



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**“ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ”**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΑΡΚΟ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΖΑΧΑΡΙΑ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
ENGINEER DEPARTMENT  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL  
DESIGN AND PRODUCTION

THESIS TOPIC

“MARITIME RISK ASSESSMENT DECISION-MAKING SYSTEM”



FULL NAME :

DIMITRIOS MARKO

SUPERVISOR :

PARASKEVI ZACHARIA

ATHENS, FEBRUARY 2023

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με τον νομό και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του τμήματος.

**Επιβλέπων :** Ζαχαρία Παρασκευή

Επίκουρη Καθηγήτρια

**Επιτροπή Αξιολόγησης :**

.....

Ζαχαρία Παρασκευή

Επίκουρη Καθηγήτρια

.....

Μιχαήλ Παπουτσιδάκης

Καθηγητής

.....

Ελένη-Αικατερίνη Λελίγκου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Δημήτριος Μάρκο του Ρολάντ , με αριθμό μητρώου 70147637 φοιτητής Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής , δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Στους γονείς μου.

## Περίληψη

Σε ένα περιβάλλον όπως είναι η ναυτιλία, το οποίο επιδέχεται μεγάλες αλλαγές μέσα με την μέρα η αξιολόγηση του θαλασσιού κινδύνου είναι ένα μείζον ερευνητικό θέμα. Λόγω της συνεχούς εξέλιξης και των νέων προκλήσεων που ελλοχεύουν έχει πραγματοποιηθεί ένας σημαντικός αριθμός μελετών για τον εντοπισμό υψηλού κινδύνου. Η μοντελοποίηση του θαλάσσιου κινδύνου λαμβάνει υπόψη διάφορες έννοιες όπως η ασφάλεια στην ναυτιλία σε σχέση με την θαλασσιά κυκλοφορία ή την προστασία του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Οι νέες προκλήσεις που εμφανίζονται απαιτούν όχι μόνο την ολοκληρωμένη επίγνωση των χαρακτηριστικών του κάθε πλοίου λαμβάνοντας υπόψη και τους εξωγενείς παράγοντες, αλλά και την άρτια γνώση εργαλείων και μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του κινδύνου. Στόχος της κάτωθι εργασίας είναι η αξιολόγηση του θαλάσσιου κινδύνου μέσα στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος και πιο συγκεκριμένα, για την πρόληψη της ρύπανσης από το πετρέλαιο.

Η κάτωθι διπλωματική ξεκινάει κάνοντας μια εισαγωγή στο περιβάλλον και κατ' επέκταση στο θαλάσσιο περιβάλλον το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη με στόχο την προβολή των επιπτώσεων λόγω ρύπανσης που επιδέχεται επανειλημμένα από τον άνθρωπο, αλλά και την ευαισθητοποίηση του καθώς οι καταστροφές που προκαλούνται τις περισσότερες φορές είναι ανεπανόρθωτες. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια αναφορά στους κανόνες ναυσιπλοΐας και στα σύγχρονα συστήματα τα οποία είναι εξοπλισμένα τα πλοία ώστε να υπάρχει επίγνωση και μείωση κινδύνου κατά τον απόπλου. Έπειτα γίνεται μια εκτενής αναφορά στην Ασαφή Λογική και των κανόνων που την διέπουν διασαφηνίζοντας την διαφορά μεταξύ των κλασσικών συνόλων. Αναφέρονται έννοιες όπως οι ασαφείς τελεστές, η αποσαφοποίηση και η αιτιότητα οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στο προτελευταίο και τελευταίο κεφάλαιο. Στο προτελευταίο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο σύστημα λήψης αποφάσεων MA.RIS.A ( Marine RISk Assessment ), την αρχιτεκτονική του και των παραμέτρων που θέτονται ώστε να γίνεται με μεγάλη ακρίβεια η αναγνώριση του κινδύνου σε οποιαδήποτε κατάσταση κι αν βρίσκεται το πλοίο. Ολοκληρώνοντας στο τελευταίο κεφάλαιο και έχοντας γνώμονα την αρχιτεκτονική του συστήματος πραγματοποιείται ένας συνδυασμός όλων όσων έχουν προηγηθεί ώστε να δοθεί ένα παράδειγμα με αληθινά δεδομένα και να γίνει η ανάλυση του κινδύνου ώστε να αποφευχθεί η ρύπανση του περιβάλλοντος. Αυτό το πετυχαίνουμε με την βοήθεια του προγράμματος MATLAB .

Λέξεις – Κλειδιά : Θαλάσσιο περιβάλλον, Ρύπανση, Πετρέλαιο, Πετρελαιοκηλίδα, Ασαφής Λογική, MA.RIS.A, Θαλασσιοί δρόμοι, MATLAB

## **Abstract**

In an environment such as shipping industry, which undergoes great changes day by day, maritime risk assessment is a major research topic. Due to the continuous development and the new challenges that lie ahead, a significant number of studies have been carried out to identify high risk. Marine risk modeling takes into account various terms such as safety in shipping regarding to maritime traffic or the protection of the marine ecosystem. The new challenges that appear require not only the comprehensive awareness of the characteristics of each ship separately and taking into account external factors, but also the thorough knowledge of tools and methods used for risk assessment. The objective of the following assignment is the evaluation of the marine risk within the framework of environmental protection and more specifically, for the prevention of oil pollution.

The undermentioned thesis begins by making an introduction to the environment and, by extension, to the marine environment, which is vital importance for the existence of life on the planet, with the purpose of exposing the effects due to pollution repeatedly amenable by humans, but also to raise his awareness as the disasters caused most of the time, they are irreparable. Then a report is made to the rules of navigation and to the modern systems which the ships are equipped with so there is raised awareness and risk reduction during sailing away or departure. Then there is an extensive report to Fuzzy Logic and the rules that consist it, clarifying the difference between the classic sets. Terms such as fuzzy operators, defuzzification and reasoning are mentioned which will be used in the penultimate and last chapter. In the penultimate chapter, an introduction is made to the MA.RIS.A (Maritime RISK Assessment) decision-making system, its architecture and the parameters that are set in order to accurately identify the risk in any situation the ship is into. To sum up, in the last chapter bearing in mind the architecture of the system and combination of everything that has followed , in order to give an example by having real data for the analysis of the risk factor in order to avoid the pollution of the environment. To achieve these we use the MATLAB.

**Keywords:** Marine environment, Pollution, Oil, Oil spill, Fuzzy Logic, MA.RIS.A, Seaways, MATLAB

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract .....	7
Κατάλογος Πινάκων .....	11
Κατάλογος Εικόνων .....	12
Σκοπός και δομή διπλωματικής .....	16
Κεφάλαιο 1° : Περιβάλλον – Φύση .....	17
Εισαγωγή .....	17
Θαλάσσιο περιβάλλον .....	18
Τρόποι προσβολής θαλάσσιου περιβάλλοντος .....	19
Θαλάσσια ρύπανση.....	19
Πηγές θαλάσσιας ρύπανσης .....	20
Ρύπανση από πετρέλαιο .....	20
Επίδραση ρύπανσης από πετρέλαιο στο θαλάσσιο οικοσύστημα.....	21
Είδη Ρύπανσης του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος από την Ναυτιλία .....	22
Μετρά προστασίας - Νομικό καθεστώς και διεθνείς οργανισμοί.....	23
Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) .....	24
Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS 74) .....	25
Κώδικας Ασφαλούς Διαχείρισης (ISM Code) .....	25
Διεθνής Σύμβαση COLREG – Αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα .....	26
Νομός Oil Pollution Act (OPA 90) .....	26
Πρώτη Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρυπάνσεως της θάλασσας από Πετρέλαιο (OILPOL).....	27
Ο ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ( ISPS ) .....	27
Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO).....	28
Κεφάλαιο 2° Θαλάσσια κυκλοφορία και αποφυγή συγκρούσεων Εισαγωγή.....	32
Κινήσεις και βαθμοί ελευθερίας σώματος στην θάλασσα .....	32
Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισεως - AIS (Automatic Identification System) .....	34
Παρεχόμενες Πληροφορίες του συστήματος AIS .....	35
Ανίχνευση και μέτρηση αποστάσεων με ραδιοκύματα (RADAR).....	36
Τα βασικά μέρη του Ραντάρ.....	37
Τύποι Ράνταρ.....	38
Διεθνείς κανονισμοί προς Αποφυγή Συγκρούσεων στην θάλασσα (COLREGS 72 ) .....	38
Τμήμα Ι .....	40
Τμήμα ΙΙ .....	45



Τμήμα III .....	49
Ανίχνευση Θαλάσσιων δρόμων κυκλοφορίας με στατική ανάλυση πυκνότητας .....	49
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> Ασαφής Λογική.....	53
Εισαγωγή .....	53
Θεωρία συνόλων - κλασσική και ασαφή σύνολα .....	55
Πράξεις Συνόλων.....	56
Ιδιότητες Κλασσικών Συνόλων .....	57
Ασαφή Σύνολα.....	58
Πράξεις Ασαφών Συνόλων .....	58
Ιδιότητες ασαφών συνόλων.....	59
Χαρακτηριστικά συνάρτησης βαθμού μέλους.....	59
Μορφές Ασαφών Συναρτήσεων Συμμετοχής (Fuzzy Logic Toolbox-MATLAB).....	60
Γλωσσολογικές μεταβλητές & ασαφείς τελεστές .....	61
Αιτιότητα στην ασαφή λογική .....	63
Αποσαφoποίηση .....	64
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> Δεδομένα για το σύστημα λήψεις απόφασης για την εκτίμηση του κίνδυνου στην θάλασσα ( MA.Ris.A ).....	67
Εισαγωγή .....	67
Διεθνείς οργανισμοί και παροχή δεδομένων .....	67
Αρχιτεκτονική του Συστήματος (MA.Ris.A).....	69
Αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του πλοίου .....	70
Αξιολόγηση της χωρητικότητας του πλοίου .....	71
Αξιολόγηση προϋστορίας του πλοίου.....	72
Αξιολόγηση Δυνατοτήτων του πλοίου .....	73
Αξιολόγηση Στατικού παράγοντα Κινδύνου .....	74
Δυναμικός Παράγοντας Κινδύνου .....	75
Αξιολόγηση Πρόγνωσης Καιρού .....	75
Αξιολόγηση Μετεωρολογικών Συνθηκών .....	76
Αξιολόγηση Δυναμικού παράγοντα κινδύνου .....	77
Προσομοίωση και Αποτελέσματα Στατικών Παραγόντων Κινδύνου .....	78
Αξιολόγηση Εξέλιξης Απόστασης .....	80
Αξιολόγηση Εξέλιξης Ταχύτητας .....	81
Αξιολόγηση Θαλάσσιας Λωρίδας.....	82
Αξιολόγηση Περιβαλλοντικού Παράγοντα Κινδύνου .....	83
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> Ορισμός Περιβαλλοντικού Παράγοντα κίνδυνου με το πρόγραμμα MATLAB .	84
Εισαγωγή .....	84

