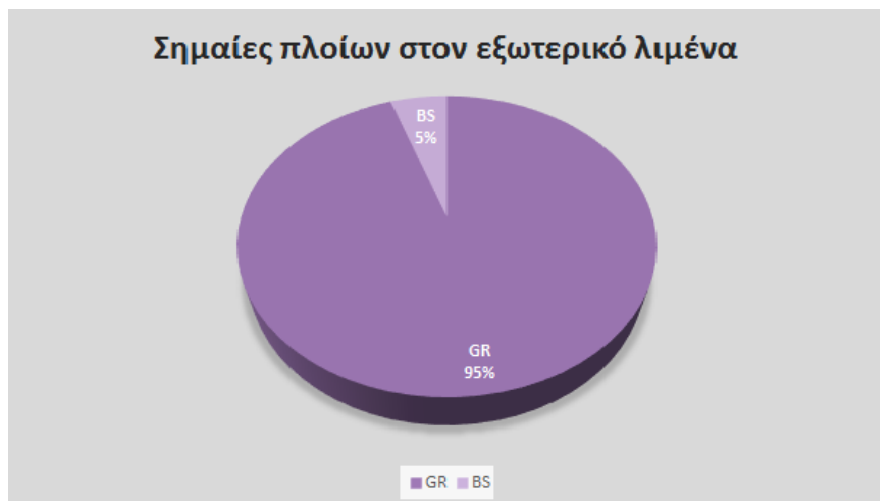


Fig. 4.8 Σημαίες πλοίων στον εξωτερικό λιμένα

Πύλη E1:

Η απεικόνιση 4.9 παρουσιάζει τα σημεία στα οποία εντοπίστηκαν πλοία στην Πύλη E1, ενώ στην απεικόνιση 4.10 βρίσκεται το screenshot από την εκτέλεση του query που είναι απαραίτητο για τον εντοπισμό των πλοίων, καθώς και τα αποτελέσματα του query αυτού. Στο Παράρτημα B.5 παρατίθεται η εντολή που εκτελέστηκε για να εντοπιστούν τα πλοία που εισήλθαν στην Πύλη E1.

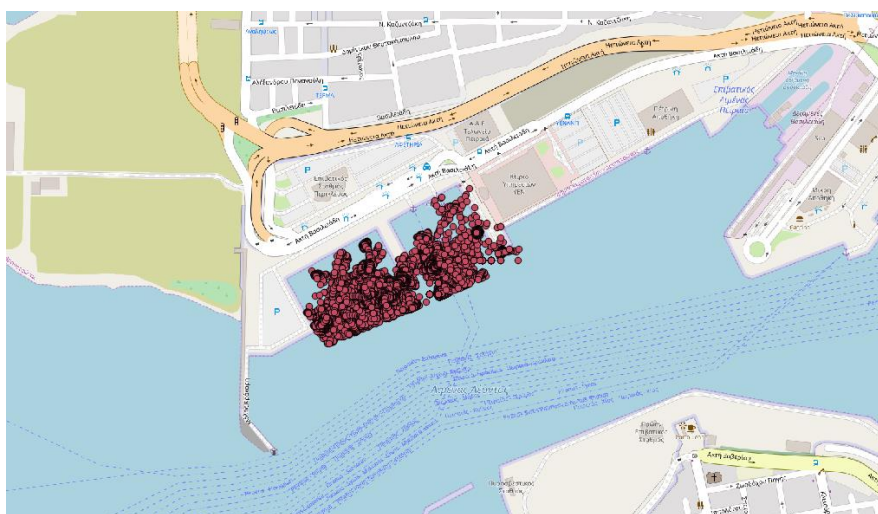


Fig. 4.9 Τα πλοία που βρέθηκαν στην Πύλη E1 απεικονισμένα στο QGIS

Query - db_ais on postgres@localhost:5432 *

SQL Editor

```
select distinct on (in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name, ship_info.type, ship_info.flag
from in_port, port_polygons, ship_info
where in_port.mmsi=ship_info.mmsi and ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) and port_polygons.polygons='E1';
```

Output pane

	mmsi integer	name character(20)	type text	flag character(2)
1	212260000	TERA JET	Ro-Ro/Passenger Ship	CY
2	237022000	KRITTI I	Ro-Ro/Passenger Ship	GR
3	237041100	KARAFIPERIS 16	Tug	GR
4	237470200	MANDOUDI	Tanker	GR
5	237628000	EL VENIZELOS	Ro-Ro/Passenger Ship	GR
6	237710200	PILOT BOAT 53	Pilot Vessel	GR
7	237829800	AG NIKOLAOS	Tanker	GR
8	239811000	VISSENTZOS KORNAROS	Ro-Ro/Passenger Ship	GR
9	239847000	OPV 050 HCS	Law Enforce	GR
10	239850200	MEGAN ORION	Tanker	GR
11	239875000	BLUE HORIZON	Ro-Ro/Passenger Ship	GR
12	239893000	KYDON	Ro-Ro/Passenger Ship	GR
13	239834000	ALEXANTER 5	Tug	GR
14	239672000	BLUE GALAXY	Ro-Ro/Passenger Ship	GR

Fig. 4.10 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στην Πύλη E1 και τα αποτελέσματα αυτού

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για τα πλοία που εντοπίστηκαν στην Πύλη Ε1 αναπαρίστανται στα Fig. 4.11 και Fig. 4.12, τα οποία παρουσιάζουν τα γραφήματα που περιέχουν πληροφορίες για τον τύπο των πλοίων και τη σημαία προέλευσης τους αντίστοιχα. Η πλειοψηφία των πλοίων εντός της Πύλης Ε1 είναι τύπου επιβατηγών, ενώ ακολουθούν τα δεξαμενόπλοια και τα ρυμουλκά πλοία. Παράλληλα, η πλειοψηφία των πλοίων που εντοπίστηκαν στην πύλη Ε1 είναι ελληνικής σημαίας, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 4% είναι πλοία με κυπριακή σημαία.

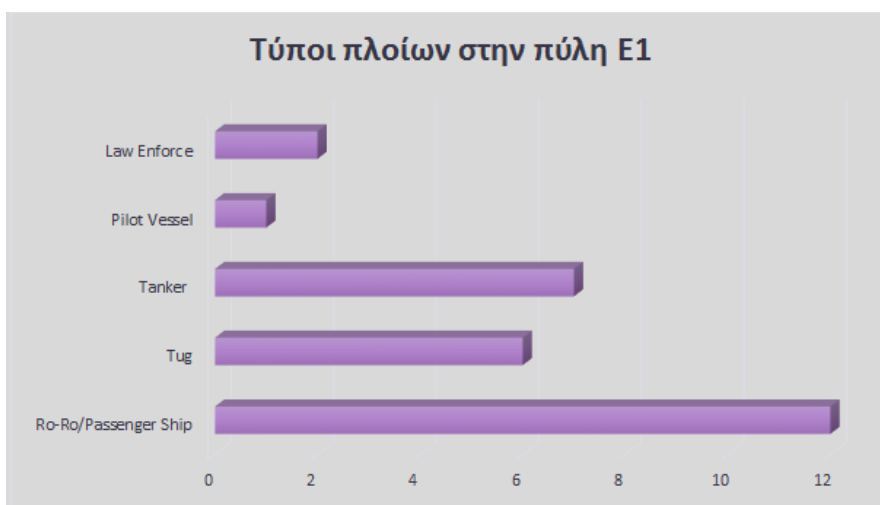


Fig. 4.11 Τύποι πλοίων στην Πύλη Ε1



Fig. 4.12 Σημαίες πλοίων στην Πύλη Ε1

Πύλη E2:

Τα πλοία που εντοπίστηκαν στην Πύλη E2 απεικονίζονται στο Fig. 4.13, ενώ στην απεικόνιση 4.14 παρουσιάζεται το screenshot για το query που εκτελέστηκε, ώστε να εντοπιστούν τα σημεία των πλοίων που εισήλθαν στην πύλη αυτή, καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεσή του. Στο Παράρτημα Β.6 παρατίθεται το query για τον εντοπισμό των πλοίων στην Πύλη E2.

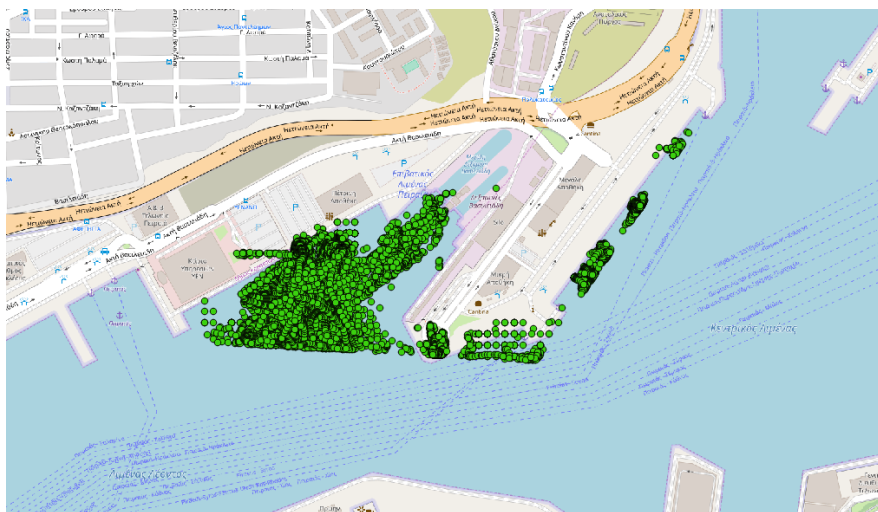


Fig. 4.13 Τα πλοία που βρέθηκαν στην Πύλη E2 απεικονισμένα στο QGIS

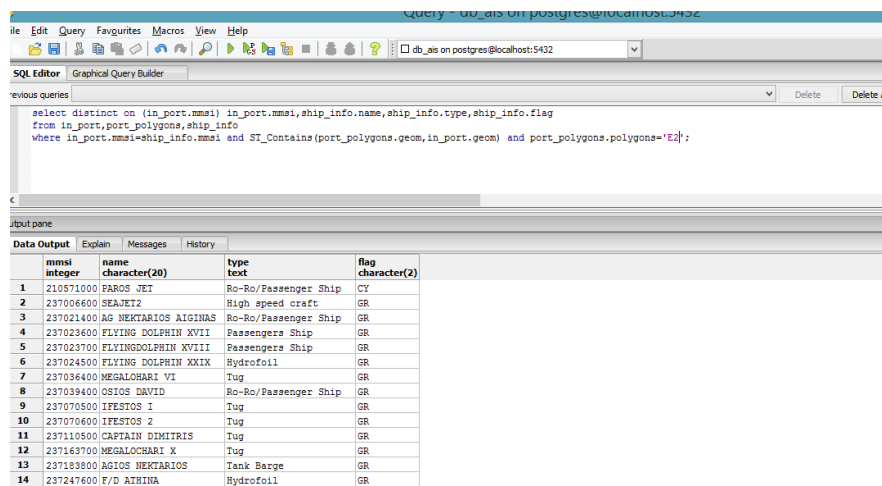


Fig. 4.14 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στην Πύλη E2 και τα αποτελέσματα αυτού