Συμπεράσματα .....	122
Αναφορές .....	123
Πηγές εικόνων .....	126

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 : Τα τρία είδη συχνοτήτων των ραντάρ

Πίνακας 2 : Διαφορές μεταξύ ραντάρ 3 cm και 10 cm

Πίνακας 3 : Κανόνες Τμήματος I

Πίνακας 4 : Κανόνες Τμήματος II

Πίνακας 5 : Κανόνες του παραδείγματος του φιλοδωρήματος

Πίνακας 6 : Κανόνες του παραδείγματος πέδησης

Πίνακας 7 : Είσοδοι – έξοδοι του συστήματος Στατικού Παράγοντα

Πίνακας 8 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τα Χαρακτηριστικά Πλοίου

Πίνακας 9 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για την Χωρητικότητα Πλοίου

Πίνακας 10 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τα Προϊστορίας Πλοίου

Πίνακας 11 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τις Δυνατότητες Πλοίου

Πίνακας 12 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τα Προϊστορίας Πλοίου

Πίνακας 13 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Πρόγνωσης Καιρού

Πίνακας 14 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Μετεωρολογικών Συνθηκών

Πίνακας 15 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Δυναμικού Παράγοντα Κινδύνου

Πίνακας 16 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για την Εξέλιξη Απόστασης

Πίνακας 17 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Ανάπτυξης Ταχύτητας

Πίνακας 18: Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για την Θαλάσσια Λωρίδα

Πίνακας 19 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τον Περιβαλλοντικό Παράγοντα Κινδύνου

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Βιόσφαιρα και τα ζωντανά όντα που την διέπουν

Εικόνα 2: Υποθαλάσσιο Περιβάλλον

Εικόνα 3: Πετρελαιοκηλίδα στον κόλπο του Μεξικού μεσώ δορυφόρου της NASA

Εικόνα 4: Τα θαλάσσια στρώματα τα οποία επηρεάζει μια πετρελαιοκηλίδα

Εικόνα 5: Νεκρά ψάρια μέσα στον πυρήνα της πετρελαιοκηλίδας

Εικόνα 6: Παραρτήματα I -VI της MARPOL

Εικόνα 7 : Υπάρχον θεσμικό πλαίσιο και συσχέτιση του με τον Κώδικα ISPS

Εικόνα 8: Απεικόνιση των συμβάσεων του IMO

Εικόνα 9: Στην πρώτη εικόνα υπάρχει η θετική ευστάθεια, στην ακριβώς από κάτω η αρνητική ευστάθεια και τέλος η ουδέτερη ευστάθεια

Εικόνα 10: Ευστάθεια και βαθμοί ελευθερίας πλοίου

Εικόνα 11: Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης

Εικόνα 12: Ακτογραφικά στοιχεία και διαφορά μεταξύ AIS και radar

Εικόνα 13: Λειτουργικά μέρη Ράνταρ Ναυσιπλοΐας

Εικόνα 14: Περιεχόμενο ΔΚΑΣ

Εικόνα 15: Διαπίστωση του κινδύνου σύγκρουσης με α) σταθερή σχετική διόπτευση, β) ελάττωση σχετικής διόπτευσης, γ) αύξηση σχετικής διόπτευσης

Εικόνα 16: Σαφής και έκδηλος χειρισμός

Εικόνα 17: Έγκαιρος χειρισμός

Εικόνα 18: Τήρηση δεξιάς πλευράς σε δίαυλο διπλής κατεύθυνσης

Εικόνα 19: Τήρηση κεντρικού – βασικού άξονα διαύλου

Εικόνα 20: Δίαυλος και διασταύρωση πορειών

Εικόνα 21: Δεξιά προσπέραση διαύλου

Εικόνα 22: ( Αριστερά ) Ηχητικά σήματα σε καμπή διαύλου και ( δεξιά ) απαγορευμένη αγκυροβολία μέσα σε δίαυλο

Εικόνα 23: Τήρηση απόστασης ζώνης διαχωρισμού

Εικόνα 24: Είσοδος και έξοδος με την μικρότερη γωνία στροφής

Εικόνα 25: Το καταφθάνον φυλάει το καταφθανόμενο

Εικόνα 26: Χειρισμός προς αποφυγή συγκρούσεως αντιπλεόντων πλοίων

Εικόνας 27: Πλοία με διασταυρούμενες πορείες

Εικόνα 28: Χειρισμός υπόχρεου πλοίου

Εικόνα 29 : Το πλοίο B φυλάει το πλοίο A

Εικόνα 30: Το φυλασσόμενο πλοίο A αλλάζει πορεία για να αποφύγει την σύγκρουση με το υπόχρεο B

Εικόνα 31: Περιορισμένη ορατότητα κατά τον απόπλου

Εικόνα 32: Γράφημα δεδομένων AIS και θαλάσσιων μετακινήσεων πλοίων τύπου Tanker

Εικόνα 33: Διάγραμμα Hausdorff, διαδικασία και υπολογισμός για παρόμοια τροχιά πλοίων

Εικόνα 34: Απλοποίηση της τροχιάς του πλοίου μέσω του αλγορίθμου Douglas-Peucker

Εικόνα 35: Εξαγωγή σημείου κορυφής της τροχιάς των πλοίων

Εικόνα 36: Επιλογή διάμεσου κέντρου με βάση τα αποτελέσματα του συμπλέγματος

Εικόνα 37: Διάγραμμα ανάλυσης KDE που εφαρμόζει το 75% και το 90% του της συνολικής θαλάσσιας κυκλοφορίας

Εικόνα 38: Γραφική αναπαράσταση στον (αριστερό μέρος) ενός διακριτού συνόλου και (στο δεξί μέρος) ενός ασαφούς συνόλου

Εικόνα 39: Γραφική αναπαράσταση ενός συνόλου  $\{1,7,2,8\}$

Εικόνα 40: Τελεστές κλασικών συνόλων

Εικόνα 41: Γραφική αναπαράσταση ενός ασαφούς συνόλου

Εικόνα 42: Η κλασική θεωρία συνόλων είναι ένα υποσύνολο της θεωρίας των ασαφών συνόλων

Εικόνα 43: Βασικά χαρακτηριστικά ασαφών συνόλων

Εικόνα 44: Μια συνάρτηση μέλους με εμφανιζόμενες ιδιότητες

Εικόνα 44a – 44b – 44c:

Εικόνα 45: Ασαφείς τελεστές

Εικόνα 46: Άλγεβρα Boole, πράξεις και πύλες

Εικόνα 47: Διαδικασία αποσαφοποίησης για την θέση ενός ασαφούς προβλήματος

Εικόνα 48: Παράδειγμα κανόνα ασάφειας και αποσαφοποίηση με την μέθοδο (CoG)

Εικόνα 49 : Παράδειγμα Συνάθροισης όλων κανόνων ασάφειας του Πίνακα ΤΑΔΕ

Εικόνα 50: Αρχιτεκτονική Συστήματος Λήψης Αποφάσεων

Εικόνα 51: Ασαφής ορισμός χαρακτηριστικών πλοίου

Εικόνα 52: Ασαφής ορισμός χωρητικότητας πλοίου

Εικόνα 53: Ασαφής ορισμός Προϊστορίας Πλοίου

Εικόνα 54: Ασαφής ορισμός δυνατοτήτων πλοίου

Εικόνα 55: Αξιολόγηση στατικού παράγοντα κίνδυνου

Εικόνα 56: Ασαφής ορισμός πρόγνωσης καιρού

Εικόνα 57: Ασαφής ορισμός μετεωρολογικών συνθηκών

Εικόνα 58: Αξιολόγηση δυναμικού παράγοντα κινδύνου

Εικόνα 59: Αξιολόγηση παράγοντα περιβαλλοντικού κινδύνου

Εικόνα 60: Στοιχεία Πλοίου

Εικόνα 61: Κενή φόρμα εισαγωγής στοιχείων για τον υπολογισμό του στατικού παράγοντα κίνδυνου μέσω την πλατφόρμας ParisMOU

Εικόνα 62: Αποτελέσματα Στατικού παράγοντα κινδύνου (στο κάτω μέρος)

Εικόνα 63 : Νέα Αρχιτεκτονική Συστήματος Λήψης Αποφάσεων

Εικόνα 64: Ειδή τροχιών πλοίου

Εικόνα 65 : Ασαφές σύνολο χαρακτηριστικά πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 66 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 67 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 68 : Ασαφές σύνολο χωρητικότητα πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 69 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 70 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 71 : Ασαφές σύνολο προϊστορία πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 72 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 73 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 74 : Ασαφές σύνολο δυνατότητες πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 75 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 76 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 77 : Ασαφές σύνολο στατικός παράγοντας κινδύνου και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 78 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 79 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 80 : Ασαφές σύνολο πρόγνωση καιρού και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 81 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 82 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 83 : Ασαφές σύνολο μετεωρολογικές συνθήκες και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 84 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 85 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 86 : Ασαφές σύνολο δυναμικός παράγοντας κινδύνου και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 87 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 88 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 89 : Ασαφές σύνολο εξέλιξη απόστασης και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 90 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 91 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 92 : Ασαφές σύνολο εξέλιξη ταχύτητας και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 93 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 94 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 95 : Ασαφές σύνολο θαλάσσια λωρίδα και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 96 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

Εικόνα 97 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Εικόνα 98 : Ασαφές σύνολο περιβαλλοντικός παράγοντας κινδύνου και ασαφοποίηση εισόδων