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα πλοία εντός της Πύλης E2, έπεται η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα πλοία αυτά. Στο γράφημα 4.15 απεικονίζονται οι τύποι των πλοίων που εντοπίστηκαν στην E2 και στο γράφημα 4.16 παρουσιάζονται οι χώρες προέλευσης των πλοίων αυτών. Η πιο δημοφιλής κατηγορία πλοίων στην πύλη αυτή είναι τα επιβατηγά πλοία, ενώ τα περισσότερα πλοία είναι ελληνικής σημαίας.

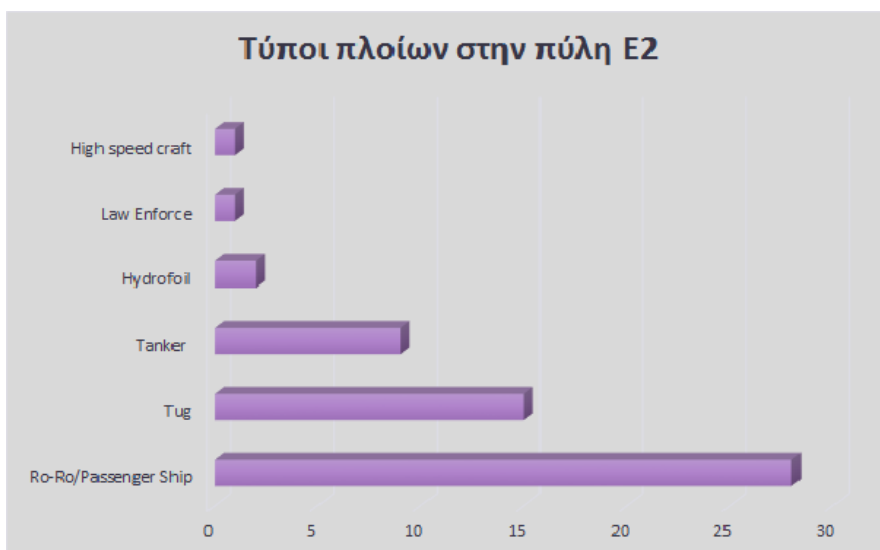


Fig. 4.15 Τύποι πλοίων στην Πύλη E2

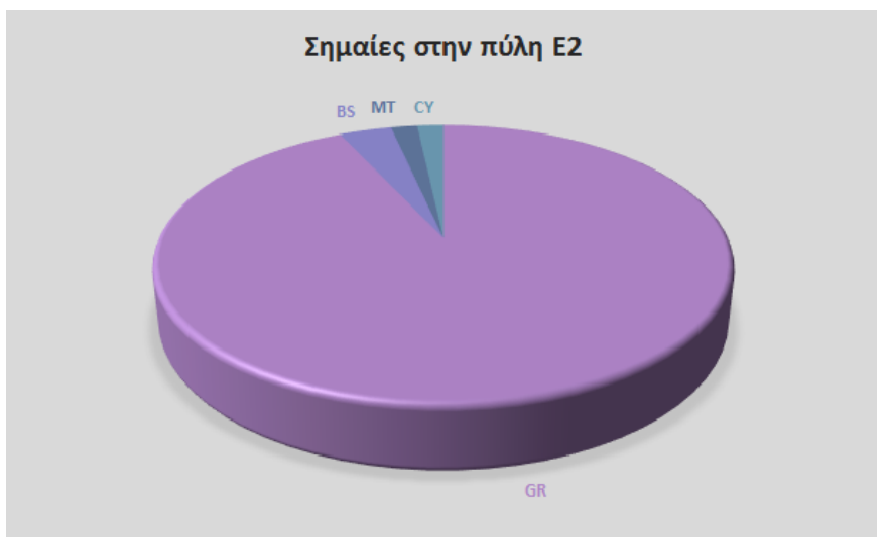


Fig. 4.16 Σημαίες πλοίων στην πύλη Ε2

Εσωτερικός λιμένας:

Στον εσωτερικό λιμένα του λιμανιού του Πειραιά βρίσκονται τα πλοία τα οποία απεικονίζονται στο Fig. 4.17, ενώ στο Fig. 4.18 βρίσκεται το query που εκτελέστηκε για τον εντοπισμό των πλοίων αυτών και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση αυτού. Στο Παράρτημα Β.7 παρατίθεται το query για τον εντοπισμό των πλοίων στον εσωτερικό λιμένα.

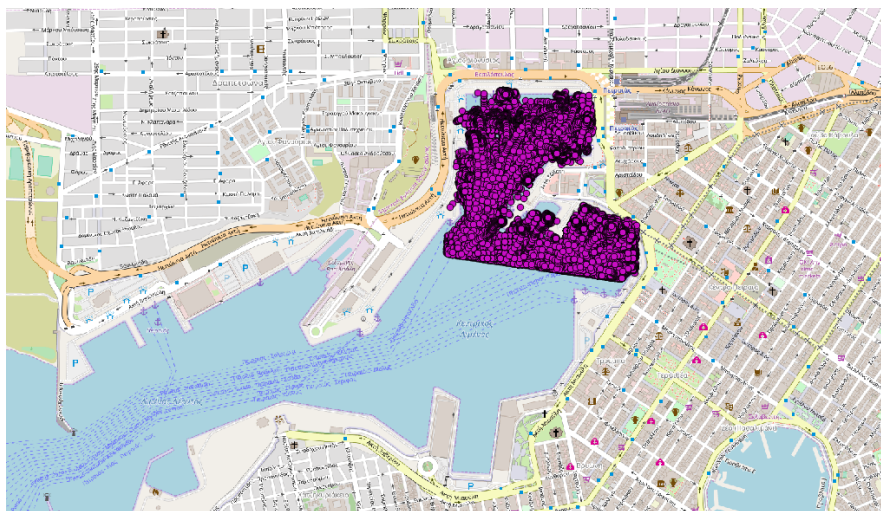


Fig. 4.17 Τα πλοία που βρέθηκαν στον εσωτερικό λιμένα απεικονισμένα στο QGIS

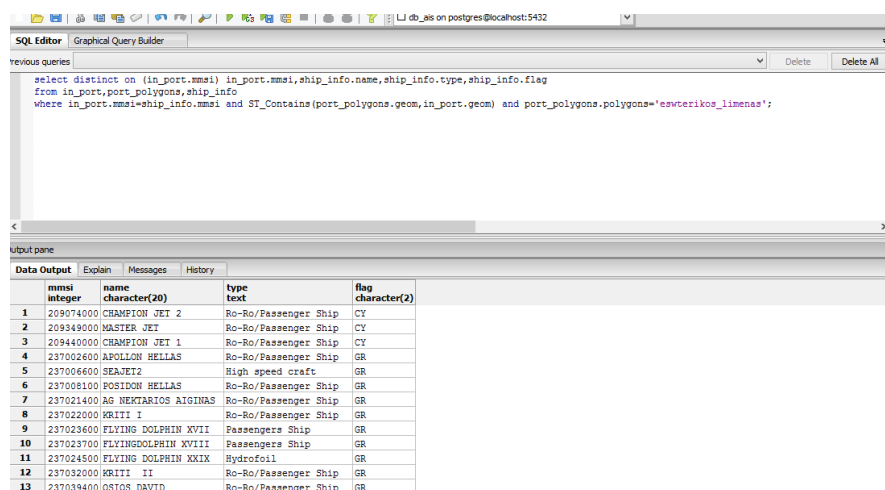


Fig. 4.18 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στον εσωτερικό λιμένα και τα αποτελέσματα αυτού

Κάποια στατιστικά συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τα παραπάνω αποτελέσματα, παρουσιάζονται στα γραφήματα 4.19 και 4.20, όπου παρουσιάζονται οι τύποι των πλοίων και οι σημαίες προέλευσης στον εσωτερικό λιμένα. Η πλειοψηφία των πλοίων στη μαρίνα αυτή είναι τύπου επιβατηγά και σημαίας ελληνικής.



Fig. 4.19 Τύποι πλοίων στον εσωτερικό λιμένα

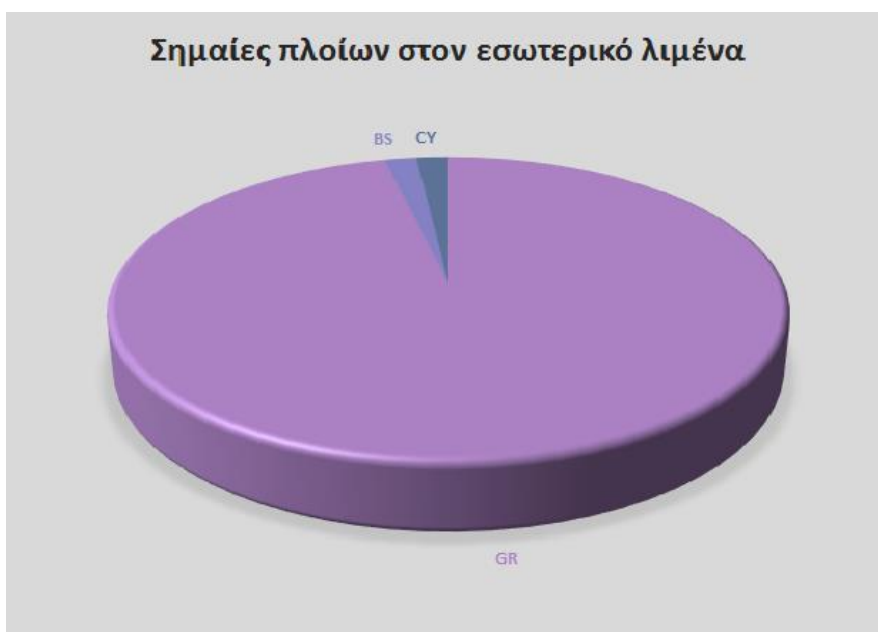


Fig. 4.20 Σημαίες πλοίων στον εσωτερικό λιμένα

Πύλη Ε9:

Στην Πύλη Ε9 βρίσκονται τα πλοία που απεικονίζονται στο Fig. 4.21, ενώ στο Fig. 4.22 βρίσκεται το screenshot από το query που εκτελέστηκε μαζί με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτό. Στο Παράρτημα Β.8 παρατίθεται το query για τον εντοπισμό των πλοίων στην Πύλη Ε9.

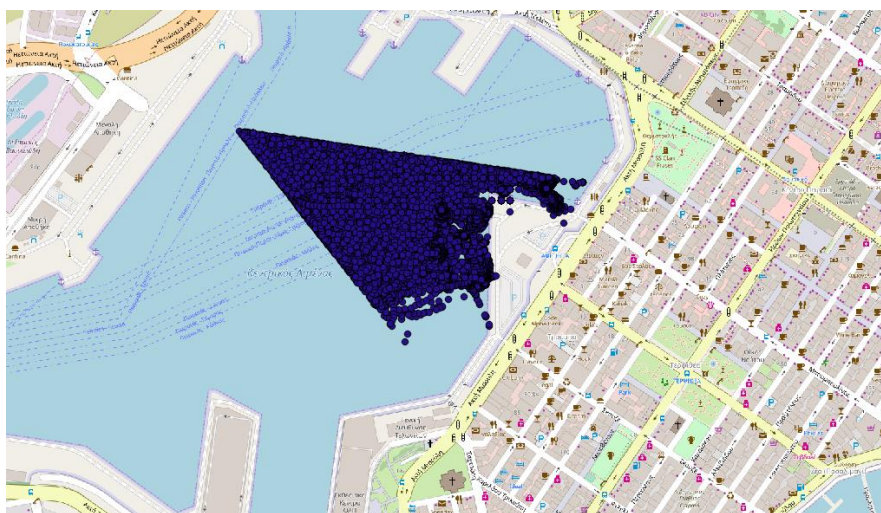


Fig. 4.21 Τα πλοία που βρέθηκαν στην Πύλη Ε9 απεικονισμένα στο QGIS

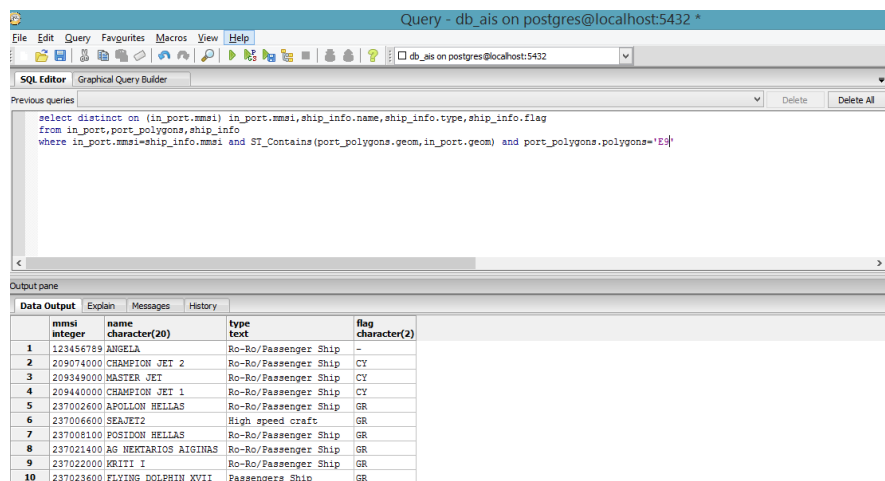


Fig. 4.22 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στην Πύλη Ε9 και τα αποτελέσματα αυτού

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν αναφορικά με τα πλοία στην Πύλη Ε9 παρουσιάζονται στην απεικόνιση 4.23 και 4.24, όπου παρουσιάζονται οι τύποι και οι σημαίες των πλοίων αυτών. Τα περισσότερα πλοία είναι επιβατηγά με σημαία ελληνική.

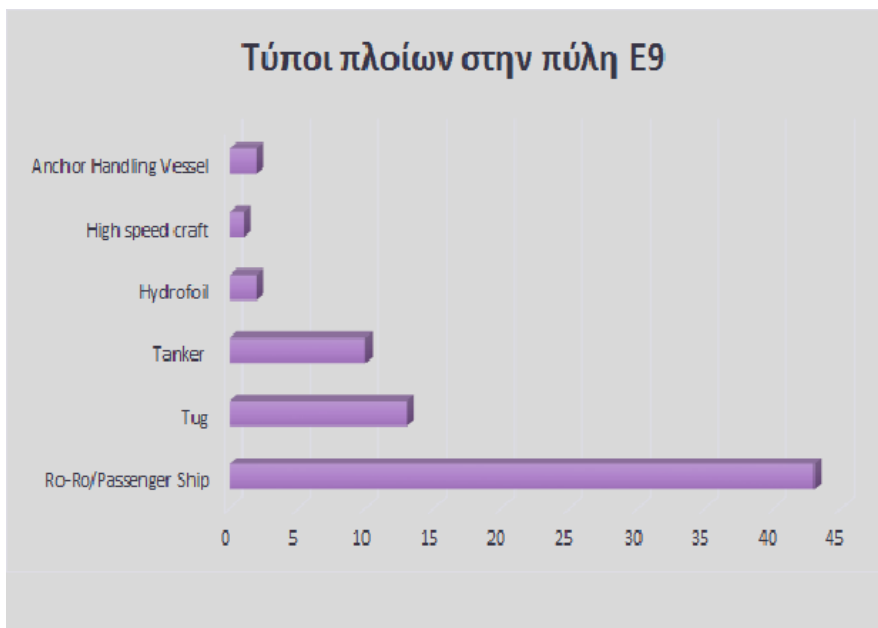


Fig. 4.23 Τύποι πλοίων στην Πύλη Ε9



Fig. 4.24 Σημαίες πλοίων στην Πύλη E9

Πύλη E11:

Τα σημεία των πλοίων που εισήλθαν στην πύλη E11 απεικονίζονται στο Fig. 4.25, ενώ το Fig. 4.26 δείχνει το screenshot από το query που εκτελέστηκε για τον εντοπισμό των πλοίων και τα αποτελέσματα αυτού. Στο Παράρτημα B.9 παρατίθεται το query για τον εντοπισμό των πλοίων στην Πύλη E11.

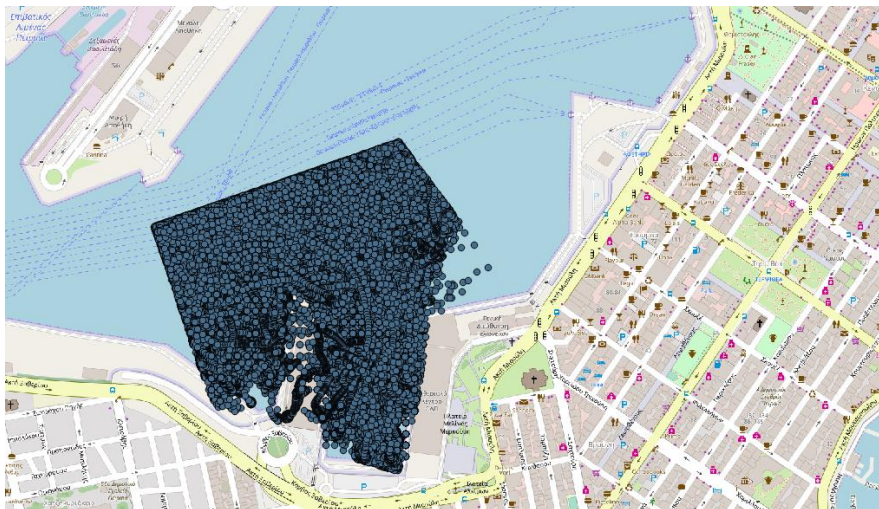


Fig. 4.25 Τα πλοία που βρέθηκαν στην Πύλη E11 απεικονισμένα στο QGIS

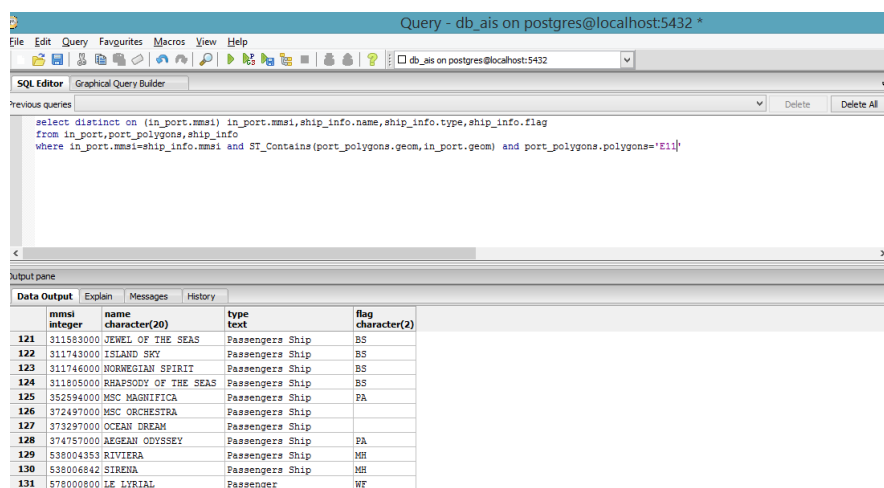


Fig. 4.26 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στην Πύλη E11 και τα αποτελέσματα αυτού

Τα γραφήματα 4.27 και 4.28 απεικονίζουν τον τύπο και τη σημαία αντίστοιχα που έχουν τα πλοία που εισήλθαν στην Πύλη E11. Προκύπτει λοιπόν πως η πλειοψηφία των πλοίων είναι επιβατηγά και ακολουθούν τύποι πλοίων όπως ρυμουλκά και δεξαμενόπλοια. Όσον αφορά τη σημαία προέλευσης, τα περισσότερα είναι ελληνικής σημαίας με λίγες εξαιρέσεις, όπου παρατηρούνται σημαίες προέλευσης όπως Μπαχάμες, Μάλτα, Κύπρος κ.ά..