Εικόνα 99 : Ασαφοποίηση εισόδων και έξοδος του ασαφές συνόλου

Εικόνα 100 : Πίνακας κανόνων και σχηματική αναπαράσταση του

Εικόνα 101 : Κώδικας και αποτέλεσμα περιβαλλοντικού παράγοντα κινδύνου παραδείγματος πραγματικών δεδομένων, για το πλοίο TANKER No.230

## Σκοπός και δομή διπλωματικής

Στο περιβάλλον της ναυτιλίας παρουσιάζονται καθημερινές προκλήσεις στις οποίες κάθε μηχανικός πρέπει να ακολουθήσει μια ακολουθία ώστε να καταφέρει να φτάσει στην επίλυση του προβλήματος. Ο καθορισμός και ο εντοπισμός του προβλήματος, η χρήση κατάλληλων μεθόδων και τεχνικών για την επίλυση του προβλήματος και η συγκέντρωση των σωστών εργαλείων δια μέσου των οποίων θα χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι αποτελούν τα βασικά βήματα για την επίλυση ενός προβλήματος.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η αποτύπωση του προβλήματος λαμβάνοντας υπόψη τα στατικά και δυναμικά χαρακτηριστικά των πλοίων και των συνθηκών της θάλασσας. Για την αξιολόγηση του κινδύνου χρησιμοποιείται ασαφή λογική με σκοπό την αποφυγή ρύπανσης του θαλασσιού οικοσυστήματος και προστασίας του.

Η διπλωματική χωρίζεται σε πέντε μέρη, τα οποία στο τελευταίο μέρος συνδυάζονται για την ανάπτυξη μιας περίπτωσης πλοίου για την εκτίμηση κινδύνου στην θάλασσα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο θαλάσσιο οικοσύστημα αλλά και στο πως αυτό έχει αλλοιωθεί με την πάροδο των χρόνων από τον τομέα της ναυτιλίας αλλά και τον ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που σχετίζονται με αυτήν.

Το δεύτερο κεφάλαιο πραγματεύεται τόσο την θαλασσιά κυκλοφορία όσο και τους κανόνες ναυσιπλοΐας όπου με την βοήθεια των εργαλείων - μέσων τα πλοία ακολουθούν συγκεκριμένες διαδρομές και τροχιές για την αποφυγή συγκρούσεων και θαλασσιού 'κομφούζιο' (σύγχυση ή 'μποτιλιάρισμα').

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην ασαφή λογική και τις έννοιες που τα διέπουν καθώς χρησιμοποιούνται σε όλη την έκταση του τέταρτου κεφαλαίου που αφορά την αρχιτεκτονική και λειτουργία του συστήματος λήψης αποφάσεων. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά σε όλα τα ασαφή σύνολα από τα οποία αποτελείται, παρουσιάζοντας τους 4 βασικούς παράγοντες ( Στατικοί, Δυναμικοί, Ταχύτητα, Θαλάσσιες λωρίδες ) οι οποίοι πρέπει να εκτιμηθούν για να αποδοθεί ο περιβαλλοντικός παράγοντας κίνδυνου .

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται συνδυασμός όλων των παραπάνω ώστε με την βοήθεια του προγράμματος MATLAB να αναπτυχθεί ένας κώδικας που θα συμπεριλαμβάνει τους βασικού παράγοντες ώστε να εκτιμηθεί ο κίνδυνος στην θάλασσα για την προστασία του περιβάλλοντος που είναι και ο απώτερος σκοπός αυτής της διπλωματικής.



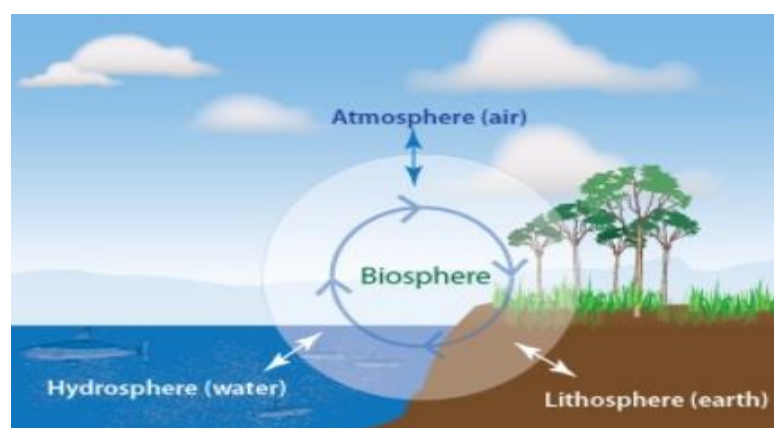
## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Περιβάλλον – Φύση

### Εισαγωγή

Από τα αρχαία χρόνια, όσον αφορά τις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου - περιβάλλοντος η σχέση αυτή χαρακτηριζόταν από αρμονία και αλληλεξάρτηση. Η παρεμβολή του ανθρώπου στην φύση είχε ως κύριο στόχο την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων για την επιβίωση και τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου. Οι ανάγκες αυτές αυξάνονταν με το πέρασ κάθε εποχής υποχρεώνοντας το περιβάλλον να συμβαδίζει με τις ανάγκες του ανθρώπου, ενώ θα έπρεπε να συμβαίνει το αντίθετο. Αυτό προκάλεσε όχι μόνο σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον αλλά και τη σταδιακή αλλαγή του, φτάνοντας έτσι σήμερα να είναι φανερό το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Για τον ακριβή ορισμό του «περιβάλλοντος» -καθώς σαν έννοια χαρακτηρίζεται ως πολυσήμαντη, πολύπλοκη και ρευστή- εννοούμε ένα σύμπλεγμα αποτελούμενο από εύθραυστες ισορροπίες οι οποίες πρέπει να διαφυλάσσονται και να μην διαταράσσονται, μέσα σε ένα γενικευμένο πλαίσιο κοινωνικοπολιτικών, φυσικών και αισθητικών πρακτικών. Υπό διαφορετικό πρίσμα θα μπορούσε να οριστεί ως ένα σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα της ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες [άρθρο 2 του ν.1650/1986].

Το φυσικό περιβάλλον περιλαμβάνει ένα σύνολο από στοιχεία όπως το έδαφος, το υπέδαφος, τα υπόγεια και τα επιφανειακά ύδατα, τη θάλασσα, τον αέρα, τη χλωρίδα και την πανίδα καθώς και τους φυσικούς πόρους τα οποία δεν είναι αποτέλεσμα ανθρωπινων δραστηριοτήτων (όπως τα κτήρια και άλλες υποδομές). Ωστόσο οι κήποι και τα πάρκα τα οποία είναι τεχνικά κατασκευάσματα από τον άνθρωπο θεωρούνται μέρος της φύσης. Ακόμη στο φυσικό περιβάλλον συμπεριλαμβάνεται κάθε μορφή έμβιου και άβιου οργανισμού.



Εικόνα 1: Βιόσφαιρα και τα ζωντανά όντα που την διέπουν

## Θαλάσσιο περιβάλλον

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση το θαλάσσιο περιβάλλον συντίθεται από ζωτικής σημασίας λειτουργίες για τον άνθρωπο καθώς αποτελεί πόρο για τη δημιουργία ζωής του πλανήτη, και είναι η κληρονομιά που πρέπει να προφυλαχθεί. Κύριος σκοπός είναι η διατήρηση της βιοποικιλότητας, της ασφάλειας, της καθαριότητας και της παραγωγικότητα τόσο των ωκεανών όσο και των θαλασσών.

Τα θαλάσσια οικοσυστήματα εκτελούν μια σειρά από βασικές λειτουργίες για το περιβάλλον που :

- διατηρούν την κλιματική και βιολογική σταθερότητα
- αποτρέπουν τη διάβρωση του εδάφους
- συσσωρεύουν και κατανέμουν την ηλιακή ενέργεια ισόποσα
- απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα

Ουσιαστικά με τον όρο θαλάσσιο περιβάλλον εννοούμε το σύμπλεγμα ποταμών, παράκτιων ζωνών, θαλασσών και ανοιχτού ωκεανού. Η επιφάνεια της γης αποτελείται από 71% νερό (είτε αυτό είναι θάλασσα είτε ωκεανός είτε γλυκά νερά), θέτοντας έτσι τις θάλασσες και τους ωκεανούς ως μία από τις πιο σημαντικές πηγές βιοποικιλότητας. Τα ευρωπαϊκά θαλάσσια ύδατα έχουν έκταση περίπου 3 εκατομμυρίων τετραγωνικών χιλιομέτρων. Εάν μας δινόταν ευκαιρία να αναπαραστήσουμε το μέγεθος που προαναφέραμε θα αντιστοιχούσε σε όλο το χερσαίο τμήμα της Ευρώπης. Ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας στον οποίο έχει συνεισφέρει το θαλάσσιο περιβάλλον είναι η ανάπτυξη της οικονομίας, της κοινωνίας και η αναβάθμιση της ποιότητας ζωής γενικότερα. Παρόλα αυτά βρίσκεται αντιμέτωπο με μια σειρά αυξανόμενων απειλών για αυτό καθώς κατακλύζεται από δυο είδη μόλυνσης: τα αστικά λύματα και τα χημικά.



Εικόνα 2: Υποθαλάσσιο Περιβάλλον

## Τρόποι προσβολής θαλάσσιου περιβάλλοντος

Οι τρόποι προσβολής ενός θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορεί να επιφέρουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της βιοποικιλότητας, τη διατάραξη και υποβάθμιση των υδάτινων οικοτόπων ακόμη στην καταστροφή τους. Χωριζόμενοι κατά αύξουσα σειρά "σοβαρότητας" είναι :

- 1) Η **ρύπανση** η οποία ορίζεται ως η παρουσία ορισμένης ποσότητας ή συγκέντρωσης ουσιών, θορύβων, ακτινοβολίας όπου σε βάθος χρόνου μπορούν να δημιουργήσουν αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα, τους ζωντανούς οργανισμούς και κατ' επέκταση στην υγεία του ανθρώπου καθιστώντας το μη επιθυμητό για εκμετάλλευση.
- 2) Η **μόλυνση** η οποία ορίζεται από την παρουσία είτε υψηλής συγκέντρωσης παθογόνων μικροοργανισμών είτε ιζημάτων.
- 3) Η **υποβάθμιση** η οποία ορίζεται ως η μεταβολή του περιβάλλοντος από ανθρώπινες δραστηριότητες με κίνδυνο τόσο την διαταραχή της ισορροπίας του οικοσυστήματος όσο και των ανθρωπίνων αξιών-ζωής.
- 4) Η **καταστροφή** του περιβάλλοντος όπου αφορά στην ουσία την ολοκληρωτική στέρηση του παγκόσμιου περιβαλλοντικού αγαθού.

## Θαλάσσια ρύπανση

*Οι επιπτώσεις της θαλάσσιας ρύπανσης που προέρχονται από τη ναυτιλία χωρίζονται σε καταστροφικές και χρόνιες. (Alan Simcock, 2016)*

Ένα μεγάλο πρόβλημα που τείνει να γίνει χρόνιο φαινόμενο, είναι η θαλάσσια ρύπανση λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ρύπανση μπορεί να είναι είτε άμεση (μέσω πλοίων, λιμανιών, εργοστασίων), είτε έμμεση (ανθρώπινες δραστηριότητες στη στεριά). Ωστόσο, οι χερσαίες δραστηριότητες είναι εκείνες οι οποίες επιβαρύνουν το θαλάσσιο οικοσύστημα και τη μόλυνση του έχοντας το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης (περίπου 80%).

**Θαλάσσια ρύπανση** (marine pollution): είναι η εισαγωγή από τον άνθρωπο, άμεσα ή έμμεσα, επιβλαβών ουσιών ή ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον, περιλαμβάνοντας και τις εκβολές των ποταμών, που έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή του θαλάσσιου οικοσυστήματος (διατήρηση των φυσικών πόρων), κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, ανυπερβλήτα εμπόδια στις θαλάσσιες δραστηριότητες (αλιεία), καθώς και ελάττωση των ανέσεων (θαλάσσιος τουρισμός, αναψυχή).

Όσα προαναφέραμε επιδεινώνονται λόγω της κλιματικής αλλαγής με αποτέλεσμα την αύξηση στάθμης του νερού, την αύξηση θερμοκρασίας, τη μεταβολή του pH του θαλασσινού νερού (οξίνιση). Σημαντικότερη επίπτωση είναι αυτή της μεταβολής αλατότητας του θαλασσινού νερού καθώς φέρει ως συνέπεια τη διατάραξη του κύκλου αναπαραγωγής και της κατανομής των ειδών.

## Πηγές θαλάσσιας ρύπανσης

Η προσπάθεια αναγνώρισης των πηγών θαλάσσιας ρύπανσης θα γίνει σε ένα γενικότερο πλαίσιο καθώς ορισμένες μορφές θαλάσσιας ρύπανσης αλληλοεμπεριέχονται η μία στην άλλη. Οι 3 γενικές κατηγορίες είναι :

- 1) **Πελαγική:** η οποία προέρχεται κυρίως από τα δεξαμενόπλοια, εξαναγκασμένες δραστηριότητες του βυθού της θάλασσας όπως εξόρυξη πετρελαίου, φυσικού αερίου, βυθοκόρηση και γενικότερης κατάχρησης της υφαλοκρηπίδας.
- 2) **Παράκτια:** η οποία προέρχεται από κάθε λογής αγωγούς και εργοστασιακών υδάτων τα οποία αμφότερα καταλήγουν στη θάλασσα.
- 3) **Εναέρια:** η οποία προέρχεται από τους ρύπους.

## Ρύπανση από πετρέλαιο

Το φαινόμενο της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πετρέλαιο έχει σοβαρές επιπτώσεις στη θαλάσσια ζωή. Τις τελευταίες δεκαετίες, αρκετά περιστατικά ρύπανσης έχουν λάβει χώρα σε όλο τον κόσμο. Με τον όρο πετρελαιοκηλίδα ορίζουμε την ρίψη (εκούσια ή ακούσια) πετρελαίου στο περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα στο θαλάσσιο.

Οι επιπτώσεις μιας ρύπανσης από πετρέλαιο μπορεί να διαρκέσουν χρόνια ή και ακόμη για δεκαετίες. Σύμφωνα με το ωκεανογραφικό ινστιτούτο Woods Hole, το μέγεθος του αντίκτυπου που θα έχει στο περιβάλλον εξαρτάται από την κλάση του πετρελαίου (ιξώδες, μεταβλητότητα, τοξικότητα), το μέγεθος απόρριψης του στην θάλασσα αλλά και άλλοι παράμετροι όπως η τοποθεσία του ατυχήματος, η θερμοκρασία, αν υπάρχει ισχυρό ρεύμα από τη θάλασσα κ.ο.κ.



Εικόνα 3: Πετρελαιοκηλίδα στον κόλπο του Μεξικού μεσώ δορυφόρου της NASA

## Επίδραση ρύπανσης από πετρέλαιο στο θαλάσσιο οικοσύστημα

Τα ψάρια αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο θύμα σε τέτοιες καταστροφές. Μετά από μια πετρελαιοκηλίδα ο θάνατος ψαριών είναι ανάλογος με την ποσότητα και την ποιότητα του πετρελαίου που εκχύθηκε. Ως επί το πλείστον το πετρέλαιο επιπλέει στην επιφάνεια λόγω της διαφοράς ιξώδους σκοτώνοντας ακαριαία τα ψάρια τα οποία βρίσκονται στον πυρήνα της. Για τα υπόλοιπα τα οποία δεν βρίσκονταν στον πυρήνα, ο θάνατός τους είναι βέβαιος είτε λόγω έγχυσης του πετρελαίου μέσα στον οργανισμό τους είτε διότι κολλάει στο δέρμα και στα μάτια τους. Σαν μακροπρόθεσμη επίπτωση επηρεάζει ακόμη και τα αυγά των ψαριών τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν όλη την τροφική αλυσίδα.

Όσοσο θεωρείται απειλή τόσο για τα μικρά αλλά και για τα μεγαλύτερα θηλαστικά που βρίσκονται υπό εξαφάνιση όπως οι φάλαινες, οι θαλάσσιες χελώνες, οι καρχαρίες, οι θαλάσσιοι ιππόκαμποι, ο τόνος κ.ά. Στην ουσία τα μολυσμένα ύδατα απειλούν άμεσα τα θαλάσσια είδη λόγω της επικείμενης επαφής τους με αυτά και έμμεσα με τη διαταραχή της τροφικής αλυσίδας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαταραχής της τροφικής αλυσίδας είναι οι φάλαινες οι οποίες (τείνουν προς εξαφάνιση ) δεν μπορούν να βρουν τροφή καθώς ο μεγαλύτερος αριθμός ψαριών έχει πεθάνει από πιθανή πετρελαιοκηλίδα.

Το φυτοπλαγκτόν είναι ακόμα ένας οργανισμός ο οποίος πλήττεται θανάσιμα από πετρελαιοκηλίδες. Βρίσκεται στην επιφάνεια του νερού και δεν μπορεί να κολυπήσει ενάντια στην ροή του νερού. Σύμφωνα με έρευνα του καναδικού πανεπιστημίου του Dalhousie, μειώνεται με μέσο ρυθμό 1% κάθε χρόνο. Βρίσκεται στη βάση της τροφικής αλυσίδας και αποτελεί θεμελιακό στοιχείο για το θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι δυο από τους κυριότερους ρόλους ζωτικής σημασίας του είναι οι εξής:

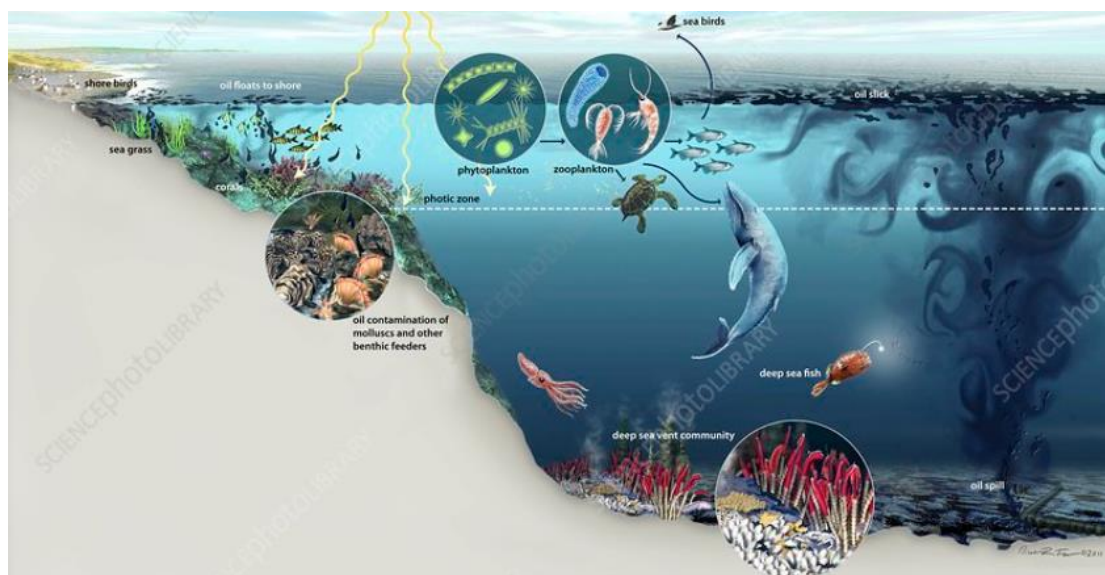
- αποτελεί τροφή για τους οργανισμούς του ζωπλαγκτόν αλλά και άλλων θηλαστικών τόσο μεγάλων όσο και μικρών
- παράγει το μεγαλύτερο μέρος του οξυγόνου για τον πλανήτη και μειώνει το διοξείδιο του άνθρακα

Η πεποίθηση λοιπόν ότι τα δέντρα παράγουν το οξυγόνο και είναι υπεύθυνα για ολόκληρη την ζωή στον πλανήτη καταρρίπτεται εάν επαναφέρουμε στη μνήμη μας ότι το 71% της επιφάνειας της γης αποτελείται από νερό. Έτσι ο βασικός λόγος που μπορούμε να αναπνέουμε είναι από την παραγωγή οξυγόνου από το φυτοπλαγκτόν.