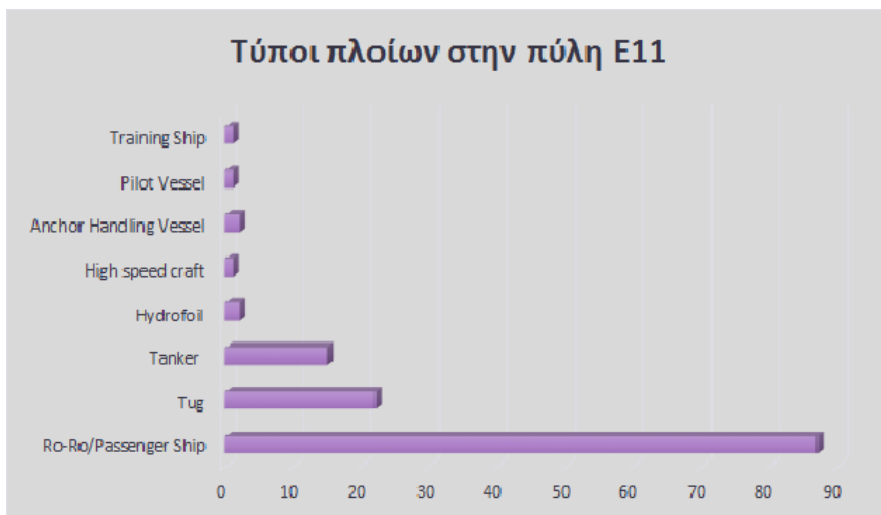


Fig. 4.27 Τύποι πλοίων στην Πύλη E11

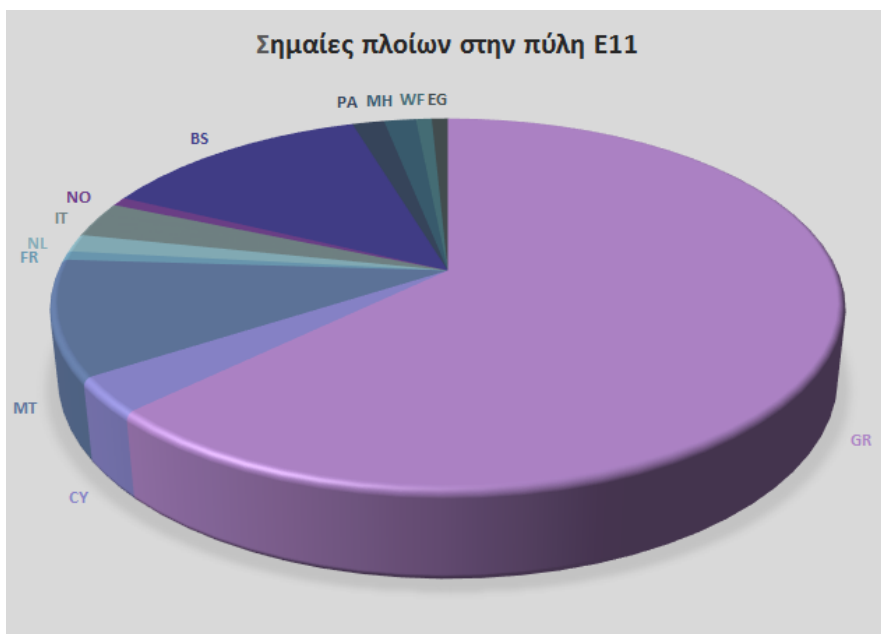


Fig. 4.28 Σημαίες πλοίων στην Πύλη E11

Πύλη E12:

Η απεικόνιση 4.29 δείχνει τα πλοία που εισήλθαν στην Πύλη E12, ενώ το Fig. 4.30 δείχνει το screenshot από το query που εκτελέστηκε για τον εντοπισμό των σημείων που παριστάνουν τα σήματα των πλοίων, συνοδευόμενα από τα αποτελέσματα του query αυτού. Παράλληλα, στο Παράρτημα Β.10 καταγράφεται το query που εκτελέστηκε για τον εντοπισμό των πλοίων στην Πύλη E12.

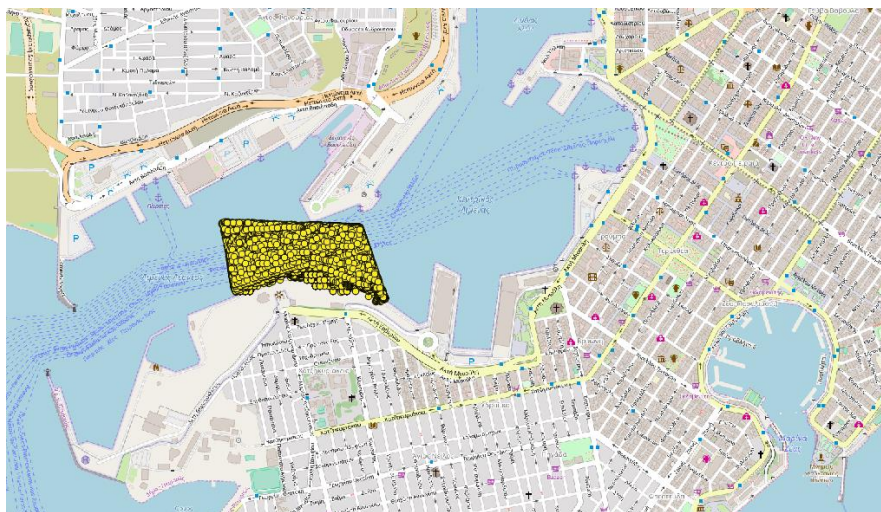


Fig. 4.29 Τα πλοία που βρέθηκαν στην Πύλη E12 απεικονισμένα στο QGIS

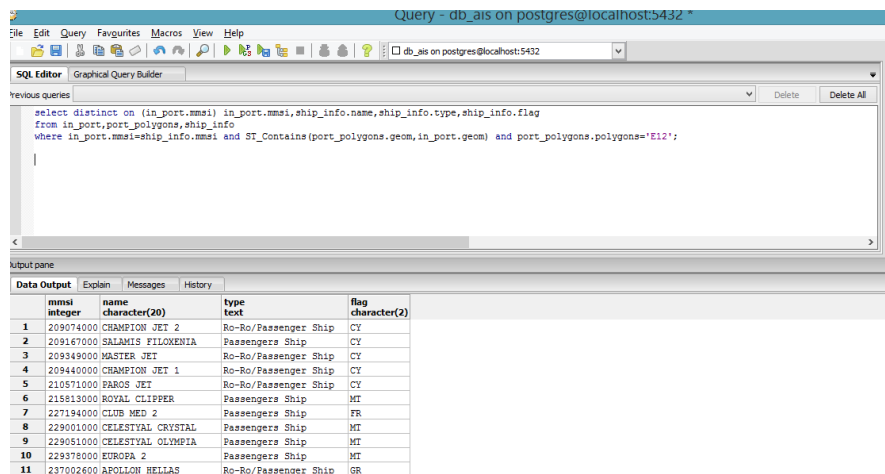


Fig. 4.30 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στην Πύλη E12 και τα αποτελέσματα αυτού

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων προκύπτουν τα στατιστικά στοιχεία που απεικονίζονται στα Fig. 4.31 και Fig. 4.32, τα οποία παρουσιάζουν τον τύπο και τη σημαία των πλοίων εντός της Πύλης E12 αντίστοιχα. Τα περισσότερα πλοία που παρατηρούνται είναι τύπου επιβατηγά και έχουν ελληνική σημαία.

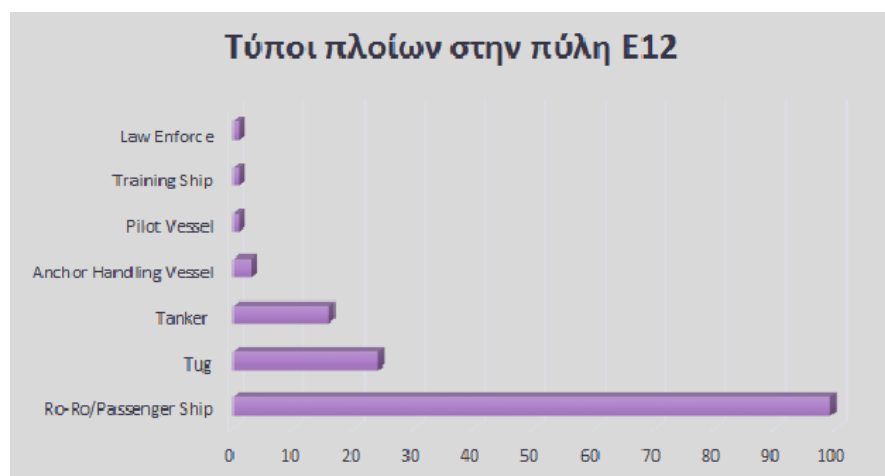


Fig. 4.31 Τύποι πλοίων στην Πύλη E12

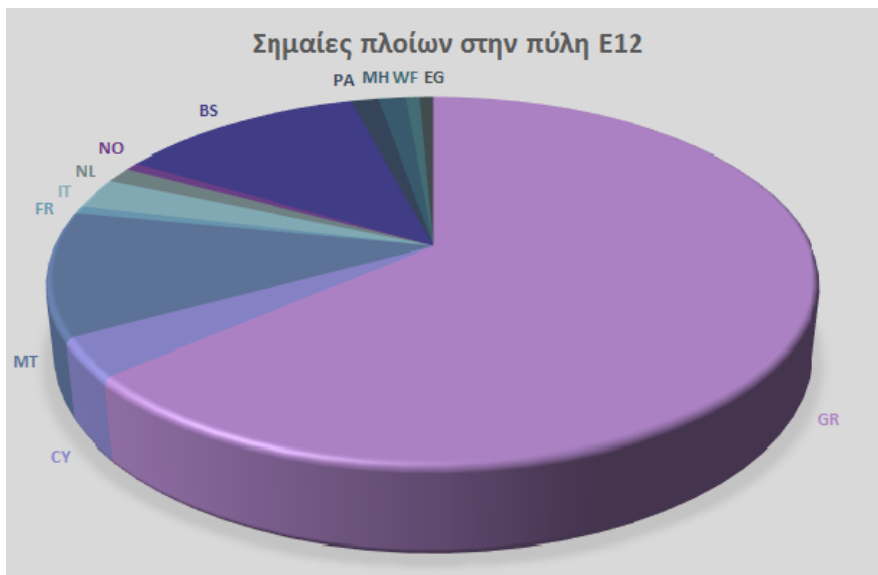


Fig. 4.32 Σημαίες πλοίων στην Πύλη E12

Αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων:

Στην αποβάθρα των κρουαζιερόπλοιων βρίσκονται τα πλοία που απεικονίζονται στο Fig. 4.33, ενώ το screenshot που βρίσκεται στο Fig. 4.34 απεικονίζει το query που εκτελέστηκε για να εντοπιστούν τα πλοία αυτά, καθώς και τα αποτελέσματα από την εκτέλεσή του. Στο Παράρτημα Β.11 παρουσιάζεται το query που είναι απαραίτητο να εκτελεστεί για να βρεθούν τα πλοία που ανήκουν στη συγκεκριμένη μαρίνα.

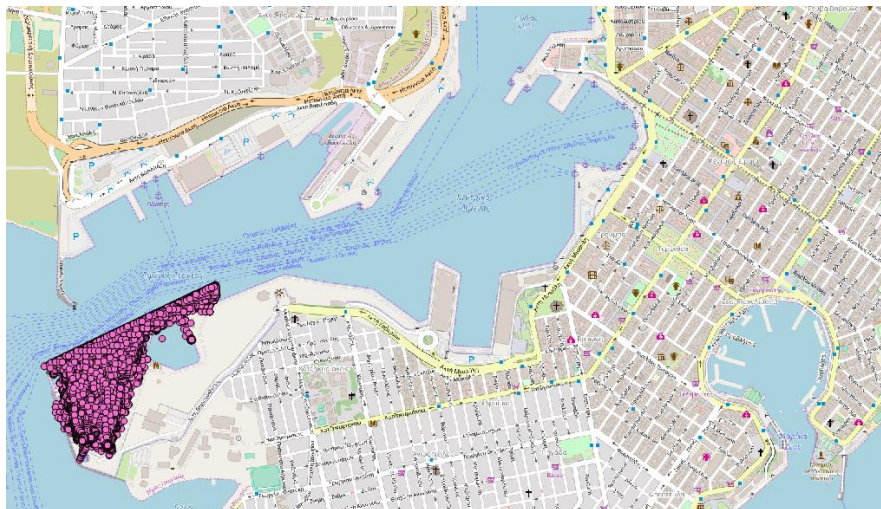


Fig. 4.33 Τα πλοία που βρέθηκαν στην αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων απεικονισμένα στο QGIS

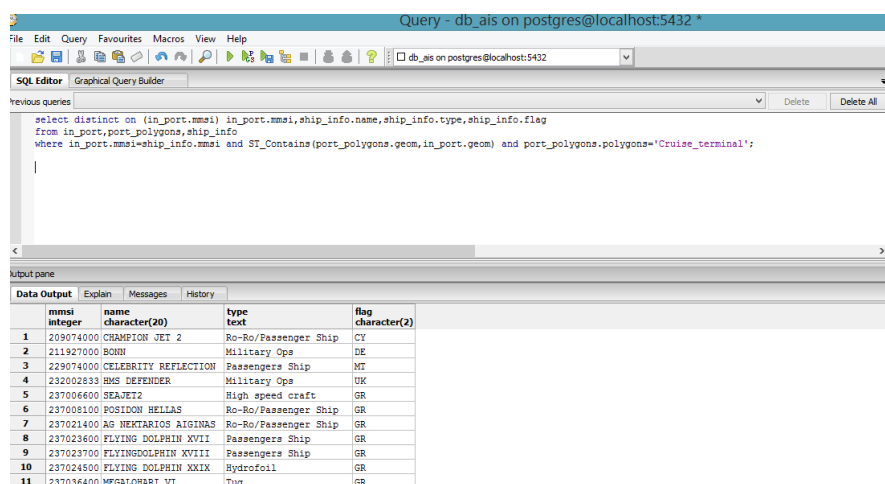


Fig. 4.34 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στην αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων και τα αποτελέσματα αυτού

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα πλοία εντός της αποβάθρας κρουαζιερόπλοιων, μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για τον τύπο και τη σημαία προέλευσης των πλοίων αυτών. Όπως παρατηρείται και στις απεικονίσεις 4.35 και 4.36, ο πιο δημοφιλής τύπος πλοίου είναι τα επιβατηγά, ακολουθούμενα από τα ρυμουλκά και στη συνέχεια από τα δεξαμενόπλοια, ενώ η πλειοψηφία των πλοίων έχουν σημαία προέλευσης την Ελλάδα. Άλλες σημαίες προέλευσης που

παρατηρούνται και έπονται της ελληνικής είναι οι Μπαχάμες, η Μάλτα, οι Βερμούδες, ο Παναμάς, η Γερμανία, η Ιταλία, η Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Κύπρος.

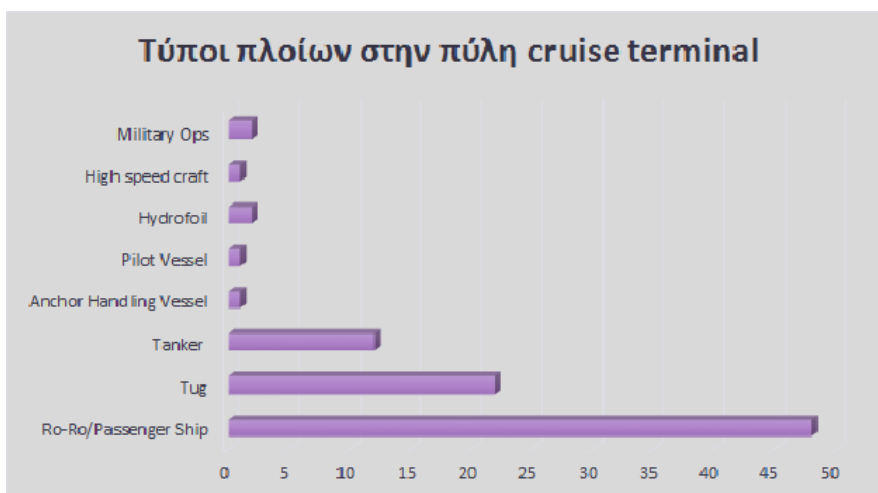


Fig. 4.35 Τύποι πλοίων στην αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων

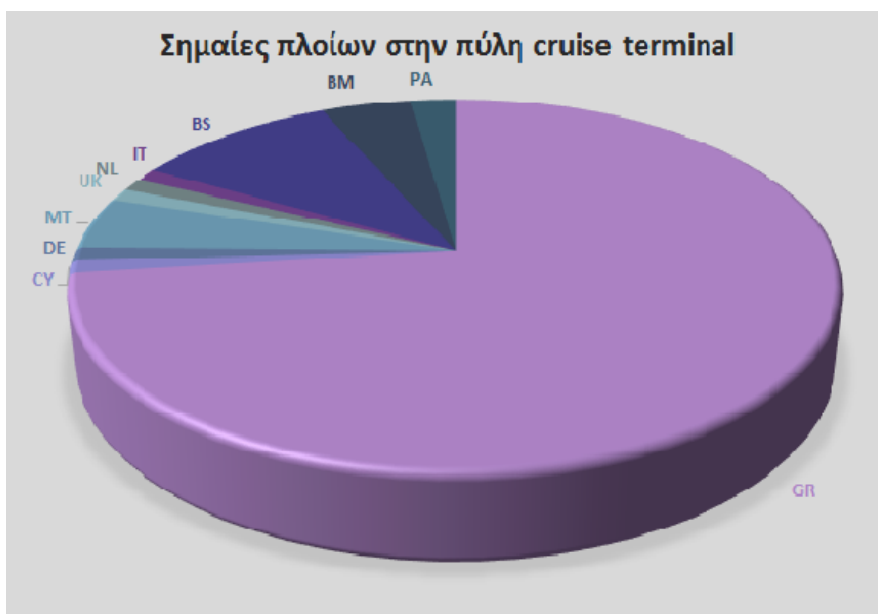


Fig. 4.36 Σημαίες πλοίων στην αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων

Πασαλιμάνι:

Όπως παρατηρείται στην απεικόνιση 4.37 βρίσκονται τα σημεία των πλοίων που εισήλθαν στο Πασαλιμάνι. Στο Fig. 4.38 παρουσιάζεται το screenshot από την εκτέλεση του query στη βάση δεδομένων, το οποίο εντοπίζει τα σημεία αυτά και επιστρέφει επίσης τα αποτελέσματα που απεικονίζονται. Στο Παράρτημα Β.12 βρίσκεται το query που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση των πλοίων με βάση τη μαρίνα στην οποία βρίσκονται, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το Πασαλιμάνι.