Ακόμα ένα είδος από την οικογένεια του πλαγκτόν το οποίο πλήττεται είναι το ζωπλαγκτόν. Όσοσο υπάρχουν κάποιες διαφορές όπως είναι το μέγεθος, ότι βρίσκεται σε βαθύτερα σημεία του ωκεανού και ότι το ζωπλαγκτόν τρέφεται από το φυτοπλαγκτόν.

Με λίγα λόγια όταν γίνεται ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πετρέλαιο ανάλογα με το είδος έκχυσης αυτό θα βρίσκεται στην επιφάνεια του νερού. Με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο πρώτα θα επηρεάσει το φυτοπλαγκτόν και έπειτα το

ζωοπλαγκτόν το οποίο τρέφεται από αυτό το οποίο είτε θα πεθάνει είτε θα γίνει τροφή (μολυσμένη) για άλλα θηλαστικά. Αυτό έχει ως συνέπεια λόγω της τροφικής αλυσίδας, την τροφή των ανώτερων στρωμάτων με κύριο και τελικό αποδέκτη τον άνθρωπο. Αυτό αποτελεί το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης.



Εικόνα 4: Τα θαλάσσια στρώματα τα οποία επηρεάζει μια πετρελαιοκηλίδα



Εικόνα 5: Νεκρά ψάρια μέσα στον πυρήνα της πετρελαιοκηλίδας

### Είδη Ρύπανσης του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος από την Ναυτιλία

Υπάρχει δυσκολία στη διάκριση των μορφών ρυπάνσεως, αλλά γενικώς διακρίνουμε έξι κατηγορίες :

1. Ρύπανση από ναυτιλιακές λειτουργίες

Αυτή προκαλείται από τη μεταφορά αγαθών και φορτίων και υποδιαιρείται σε:

- i. Λειτουργική ρύπανση ( προερχόμενες από τις λειτουργίες του πλοίου)
- ii. Ατυχηματική ρύπανση ( προερχόμενες από ανθρώπινο σφάλμα)
2. Ρύπανση από ρίψη φορτίου στη θάλασσα
3. Ρύπανση από χερσαίες πηγές
4. Ρύπανση από εκμετάλλευση της υφαλοκρηπίδας και του βυθού
5. Ατμοσφαιρική ρύπανση



## Μετρά προστασίας - Νομικό καθεστώς και διεθνείς οργανισμοί

Σε μερικά μέρη της Ευρώπης οι δομές και λειτουργίες των θαλάσσιων βρίσκονται σε κίνδυνο. Ο Βορειοανατολικός Ατλαντικός, η Μεσόγειος Θάλασσα και η Μαύρη Θάλασσα είναι 3 από τις 7 θαλάσσιες περιοχές όπου η θαλάσσια ζωή έχει τη μεγαλύτερη ανάγκη ανάκαμψης. Η Βαλτική Θάλασσα διατρέχει σημαντικό κίνδυνο καθώς αντιμετωπίζει σχεδόν μόνιμο πρόβλημα ευτροφισμού.

Για την αντιμετώπιση και αποκατάσταση του περιβάλλοντος έγινε η επιβολή ορισμένων μέτρων όπου η σχεδιάσή τους αφορούσε το πιο γενικό πλαίσιο του περιβάλλοντος. Ορισμένα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης θέσπισαν πιο στοχευμένα μέτρα που ειδικεύονταν στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Αυτά τα μέτρα ίσχυαν για τις εκάστοτε χώρες που τα θέσπισαν και όχι για όλες που συνορεύουν ή έχουν κοινή θαλάσσια περιοχή.

Οι ευρωπαϊκές θάλασσες προστατεύονται από διεθνείς συμβάσεις όπως:

1. Σύμβαση για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος στο Βορειοανατολικό Ατλαντικό (1972->1974->1992)
2. Σύμβαση για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος της Βαλτικής θάλασσας(1974->1992)
3. Σύμβαση για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και παράκτιες περιοχές της Μεσογείου(1976->1995)
4. Σύμβαση για την προστασία του περιβάλλοντος στη μαύρη θάλασσα(1992)

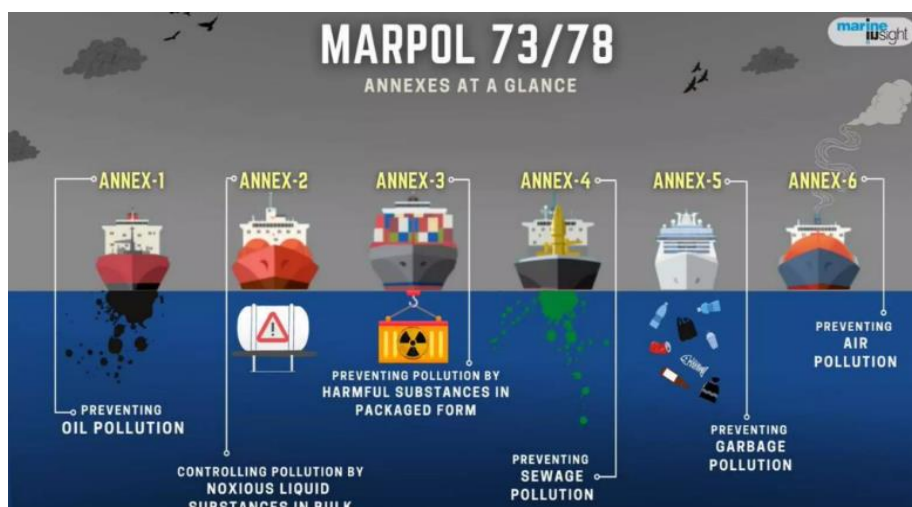
Σε περίπτωση διαρροής κατά τη διάρκεια εργασιών ανεφοδιασμού καυσίμων, πρέπει να συνταχθεί αμέσως μια αναφορά σχετικά με τη θέση της διαρροής, την ημερομηνία, την ώρα του συμβάντος, τα στοιχεία του σκάφους, τον τύπο και το την ποσότητα που εκχύθηκε αλλά όλες οι ενέργειες που έχουν ήδη γίνει για τον περιορισμό και την ανάκτηση του διαρροή. Οι μεγάλες διαρροές πετρελαίου έχουν εγείρει διεθνή ζητήματα ασφάλειας και έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη σημαντικών διεθνών συμβάσεων και κανονισμών.

Για παράδειγμα, το 1967 η καταστροφή του Torrey Canyon, όπου 120.000 τόνοι πετρελαίου χύθηκαν στο θάλασσα, εξέφρασε σοβαρές ανησυχίες σχετικά με την μείωση των ατυχημάτων δεξαμενόπλοιων και των συνεπειών τους. Ως εκ τούτου, πολλοί διεθνείς ναυτικοί κανονισμοί έχουν εισαχθεί προκειμένου να αποφευχθούν ατυχήματα δεξαμενόπλοιων και να ελαχιστοποιηθούν οι καταστροφικές επιπτώσεις τους. Επίσης, οι κανονισμοί αναπτύχθηκαν σχετικά με το σχεδιασμό και τη δομή των πλοίων (στατικός παράγοντας). Για παράδειγμα, το διπλό κύτος ήταν απαίτηση που υιοθετήθηκε μετά την προσάραξη του δεξαμενόπλοιου «Exxon Valdez» το 1989, το οποίο χύθηκε 10 εκατομμύρια γαλιόνια αργού πετρελαίου. Είναι ενδιαφέρον ότι τα δημοσιευμένα στοιχεία έδειξαν ότι αυτοί οι κανονισμοί που θα αναφερθούν παρακάτω έχουν συμβάλει με επιτυχία στη μείωση των θαλάσσιων ατυχημάτων .

## Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL)

Η MARPOL αποτελεί κύρια σύμβαση, αντικαθιστώντας τη σύμβαση OILPOL και αφορά όλες τις περιπτώσεις τεχνικής φύσεως είτε αυτά αφορούν ατυχηματικό είτε επιχειρησιακό λάθος για την ρύπανση της θάλασσας εκτός από περιπτώσεις (dumping) και εκμετάλλευσης της υφαλοκρηπίδας και βυθού. Η σύμβαση εγκρίθηκε από τον IMO στις 2/11/1973 και περιλαμβάνει πλέον έξι Παραρτήματα και δυο Πρωτοκόλλα. Το Πρωτόκολλο του 1978 αποτέλεσε απάντηση στα ατυχήματα τα οποία είχαν γίνει την περίοδο 1976-1977 από Δ/Ξ. Ο συνδυασμός σύμβασης και Πρωτοκόλλου ίσχυσε στις 2/10/1983 όπου υπήρξε και το πρώτο παράρτημα. Τελευταία έγκριση πρωτοκόλλου έγινε το 1997 όπου τροποποίησε την σύμβαση με αποτέλεσμα να γίνει η προσθήκη του τελευταίου παραρτήματος το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 19/5/2005. Τα Παραρτήματα που υπάρχουν, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα και ισχύουν μέχρι και σήμερα καθώς δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια άλλη αλλαγή αποτελούμενα από:

- ✓ Παράρτημα I : Κανονισμοί πρόληψης της ρύπανσης από πετρέλαιο (2/10/1983)
- ✓ Παράρτημα II : Κανονισμοί που αφορούν τον έλεγχο ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες χύμα (2/11/1983)
- ✓ Παράρτημα III : Πρόληψη που αφορούν την ρύπανση από επιβλαβείς ουσίες συσκευασμένης μορφής (1/7/1992)
- ✓ Παράρτημα IV : Πρόληψη που αφορά την ρύπανση από λύματα προερχόμενα από πλοία (27/12/2003)
- ✓ Παράρτημα V : Πρόληψη που αφορά την ρύπανση από σκουπίδια προερχόμενα από τα πλοία (31/12/1988)
- ✓ Παράρτημα VI : Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία (19/5/2005)



Εικόνα 6: Παραρτήματα I -VI της MARPOL



## **Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS 74)**

Η Σύμβαση SOLAS έχει τροποποιηθεί αρκετές φορές και είναι η σημαντικότερη από όλες τις ΔΣ που σκοπό είχε να κάνει τα πλοία πιο ασφαλή και τις θάλασσες πιο καθαρές. Κύριος στόχος είναι ο καθορισμός ελάχιστων προτύπων όσο αφορά την κατασκευή, τον εξοπλισμό και τη λειτουργία τους. Υιοθετήθηκε από τον IMO στις 1/11/1974 ωστόσο τέθηκε σε ισχύ στις 25/5/1980 όπου μέχρι και σήμερα περιλαμβάνει παραρτήματα που χωρίζονται σε 14 κεφάλαια και καθορίζουν τις γενικές υποχρεώσεις που πρέπει να ακολουθούνται μέσα από άρθρα και τροποποιήσεις. Πιο αναλυτικά έχουμε :

- Κεφάλαιο I - Γενικές Διατάξεις
- Κεφάλαιο II -1 - Κατασκευές - Υποδιαίρεση και ευστάθεια, μηχανήματα και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις
- Κεφάλαιο II -2 - Πυροπροστασία, πυρανίχνευση και πυρόσβεση
- Κεφάλαιο III - Σωστικές συσκευές και ρυθμίσεις
- Κεφάλαιο IV - Ραδιοεπικοινωνίες
- Κεφάλαιο V - Ασφάλεια πλοήγησης
- Κεφάλαιο VI - Μεταφορά φορτίων
- Κεφάλαιο VII - Μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων
- Κεφάλαιο VIII - Πυρηνικά πλοία
- Κεφάλαιο IX - Διαχείριση για την Ασφαλή Λειτουργία Πλοίων (ISM Code)
- Κεφάλαιο X - Μέτρα ασφαλείας για ταχύπλοα σκάφη
- Κεφάλαιο XI -1 - Ειδικά μέτρα για την ενίσχυση της ασφάλειας στη θάλασσα
- Κεφάλαιο XI -2 - Ειδικά μέτρα για την ενίσχυση της ασφάλειας στη θάλασσα
- Κεφάλαιο XII - Πρόσθετα μέτρα ασφαλείας για φορτηγά χύδην φορτίου
- Κεφάλαιο XIII - Επαλήθευση συμμόρφωσης
- Κεφάλαιο XIV - Μέτρα ασφαλείας για πλοία που επιχειρούν σε πολικά ύδατα

### **Κώδικας Ασφαλούς Διαχείρισης (ISM Code)**

Ο Κώδικας ISM σκοπό έχει να παρέχει ασφάλεια κατά τη διαχείριση και τη λειτουργία των πλοίων μέσω διεθνών προτύπων για την πρόληψη της ρύπανσης. Στην ουσία κάθε ναυτιλιακή εταιρεία λειτουργεί με διαφορετικούς τρόπους και συνθήκες και ο κώδικας μέσω των αρχών που το διέπουν αξιολογεί όλους τους εντοπισμένους κινδύνους όσον αφορά τα πλοία, το προσωπικό, και τον περιβάλλον μιας εταιρείας ώστε να μπορεί να έχει μια ευρεία εφαρμογή. Η μορφή του εγκρίθηκε το 1993 και σε ισχύ τέθηκε το 1994 όπου έγινε και παράρτημα IX του SOLAS.

## **Διεθνής Σύμβαση COLREG – Αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα**

Η σημαντικότερη σύμβαση όσον αφορά τη θαλάσσια κυκλοφορία, καθώς σχεδιάστηκε για αντικαταστήσει τους κανονισμούς σύγκρουσης του 1960 και αποτελεί καινοτομία για την θαλάσσια κυκλοφορία και τον διαχωρισμό των θαλάσσιων λωρίδων. Υιοθετήθηκε στις 20/10/1972 και τέθηκε σε ισχύ στις 15/7/1977. Επίσης αποτελείται από 38 κανόνες χωρισμένους σε πέντε ενότητες με σημαντικότερο τον κανόνα 10 ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη σωστή ταχύτητα, τη συμπεριφορά των σκαφών κατά την μετακίνηση τους από την μια θαλάσσια λωρίδα στην άλλη αλλά και τον προσδιορισμό σύγκρουσης. Οι πέντε ενότητες είναι οι εξής :

- Μέρος Α - Γενικά (Κανόνες 1-3)
- Μέρος Β - Διεύθυνση και Ιστιοπλοΐα (Κανόνες 4-19)
- Μέρος Γ- Φώτα και σχήματα (Κανόνες 20-31)
- Μέρος Δ - Ηχητικά και φωτεινά σήματα (Κανόνες 32-37)
- Μέρος Ε - Εξαιρέσεις (Κανόνας 38)

Επίσης περιλαμβάνουν και τέσσερα παραρτήματα :

- Παράρτημα Ι - Τοποθέτηση και τεχνικές λεπτομέρειες φώτων και σχημάτων
- Παράρτημα ΙΙ - Πρόσθετα σήματα για αλιευτικά σκάφη που αλιεύουν σε κοντινή απόσταση
- Παράρτημα ΙΙΙ - Τεχνικές λεπτομέρειες συσκευών ηχητικού σήματος
- Παράρτημα ΙV - Σήματα κινδύνου, όπου παρατίθενται τα σήματα κινδύνου και ανάγκης για βοήθεια.

## **Νομός Oil Pollution Act (OPA 90)**

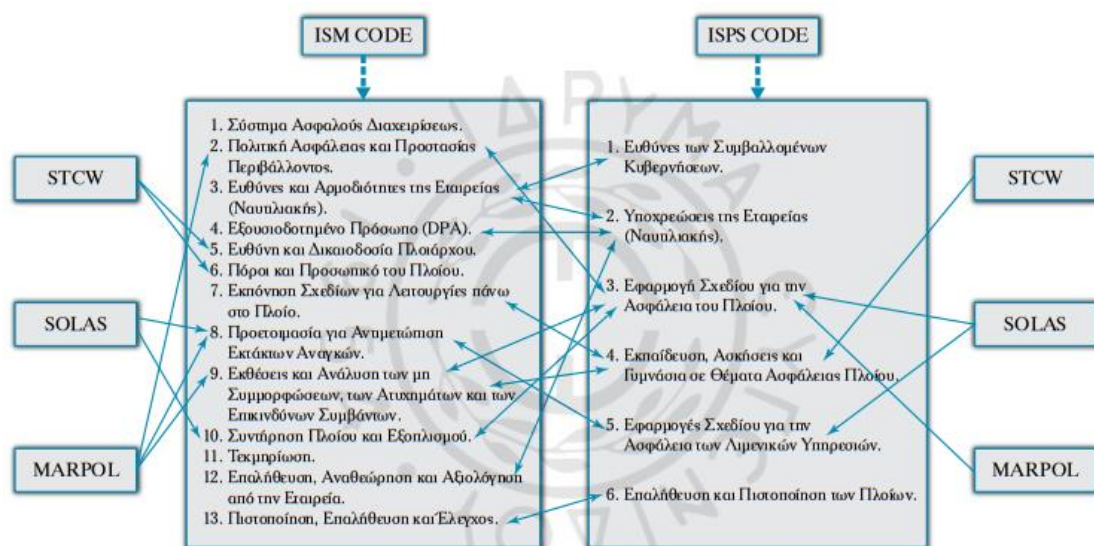
Αναμφίβολα από τις πιο σημαντικές νομοθεσίες αν και μονομερής που αφορά τα Δ/Ξ αποτέλεσε ο OPA 90 ο οποίος για πρώτη φορά τέθηκε σε ισχύ το 1994. Αφορμή για την θέσπιση του νόμου περί ρύπανσης από πετρέλαιο από το Κογκρέσο των ΗΠΑ, ήταν το ατύχημα του Exxon Valdez (Μάρτιος 1989) το οποίο ήταν το 34ο σε μέγεθος μεταξύ των πετρελαιοκηλίδων παγκοσμίως και το πιο πολυδάπανο στην ιστορία. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) υιοθετεί τον κανονισμό διπλού κύτους του OPA-90 όπου απαγορεύει το απόπλου Δ/Ξ μονού κύτους έως το έτος 2015. Είναι αξιοσημείωτο ότι ο αριθμός των πετρελαιοκηλίδων Δ/Ξ μειώθηκε στο 1.375 από 3.051 για την περίοδο 1991-2000. Ειδικότερα, τα βελτιωμένα πρότυπα και ο λεπτομερής σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης συνέβαλαν στην πτωτική τάση σε αριθμούς και όγκους των διαρροών.

## Πρώτη Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρυπάνσεως της Θάλασσας από Πετρέλαιο (OILPOL)

Μέχρι να αναγνωριστεί σαν οργανισμός ο IMO, τις αρμοδιότητες του οργανισμού ασκούσε η Βρετανία ως μεγάλη ναυτιλιακή δύναμη με την θέσπιση του OILPOL (1954). Οι κανόνες που είχε απαγόρευαν την έκχυση πετρελαίου σε απόσταση λιγότερη το 50 ναυτικών μιλίων από την κοντινότερη ακτή ή συγκεκριμένες περιοχές όπως η Μαύρη Θάλασσα κ.α. Βέβαια αυτή η σύμβαση δεν αφορούσε όλα τα πλοία αλλά μόνο τα Δ/Ξ με αποτέλεσμα να ανακηρυχθεί από ανεπιτυχία μέχρι να τροποποιηθεί (από τον IMO). Οι τροποποιήσεις που έγιναν από το 1954 έως το 1978 αυστηροποιήθηκαν τα μέτρα και οι παράμετροι όπου επέτρεπαν την απόρριψη πετρελαίου από πλοία στην ανοιχτή θάλασσα, την απαγόρευση σε ευαίσθητες περιοχές, και την αυστηρότερη απαίτηση λειτουργικών και τεχνικών εφαρμογών στα πλοία. Στην ουσία όλα αποσκοπούσαν στην ελάττωση των λειτουργικών απορρίψεων του πλοίου και κατά συνέπεια στην μείωση ρυπάνσεως του περιβάλλοντος.