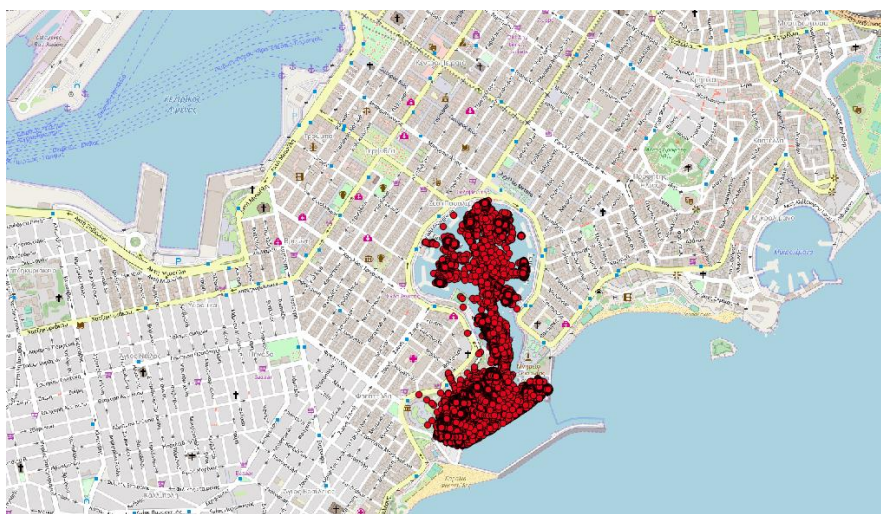


Fig. 4.37 Τα πλοία που βρέθηκαν στο Πασαλιμάνι απεικονισμένα στο QGIS

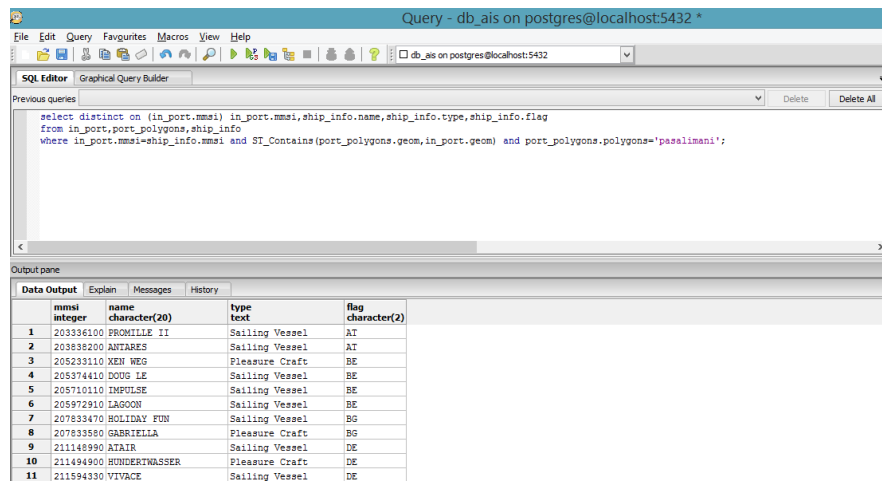


Fig. 4.38 Screenshot από το query που εκτελέστηκε στην PostgreSQL για τον εντοπισμό πλοίων στο Πασαλιμάνι και τα αποτελέσματα αυτού

Ενδιαφέροντα συμπεράσματα προκύπτουν και από τα παραπάνω αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, και όπως παρατηρείται στα Fig. 4.39 και Fig. 4.40, οι τύποι πλοίων που είναι πιο δημοφιλείς στη μαρίνα αυτή είναι τα ιστιοπλοϊκά και τα σκάφη αναψυχής, ενώ οι σημαίες προέλευσης των πλοίων παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, με τη σημαία του Ηνωμένου Βασιλείου να επικρατεί στον αριθμό. Ακολουθούν διάφορες χώρες από τις οποίες προέρχονται τα πλοία όπως η Μάλτα, η Αμερική και η πολιτεία του Κεντάκι.

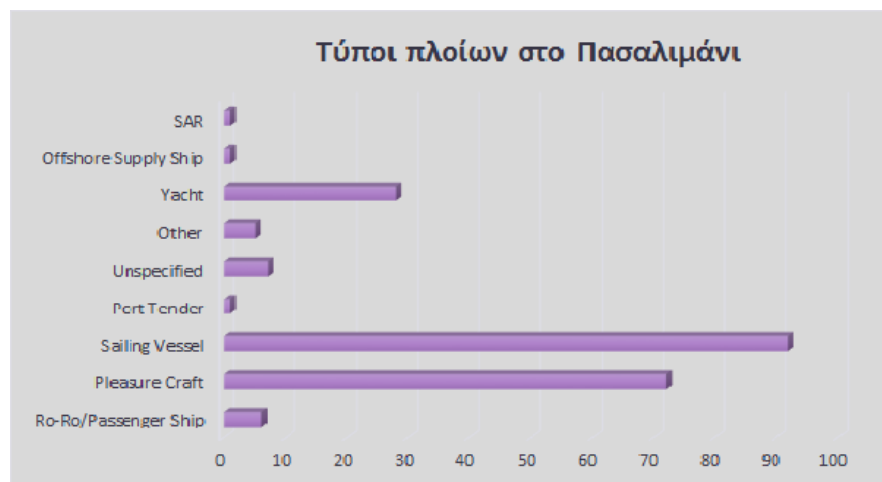


Fig. 4.39 Τύποι πλοίων στο Πασαλιμάνι

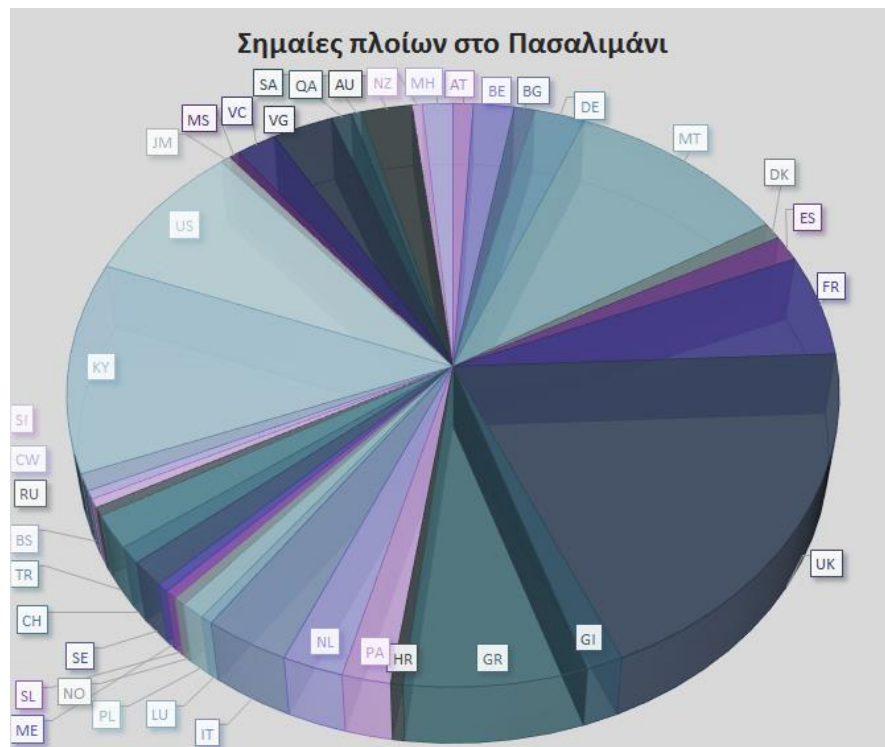


Fig. 4.40 Σημαίες πλοίων στο Πασαλιμάνι

4.4 Κατηγοριοποίηση βάσει χρόνου

Η κατηγοριοποίηση με βάση τον χρόνο αφορά τη χρονική εγγύτητα των ταξιδιών των πλοίων. Μπορεί να επιτευχθεί με την ομαδοποίηση των τροχιών των πλοίων ανά ημέρα, ανά εβδομάδα και ανά μήνα.

Ένα σενάριο το οποίο θα αναπτυχθεί και θα αναλυθεί στο σημείο αυτό είναι ο αριθμός των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά την πρώτη εβδομάδα κάθε μήνα. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση του αριθμού των πλοίων παρατίθενται στο παράρτημα Β.13. Στην απεικόνιση 4.41 παρουσιάζεται ο αριθμός των διαφορετικών πλοίων που εισήλθαν την πρώτη εβδομάδα κάθε μήνα στο λιμάνι του Πειραιά. Όπως απεικονίζεται στο γράφημα αυτό, ο μεγαλύτερος αριθμός διαφορετικών πλοίων παρατηρείται την πρώτη εβδομάδα του Ιουνίου, ενώ ακολουθούν ο Αύγουστος, ο Ιούλιος και τέλος ο Μάιος.



Fig. 4.41 Αριθμός διαφορετικών πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά την πρώτη εβδομάδα κάθε μήνα

Στο επόμενο σενάριο, που σχετίζεται και αυτό με τον χρόνο, υπολογίζονται και καταμετρούνται τα πλοία που βρίσκονται στο λιμάνι του Πειραιά για κάθε μέρα του μήνα Μαΐου. Τα queries που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση του σεναρίου αυτού βρίσκονται στο Παράρτημα Β.14. Η απεικόνιση 4.42 παρουσιάζει το διάγραμμα με την κάθε μέρα του Μαΐου και τον αριθμό των πλοίων που αντιστοιχεί σε αυτήν. Παρατηρείται πως στις 23/05 ο αριθμός των πλοίων που εισήλθαν ήταν ο μεγαλύτερος για ολόκληρο τον μήνα, ενώ ακολουθούν ημερομηνίες 05/05 και 24/05, όπου ο αριθμός των εισερχόμενων στο λιμάνι πλοίων είναι αυξημένος. Στις 08/05 ο αριθμός των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά είναι ο μικρότερος για τον μήνα αυτό.