## Ο ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ( ISPS )

Ο Διεθνής Κώδικας Ασφαλείας Πλοίων και Λιμενικών Εγκαταστάσεων αποτελεί τροποποίηση της Ασφάλειας της Θάλασσας (SOLAS) Σύμβαση (1974/1988) σχετικά με τις ελάχιστες ρυθμίσεις ασφαλείας για πλοία, λιμάνια και κυβερνητικές υπηρεσίες. Ειδικότερα, το ISPS τέθηκε σε ισχύ το 2004 σχετικά με την ανίχνευση απειλών για την ασφάλεια και τα μέτρα πρόληψης έναντι συμβάντων ασφαλείας που μπορεί να επηρεάσουν πλοία και λιμενικές εγκαταστάσεις. Το ISPS αναφέρεται επίσης στις ευθύνες των κυβερνήσεων και των ναυτιλιακών εταιρειών ως καθήκοντα του προσωπικού του πλοίου και του λιμενικού προκειμένου να διασφαλίζεται η ασφάλεια.



Εικόνα 7 : Υπάρχον θεσμικό πλαίσιο και συσχέτιση του με τον Κώδικα ISPS

## **Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ)**

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός είναι ο εξειδικευμένος οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την ασφάλεια της Ναυτιλίας και ασχολείται άμεσα με την προώθηση της ποιότητας στον κλάδο της ναυτιλίας. Ειδικότερα, στόχος του ΙΜΟ είναι η πρόληψη θαλάσσιων ατυχημάτων και της θαλάσσιας ρύπανσης. Επίσης, ζωτικός ρόλος της είναι η προστασία του περιβάλλοντος και η πρόληψη της θαλάσσιας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Ο πρωταρχικός του ρόλος είναι να δημιουργήσει ένα κανονιστικό πλαίσιο για τη ναυτιλιακή βιομηχανία που μπορεί να υιοθετηθεί παγκοσμίως και να εφαρμοστεί. Καθώς η ναυτιλία είναι μια διεθνής βιομηχανία, οι κανονισμοί και τα πρότυπα θα πρέπει να ισχύουν σε διεθνή βάση προκειμένου η ναυτιλία να λειτουργεί αποτελεσματικά. Έτσι, ο ΙΜΟ παρέχει το ρυθμιστικό πλαίσιο προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική διεθνής αποστολή. Οι πράσινες και βιώσιμες παγκόσμιες θαλάσσιες μεταφορές είναι ο πρωταρχικός της στόχος.

Ο ΙΜΟ καθιερώθηκε το 1948 αλλά τέθηκε σε ισχύ το 1958, ωστόσο υπήρχαν ήδη διεθνείς συμβάσεις (SOLAS, OILPOL κ.α.) και ως εκ τούτου από την στιγμή ισχύος του, πρωταρχικός σκοπός ήταν η εξέλιξη και η τροποποίηση των ήδη υπαρχόντων συμβάσεων καθώς και η δημιουργία νέων για την προστασία του θαλάσσιου οικοσυστήματος.

Ο οργανισμός αποτελείται από:

- τη Γενική Συνέλευση, το Συμβούλιο
- τις 5 κύριες Επιτροπές
- Υποεπιτροπές
- Γραμματεία

Η ΔΣ που καθιέρωσε τον ΙΜΟ (1948) και τέθηκε σε ισχύ 10 χρόνια αργότερα όριζε ότι ο οργανισμός είναι σε άμεση συνεργασία με 4 ομάδες οργανισμών διεθνούς χαρακτήρα και άλλων οργανισμών (ιδιωτικών και μη κερδοσκοπικών). Σήμερα οι κατηγορίες οργανισμών που συχνά συμμετέχουν στις συνδιασκέψεις του ΙΜΟ είναι οι ακόλουθες:

- 1) Τα Ηνωμένα Έθνη (Η.Ε.) και τα κύρια όργανά τους π.χ. Γενική Συνέλευση, Συμβούλιο Ασφάλειας, Οικονομικό και Κοινωνικό Συμβούλιο, Συμβούλιο Κηδεμονιών και Γραμματεία.
- 2) Οι εξειδικευμένες οργανώσεις των Η.Ε., π.χ. FAO, IFAD, ILO, IMF, ITU, UPU, UNIDO UNESCO WHO, WMO4.
- 3) Οι διακυβερνητικοί οργανισμοί των Η.Ε. ως προγράμματα και κεφάλαια του συστήματος των Ηνωμένων Εθνών, π.χ. UNEP, UNCTAD, UNDP, UNICEF, UNCHR.
- 4) Οι ιδιωτικοί ναυτιλιακοί οργανισμοί, π.χ. ICS, OCIMF, ITOPF, P&I Clubs, CMI, IACS, ICHA, Intertanko

5) Οι μη διακυβερνητικοί οργανισμοί, κυρίως αυτοί που έχουν ως αντικείμενο την ανάπτυξη, το περιβάλλον και τα ανθρώπινα δικαιώματα, π.χ. EEB, Greenpeace, Friends of the Earth, Helmeρα, World Bank.

6) Οι διεθνείς οργανισμοί θαλάσσιου χαρακτήρα, π.χ. Antarctic Treaty Secretariat, International Hydrographic Organization, International Council for the Exploration of the Sea, International Seabed Authority, North Pacific Marine Science Organization.

Τα μέτρα τα οποία έχει θεσπίσει έχουν αποδώσει, καθώς με βάση τα στατιστικά στοιχεία η ρύπανση έχει μειωθεί σημαντικά προβάλλοντας τη δέσμευση του οργανισμού αλλά και της ναυτιλιακής βιομηχανίας για τη διατήρηση και την προστασία του περιβάλλοντος. Από τους 51 κανονισμούς που έχει καθιερώσει ο IMO, οι 21 σχετίζονται με το περιβάλλον.

<i>Νομικό εργαλείο (Συμβάσεις, Πρωτόκολλα, Παραρτήματα)</i>	<i>Ημερομηνία ενάρξεως ισχύος</i>	<i>Αριθμός κρατών – μελών</i>	<i>Ποσοστό (%) παγκόσμιας χωρητικότητας*</i>
IMO Convention	17-Mar-58	171	96,53
SOLAS 1974	25-May-80	162	98,60
SOLAS Protocol 1978	1-May-81	119	96,86
SOLAS Protocol 1988	3-Feb-00	105	95,03
Stockholm Agreement 1996	1-Apr-97	12	5,83
LL 1966	21-Jul-68	161	98,59
LL Protocol 1988	3-Feb-00	100	95,15
TONNAGE 1969	18-Jul-82	152	98,46
COLREG 1972	15-Jul-77	156	98,59
CSC 1972	6-Sep-77	82	63,08
CSC 1993 amendments	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ</i>	11	10,75
SFV Protocol 1993	<i>Δεν προτίθεται να τεθεί σε ισχύ</i>	17	18,68
Cape Town Agreement 2012	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ</i>	4	2,03
STCW 1978	28-Apr-84	159	98,55
STCW-F 1995	29-Sep-12	17	4,12
SAR 1979	22-Jun-85	105	82,13
STP 1971	2-Jan-74	18	23,45
SPACE STP 1973	2-Jun-77	17	23,08
IMSO 1976 Convention	16-Jul-79	100	94,74
IMSO 2008 amendments <sup>2</sup>	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ**</i>	12	3,88
FAL 1965	05-Mar-67	115	91,27
MARPOL 73/78 (Annex I/II)	2-Oct-83	153	98,52
MARPOL 73/78 (Annex III)	1-Jul-92	141	97,79
MARPOL 73/78 (Annex IV)	27-Sep-03	134	90,74
MARPOL 73/78 (Annex V)	31-Dec-88	147	98,03
MARPOL Protocol 1997 (Annex VI)	19-May-05	82	95,23
LC 1972	30-Aug-75	87	61,76
LC 1978 amendments	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ</i>	20	14,05
LC Protocol 1996	24-Mar-06	45	36,60
INTERVENTION 1969	6-May-75	88	74,38
INTERVENTION Protocol 1973	30-Mar-83	56	51,48
CLC 1969	19-Jun-75	35	2,70
CLC Protocol 1976	8-Apr-81	53	59,29
CLC Protocol 1992	30-May-96	134	96,69
FUND Protocol 1976***	22-Nov-94	31	49,69
FUND Protocol 1992	30-May-96	114	94,16
FUND Protocol 2000****	27-Jun-01	-	-

<b>Νομικό εργαλείο (Συμβάσεις, Πρωτόκολλα, Παραρτήματα)</b>	<b>Ημερομηνία έναρξης ισχύος</b>	<b>Αριθμός κρατών – μελών</b>	<b>Ποσοστό (%) παγκόσμιας χωρτικότητας*</b>
FUND Protocol 2003	3-Mar-05	31	18,26
NUCLEAR 1971	15-Jul-75	17	18,88
PAL 1974	28-Apr-87	26	32,03
PAL Protocol 1976	30-Apr-89	18	31,75
PAL Protocol 1990	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ</i>	4	0,65
PAL Protocol 2002	23-Apr-14	23	42,23
LLMC 1976	1-Dec-86	53	53,68
LLMC Protocol 1996	13-Mar-04	50	53,58
SUA 1988	1-Mar-92	166	94,45
SUA Protocol 1988	1-Mar-92	153	87,47
SUA 2005	28-Jul-10	35	35,83
SUA Protocol 2005	28-Jul-10	31	35,13
SALVAGE 1989	14-Jul-96	65	51,24
OPRC 1990	13-May-95	108	72,75
HNS Convention 1996	<i>Δεν προϋθεται να τεθεί σε ισχύ</i>	14	14,14
HNS Protocol 2010	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ</i>	-	-
OPRC/HNS 2000	14-Jun-07	35	48,70
BUNKERS Convention 2001	21-Nov-08	78	91,46
AFS Convention 2001	17-Sep-08	70	84,85
BWM Convention 2004	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ</i>	44	32,86
NAIROBI WRC 2007	14-Apr-15	22	37,64
HONG KONG Convention 2009	<i>Δεν έχει τεθεί σε ισχύ</i>	3	1,86

Εικόνα 8: Απεικόνιση των συμβάσεων του ΙΜΟ

## Κεφάλαιο 2° Θαλάσσια κυκλοφορία και αποφυγή συγκρούσεων

### Εισαγωγή

Η σύγκρουση δυο πλοίων αποτελεί έναν από τα πιο σημαντικούς κινδύνους για την ναυσιπλοΐα. Στην εποχή που διανύουμε και με τις ανάγκες να αυξάνονται με γεωμετρική πρόοδο, για την αποφυγή συγκρούσεων εν πλω συνυπολογίζονται παράγοντες που παλαιότερα δεν ήταν τόσο εξελιγμένοι. Οι μεγάλες διαστάσεις των πλοίων, οι υψηλά αναπτυσσόμενες ταχύτητες τα μέσα εντοπισμού και αξιολόγησης του ποσοστού κινδύνου, είναι ορισμένοι από τους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψιν. Ο μεγάλος αριθμός συγκέντρωσης πλοίων, οδήγησε στην προσπάθεια επιβολής κανόνων αλλά και ανάπτυξης τεχνολογικών μέσων για την πιο άρτια κυκλοφορία και αποσυμφόρηση των θαλάσσιων δρόμων.