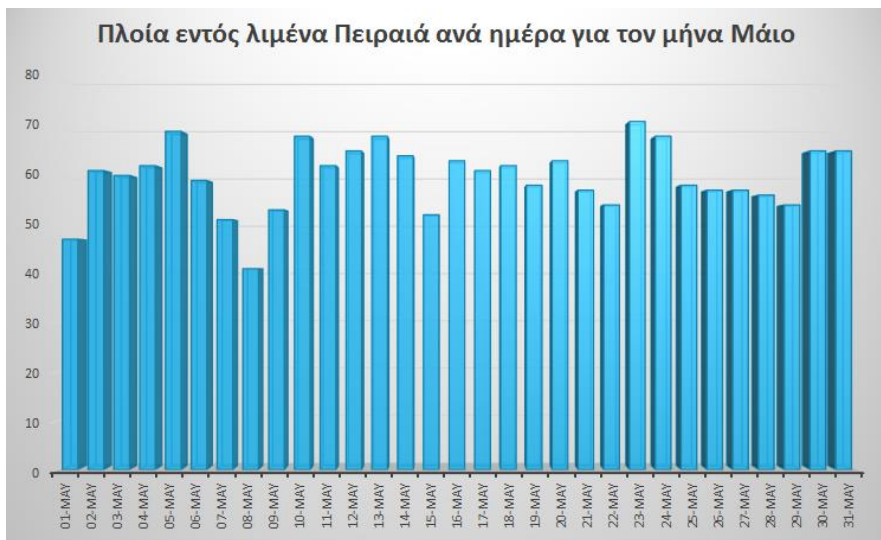


Fig. 4.42 Αριθμός πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά ανά ημέρα για τον μήνα Μάιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Συμπεράσματα

5.1 Εισαγωγή

Ο τεράστιος όγκος των δεδομένων που προκύπτουν από τα AIS μηνύματα, τα οποία εκπέμπονται καθημερινά, δημιουργεί την ανάγκη για επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων αυτών με σκοπό τη χρήση τους ως προς όφελος πολλών εμπλεκόμενων τομέων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει με κατανοητό τρόπο τα δεδομένα από τα AIS μηνύματα, καθώς και να αφηγηθεί μία ιστορία σχετική με την κίνηση των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά, συνοδευόμενη από οπτικό υλικό.

5.2 Συμπεράσματα

Τα δεδομένα που προκύπτουν από τα AIS συστήματα απασχολούν πολλούς κλάδους όπως αυτούς της Ναυτιλίας, της Περιβαλλοντολογίας, της Οικονομίας και της Πληροφορικής και όπως φαίνεται θα συνεχίσουν να βρίσκονται στο προσκήνιο τουλάχιστον, στο προβλέψιμο μέλλον. Αυτό συμβαίνει, διότι πρόκειται για πραγματικά δεδομένα που εκπέμπουν τα ίδια τα πλοία και μέσω αυτών δίνεται η δυνατότητα για βελτίωση του επιπέδου ασφαλείας κατά τον πλου, η δυνατότητα ασφαλέστερης και αποτελεσματικότερης ναυτιλίας, η αναγνώριση των στόχων, η άμεση επικοινωνία μεταξύ των πλοίων καθώς επίσης και η παροχή επιπρόσθετης πληροφορίας για τη σωστή εκτίμηση του ναυτιλιακού περιβάλλοντος [7].

Αρχικά, και αφού έχει παρουσιαστεί το θέμα που πραγματεύεται η εργασία αυτή, στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μία αναφορά στις σχετικές εργασίες που υπάρχουν γύρω από το θέμα αυτό. Στη συνέχεια, καθορίζεται αυστηρά ο στόχος της εργασίας καθώς και τα κίνητρα για την εκπόνησή της. Τέλος, παρουσιάζεται η δομή της εργασίας και πώς αυτή χωρίζεται και αναλύεται σε κεφάλαια.

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται το υπόβαθρο που είναι απαραίτητο για την υλοποίηση της διπλωματικής αυτής διατριβής. Γίνεται λόγος για τις τροχιές κινούμενων αντικειμένων, το σύστημα AIS, την PostgreSQL, το PostGIS καθώς επίσης και για το QGIS.

Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει τις τεχνικές σχεδιασμού της βάσης δεδομένων. Αρχικά, γίνεται μία εισαγωγή, ενώ στη συνέχεια αναλύονται τα στάδια του εννοιολογικού, του λογικού και του φυσικού σχεδιασμού της βάσης δεδομένων.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται μία ιστορία αφήγησης σχετικά με την κίνηση των πλοίων εντός του λιμένα του Πειραιά. Τα δεδομένα κατηγοριοποιούνται βάσει στατικών και γεωγραφικών πληροφοριών καθώς επίσης και βάσει του χρόνου. Με αυτόν τον τρόπο και μέσω της ανάλυσης των σεναρίων για την ιστορία

αφήγησης, εξάγονται διάφορα συμπεράσματα και παρατίθενται στατιστικά στοιχεία για τα πλοία μέσα στο λιμάνι του Πειραιά.

Ως κριτήριο αποτίμησης του αποτελέσματος της παρούσας διπλωματικής διατριβής θα μπορούσε να τεθεί αρχικά η συμφωνία με τις απαιτήσεις που έχουν καταγραφεί παραπάνω. Αν το τελικό αποτέλεσμα ανταποκρίνεται πλήρως στις απαιτήσεις που το χαρακτηρίζουν, τότε θα έχει επιτευχθεί ένας σημαντικός στόχος. Ένας άλλος δείκτης που θα χαρακτήριζε την εργασία αυτή επιτυχή, είναι σίγουρα η τελική μορφή της εργασίας να περιέχει περισσότερες πληροφορίες από τα αρχικά δεδομένα. Εκ των πραγμάτων ο σκοπός της εργασίας είναι ο εμπλουτισμός της υπάρχουσας ΒΔ. Αυτό συνεπάγεται αυτόματα πως η τελική μορφή της ΒΔ θα είναι πιο πολύπλοκη και εμπλουτισμένη με νέα δεδομένα και παραμέτρους. Επιπρόσθετα, η αφήγηση της ιστορίας σχετικά με τα στατιστικά κίνησης στο λιμάνι του Πειραιά, καθιστά την εργασία αυτή πιο περίπλοκη και δελεαστική.

5.3 Προτάσεις

Μετά την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής διατριβής, μπορούν να αναφερθούν κάποιες προτάσεις για μελλοντική ενασχόληση και έρευνα σχετικά με το συγκεκριμένο θέμα.

Μία νέα προοπτική θα μπορούσε να είναι η αύξηση του όγκου των δεδομένων προς επεξεργασία σε δεδομένα διάρκειας ενός χρόνου. Με αυτόν τον τρόπο, μέσω της διαχείρισης μεγαλύτερου όγκου δεδομένων, τα αποτελέσματα ενδέχεται να είναι διαφορετικά. Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να γίνει σύγκριση μεταξύ των καλοκαιρινών και των χειμερινών μηνών σχετικά με την εποχική κινητικότητα των πλοίων ή τη μειωμένη κίνηση των πλοίων κατά τους χειμερινούς μήνες.

Μία άλλη εναλλακτική είναι η ενασχόληση με τις τροχιές των πλοίων και τα δρομολόγια αυτών. Θα μπορούσε να γίνει σύγκριση μεταξύ τροχιών και στη συνέχεια ομαδοποίηση ομοειδών τροχιών ως προς τη χωρική εγγύτητά τους ή τη διάρκεια τους καθώς και σύγκριση του εκτιμώμενου χρόνου άφιξης στο λιμάνι με τον πραγματικό χρόνο άφιξης.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε η ανάλυση τροχιών των πλοίων και η αναγνώριση αυτών που εισέρχονται σε προστατευόμενες περιοχές σύμφωνα με το δίκτυο Natura 2000. Θα μπορούσε να γίνει αναγνώριση του πλοίου που εισέρχεται καθώς ακόμα και του χρόνου, κατά τον οποίο συνέβη η παραβίαση της προστατευόμενης περιοχής.

Βιβλιογραφία

1. Marine Traffic, <http://www.marinetraffic.com>, last accessed 2017/12/12
2. VesselTracker, <http://www.vesseltracker.com>, last accessed 2017/12/12
3. IMIS Global: MariWeb, <http://www.imisglobal.com/mariweb>, last accessed 2017/12/12
4. ShipFinder: Live Marine Traffic App, <http://www.shipfinder.co>, last accessed 2017/12/12
5. FleetMon: Live AIS Vessel Tracker, <http://www.fleetmon.com>, last accessed 2017/12/12
6. Vessel Finder: Free AIS Ship Tracking of Marine Traffic, <http://www.fleetmon.com>, last accessed 2017/12/12
7. Automatic Identification System, https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_identification_system, last accessed 2017/12/12
8. IMO: International Maritime Organization, <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>, last accessed 2017/12/12
9. PostgreSQL: The world's most advanced open source database, <https://www.postgresql.org/>, last accessed 2017/12/12
10. PostGIS: Spatial and Geographical objects for PostgreSQL, <http://www.postgis.net>, last accessed 2017/12/12
11. QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System, <https://www.qgis.org/en/site/>, last accessed 2017/12/12
12. GEODATA.gov.gr, <http://geodata.gov.gr/>, last accessed 2017/12/12
13. Devogele T, Etienne L, Ray C (2013) Maritime monitoring. Mobility Data: Modelling, Management, and Understanding, pp. 224 - 243
14. Kalyvas C, Kokkos A, Tzouramanis T (2017) A survey of official online sources of high-quality free-of-charge geospatial data for maritime geographic information systems applications, 65, pp. 36 - 51
15. Cazzanti, Luca and Davoli, Antonio and Millefiori, Leonardo M. (2016) Big Data. In Proceedings of IEEE
16. Patroumpas K, Alevizos E, Artikis A, Vodas A, Pelekis N, Theodoridis Y (2017) Online event recognition from moving trajectories, 21(2), pp. 389 - 427
17. Fiorini M, Capata A, Bloisi D (2016) AIS Data Visualization for Maritime Spatial Planning (MSP), 5, pp. 45 – 60
18. Cazzanti L, Davoli A, Millefiori A (2016) Automated Port Traffic Statistics: From Raw Data to Visualisation. In Proceedings of IEEE
19. Sabarish Senthilnathan Muthu (2015) Visualization, Statistical Analysis and Mining of Historical Vessel Data, pp. 1 - 167
20. Willems N, Willem Robert van Hage, Gerben de Vries, Jeroen Janssens, Véronique Malais'e (2010) An Integrated Approach for Visual Analysis of a Multi-Source Moving Objects Knowledge Base, 24(9), pp. 1 - 16
21. Meijers M, Peter van Oosterom, Quak W (2016) Management of AIS messages in a Geo-DBMS, ISSN: 1569-0245, pp. 1 - 33
22. Cazzanti L, Pallotta G (2015) Mining Maritime Vessel Traffic: Promises, Challenges, Techniques. In Proceedings of IEEE.

Παράρτημα Α Δημιουργία Βάσης Δεδομένων

A.1 Δημιουργία Βάσης Δεδομένων στην PostgreSQL

```
CREATE DATABASE db_ais
WITH OWNER = postgres
ENCODING = 'UTF8'
TABLESPACE = pg_default
```

A.2 Δημιουργία πίνακα *ais_data*

```
CREATE TABLE public.ais_data
(
  id integer NOT NULL DEFAULT nextval('ais_data_id_seq'::regclass),
  timestamp double precision,
  type integer,
  mmsi integer,
  status integer,
  lon double precision,
  lat double precision,
  heading integer,
  turn double precision,
  speed double precision,
  course double precision);
```

A.3 Γέμισμα πίνακα *ais_data* με δεδομένα από csv αρχεία

```
COPY ais_data (timestamp, type, mmsi, status, lon, lat, heading, turn,
speed, course)
FROM 'PATH' WITH CSV HEADER DELIMITER ',';
```

A.4 Δημιουργία χωρικών ευρετηρίων (indexes) στον πίνακα *ais_data*

```
CREATE INDEX ais_data_index ON ais_data(mmsi, lon, lat, timestamp);
```

A.5 Δημιουργία πίνακα *points*

```
CREATE TABLE AS SELECT id, mmsi, lon, lat, timestamp FROM ais_data;
```

A.6 Δημιουργία στήλης *geom* στον πίνακα *points*

```
ALTER TABLE points ADD COLUMN geom geometry(POINT,4326);
```

```
UPDATE POINTS SET geom=ST_SetSRID(ST_MakePoint(lon,lat),4326);
```

A.7 Δημιουργία *index* στον πίνακα *points*

```
CREATE INDEX geom_index ON points USING GIST(geom);
```

```
CREATE INDEX points_index ON points(mmsi);
```

A.8 Δημιουργία πίνακα *routes*

```
CREATE TABLE AS SELECT mmsi, ST_MakeLine(geom order by  
timestamp) as trajectory, date_trunc('day',timestamp)  
FROM points  
GROUP BY mmsi, date_trunc('day',timestamp);
```

```
ALTER TABLE routes ADD COLUMN ID SERIAL NOT NULL;
```

```
ALTER TABLE routes ADD PRIMARY KEY(id);
```

A.9 Δημιουργία πίνακα *ship_type* με στατικά δεδομένα

```
CREATE TABLE ship_type(  
imo char(7),  
mmsi integer,  
name char(20),  
flag char(2),  
type text);
```

```
COPY ship_type FROM 'PATH' WITH CSV HEADER DELIMITER ',';
```

A.10 Δημιουργία index στον πίνακα *ship_type*

```
CREATE INDEX ship_type_index ON ship_type(mmsi);
```

A.11 Δημιουργία πίνακα *ship_info*

```
CREATE TABLE ship_info AS SELECT distinct points.mmsi,  
ship_type.name, ship_type.type, ship_type.flag  
FROM points LEFT OUTER JOIN ship_type ON points.mmsi =  
ship_type.mmsi;  
ALTER TABLE ship_info ADD PRIMARY KEY(mmsi);
```

A.12 Δημιουργία index στον πίνακα *ship_info*

```
CREATE INDEX ship_info_index ON ship_info(mmsi);
```

A.13 Σύνδεση πινάκων μέσω της σχέσης πρωτεύοντος-ξένου κλειδιού

```
ALTER TABLE ais_data ADD FOREIGN KEY(mmsi) REFERENCES  
ship_info(mmsi);  
ALTER TABLE points ADD FOREIGN KEY(mmsi) REFERENCES  
ship_info(mmsi);  
ALTER TABLE routes ADD FOREIGN KEY(mmsi) REFERENCES  
ship_info(mmsi);
```

A.14 Δημιουργία του πίνακα *in_port*

```
SELECT *  
FROM points
```

```
WHERE  
ST_DWITHIN(geom::geography,Geography(ST_MakePoint(23.63708,37.9  
4745)),2000);
```

A.15 Σύνδεση του πίνακα *in_port* με τον πίνακα *ship_info*

```
ALTER TABLE in_port ADD FOREIGN KEY(mmsi) REFERENCES  
ship_info(mmsi);
```

A.16 Δημιουργία index στον πίνακα *in_port*

```
CREATE INDEX index_of_geom ON in_port USING GIST(geom);
```


Παράρτημα Β Επεξεργασία και Ανάλυση δεδομένων

B.1 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά ανά τύπο πλοίου

```
SELECT DISTINCT(in_port.mmsi)
FROM in_port, ship_info
WHERE in_port.mmsi = ship_info.mmsi AND ship_info.type='Other';
```

```
SELECT DISTINCT(in_port.mmsi)
FROM in_port, ship_info
WHERE in_port.mmsi = ship_info.mmsi AND ship_info.type='Sailing Vessel';
```

```
SELECT DISTINCT(in_port.mmsi)
FROM in_port, ship_info
WHERE in_port.mmsi = ship_info.mmsi AND ship_info.type='Pleasure Craft';
```

```
SELECT DISTINCT(in_port.mmsi)
FROM in_port, ship_info
WHERE in_port.mmsi = ship_info.mmsi AND ship_info.type LIKE '%Tanker';
```

```
SELECT DISTINCT(in_port.mmsi)
FROM in_port, ship_info
WHERE in_port.mmsi = ship_info.mmsi AND ship_info.type='Passengers Ship' OR ship_info.type='Ro-Ro/Passenger Ship';
```

```
SELECT DISTINCT(in_port.mmsi)
FROM in_port, ship_info
WHERE in_port.mmsi = ship_info.mmsi AND ship_info.type='Yacht';
```

B.2 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά ανά σημαία προέλευσης

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.flag
FROM in_port, ship_info
```

```
WHERE in_port.mmsi = ship_info.mmsi AND ship_info.flag='GR';
```

Αντίστοιχα queries δημιουργούνται και εκτελούνται για τις υπόλοιπες σημαίες προέλευσης (UK, MT, KY, BS, US, FR, IT, PA, NL).

B.3 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά για τον κάθε μήνα

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT(month from timestamp) = 5;
```

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT(month from timestamp) = 6;
```

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT(month from timestamp) = 7;
```

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT(month from timestamp) = 8;
```

B.4 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στον εξωτερικό λιμένα

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,  
ship_info.type, ship_info.flag  
FROM in_port, ship_info  
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND  
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-  
gons='ekswterikos_limenas';
```

B.5 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στη Πύλη E1

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,  
ship_info.type, ship_info.flag  
FROM in_port, ship_info  
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND  
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-  
gons='E1';
```

B.6 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στη Πύλη E2

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,  
ship_info.type, ship_info.flag  
FROM in_port, ship_info  
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND  
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-  
gons='E2';
```

B.7 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στον εσωτερικό λιμένα

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,  
ship_info.type, ship_info.flag  
FROM in_port, ship_info  
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND  
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-  
gons='eswterikos_limenas';
```

B.8 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E9

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,  
ship_info.type, ship_info.flag  
FROM in_port, ship_info  
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND  
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-  
gons='E9';
```

B.9 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E11

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,  
ship_info.type, ship_info.flag  
FROM in_port, ship_info  
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND  
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-  
gons='E11';
```

B.10 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στην Πύλη E12

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,  
ship_info.type, ship_info.flag  
FROM in_port, ship_info  
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND  
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-  
gons='E12';
```

B.11 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στη αποβάθρα κρουαζιερόπλοιων

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,
ship_info.type, ship_info.flag
FROM in_port, ship_info
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-
gons='Cruise_terminal';
```

B.12 Query για τον εντοπισμό των πλοίων που βρέθηκαν στο πασαλιμάνι

```
SELECT DISTINCT ON(in_port.mmsi) in_port.mmsi, ship_info.name,
ship_info.type, ship_info.flag
FROM in_port, ship_info
WHERE ship_info.mmsi = in_port.mmsi AND
ST_Contains(port_polygons.geom,in_port.geom) AND port_polygons.poly-
gons='pasalimani';
```

B.13 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά για την πρώτη εβδομάδα κάθε μήνα**Πρώτη εβδομάδα του Μαΐου:**

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))
FROM in_port
WHERE EXTRACT(week from timestamp) = 18;
```

Πρώτη εβδομάδα του Ιουνίου:

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))
FROM in_port
WHERE EXTRACT(week from timestamp) = 23;
```

Πρώτη εβδομάδα του Ιουλίου:

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT(week from timestamp) = 27;
```

Πρώτη εβδομάδα του Αυγούστου:

```
SELECT COUNT(DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT(week from timestamp) = 32;
```

B.14 Σενάριο που αφορά τον αριθμό των πλοίων που εισήλθαν στο λιμάνι του Πειραιά για κάθε μέρα του μήνα Μαΐου**Πρώτη ημέρα του Μαΐου**

```
SELECT COUNT (DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT (day from timestamp)=1 AND EXTRACT(month from timestamp) = 5;
```

Δεύτερη ημέρα του Μαΐου

```
SELECT COUNT (DISTINCT(mmsi))  
FROM in_port  
WHERE EXTRACT (day from timestamp)=2 AND EXTRACT(month from timestamp) = 5;
```

Αντίστοιχα διαμορφώνονται τα υπόλοιπα queries για τις επόμενες μέρες του Μαΐου. Για την τρίτη ημέρα η συνθήκη γίνεται WHERE EXTRACT (day from timestamp) = 3 AND EXTRACT(month from timestamp) = 5, για την τέταρτη ημέρα WHERE EXTRACT (day from timestamp) = 4 AND EXTRACT(month from timestamp) = 5 κ.ο.κ..