Οπότε έχοντας ως γνώμονα την ασφάλεια στην ναυσιπλοΐα και την προφύλαξη του περιβάλλοντος από επικείμενη σύγκρουση πλοίων, χωρίς όμως να «νεκρωθεί» η θαλάσσια κυκλοφορία προσδίδει στο πρόβλημα ένα δυναμικό και σύνθετο χαρακτήρα.

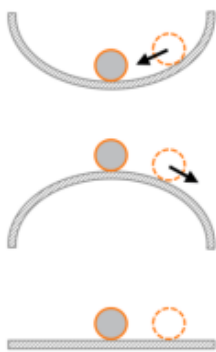
### Κινήσεις και βαθμοί ελευθερίας σώματος στην θάλασσα

Με τον όρο «κίνηση σώματος» στη θάλασσα, στην προκείμενη περίπτωση το σώμα είναι το πλοίο, δεν θεωρούμε μόνο τις κινήσεις που γίνονται κατά μήκος της πορείας που ακολουθεί αλλά και τις διάφορες ταλαντώσεις στις οποίες εμπίπτει ανάλογα με την κατάσταση της θάλασσας ή του καιρού. Για να ισορροπεί ένα πλοίο σημαίνει ότι ευσταθεί, όπου το σύστημα αποτελείται από τρεις καταστάσεις :

-Θετική Ευστάθεια : δηλαδή όταν μετά από κάποια εκτροπή το σύστημα επανέρχεται στην αρχική θέση ισορροπίας του

-Αρνητική Ευστάθεια : δηλαδή όταν το σύστημα μετά από κάποια εκτροπή δεν επανέρχεται στην αρχική θέση ισορροπίας

-Ουδέτερη Ευστάθεια : δηλαδή όταν μετά από κάποια εκτροπή το σύστημα ισορροπεί αλλά σε νέα θέση ισορροπίας

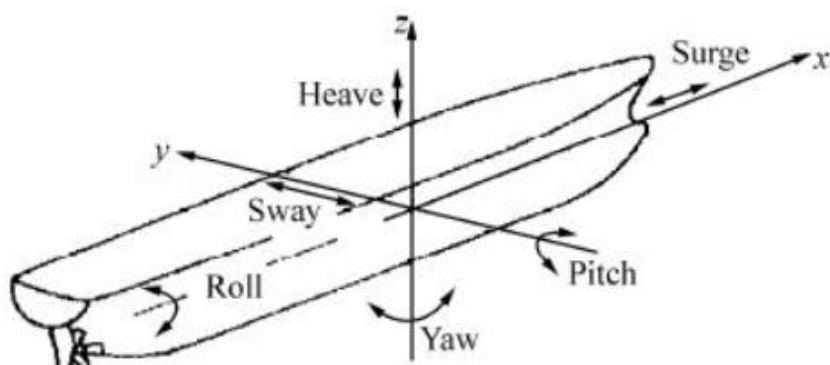


Εικόνα 9: Στην πρώτη εικόνα υπάρχει η θετική ευστάθεια, στην ακριβώς από κάτω η αρνητική ευστάθεια και τέλος η ουδέτερη ευστάθεια.



Οι κινήσεις αυτές διαιρούνται σε περιστροφικές και γραμμικές. Έτσι προκύπτει ότι ένα πλοίο στην θάλασσα όντας ένα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα μπορεί να πραγματοποιήσει έξι κινήσεις, δηλαδή έχει έξι βαθμούς ελευθερίας. Όσον αφορά τον στατικό παράγοντα οι κινήσεις που γίνονται είναι :

- 1) Διαμήκης ταλάντωση μετατοπισμού (surge): Δηλαδή η κίνηση η οποία γίνεται ως προς τον διαμήκη άξονα του (οριζόντιο επίπεδο). Ουσιαστικά το πλοίο μετατοπίζεται προς την πρύμνη και προς την πλώρη.
- 2) Κατακόρυφη ταλάντωση μετατοπισμού (heave): Δηλαδή η κίνηση η οποία γίνεται ως προς τον εγκάρσιο άξονα του. Ουσιαστικά κατά την διάρκεια τρικυμίας το πλοίο ανυψώνεται ή κατεβαίνει πιο κάτω από την αρχική θέση ισορροπίας του.
- 3) Διατοιχισμός ή διαμήκης περιστροφική κίνηση (roll): Δηλαδή κίνηση η οποία γίνεται από τα πλευρικά τμήματα του πλοίου καθώς επηρεάζεται από κυματισμό η αέρα.
- 4) Προνευστασμός ή εγκάρσια περιστροφική κίνηση (pitch): Δηλαδή η κίνηση η οποία γίνεται στον άξονα  $y$  κοινώς το σκαμπανέβασμα, το οποίο επέρχεται λόγω εξωτερικών δυνάμεων που επενεργούν στον πλοίο.
- 5) Κατακόρυφη περιστροφική κίνηση (yaw): Δηλαδή η κίνηση η οποία γίνεται στον κατακόρυφο άξονα κατά την αλλαγή κατεύθυνσης του.
- 6) Εγκάρσια μετατόπιση κίνησης (sway): Δηλαδή η κίνηση του πλοίου γίνεται στον άξονα  $y$  (εγκάρσιο), όπου η κίνηση του πλοίου πραγματοποιείται προς το πλάι (είτε δεξιά είτε αριστερά ) ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 10: Ευστάθεια και βαθμοί ελευθερίας πλοίου

## Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης - AIS (Automatic Identification System)

Το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης – AIS είναι ένα σύστημα παρακολούθησης και εποπτείας το οποίο μέσω ψηφιακών σημάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ πλοίων και υπηρεσιών παράκτιας κυκλοφορίας πλοίων (Vessel Traffic Service-VTS) πραγματοποιεί ανίχνευση και αναγνώριση των πλωτών μέσων τα οποία βρίσκονται σε κοντινή απόσταση, δορυφόρους και σταθμούς AIS. Το σύστημα αυτό αποτελεί καινοτομία στις θαλάσσιες μεταφορές αλλά οι πληροφορίες που παρέχει είναι επιπρόσθετες στις ήδη παρεχόμενες του θαλασσιού ραντάρ το οποίο συνεχίζει να αποτελεί κύρια μέθοδο για την αποφυγή συγκρούσεων κατά την θαλάσσια μεταφορά.

Η εκπομπή αυτών των συχνοτήτων γίνεται με τη βοήθεια αναμεταδότη σε συχνότητα υπερβραχέων κυμάτων (VHF), με αποτέλεσμα να αντικατοπτρίζει σε οθόνη υπολογιστή ή πλώτερ την θαλάσσια κυκλοφορία που υπάρχει αλλά και την παρουσία του πλοίου στην εκάστοτε περιοχή. Από την άλλη, στην ξηρά οι λιμενικές αρχές είναι εξοπλισμένες με δέκτες, ώστε να μπορούν να εποπτεύουν την τοπική κυκλοφορία τους αλλά και να μην γνωστοποιούν την δική τους τοποθεσία. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη αξιοπιστία ωστόσο για μεγαλύτερη εμβέλεια παίζει ρόλο πρώτα από όλα το υψόμετρο τοποθέτησης της κεραίας και έπειτα τα εμπόδια που έχει γύρω και οι καιρικές συνθήκες.

Κατά την αμοιβαία αναμετάδοση των σημάτων μεταξύ πλοίων πραγματοποιείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα παρέχονται αυτόματα πληροφορίες, με τις σημαντικότερες να αποτελούν :

- Γνωστοποίηση παρουσίας του πλοίου στην θαλασσιά περιοχή
- Ταυτότητας του
- Περιεχόμενο φορτίου
- Λιμένας απόπλου και κατάπλου
- Θέση του
- Ταχύτητα του
- Κατάσταση πλοήγησης
- Αποθήκευση συνολικής κίνησης του πλοίου στην βάση δεδομένων



Εικόνα 11: Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης

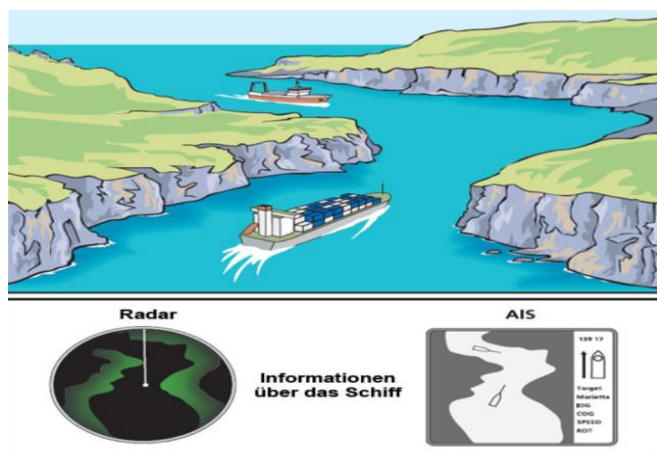
Οι πληροφορίες αυτές αυτόματα ενσωματώνονται και στο σύστημα απεικόνισης ηλεκτρονικού χάρτη και πληροφοριών ECDIS

## Παρεχόμενες Πληροφορίες του συστήματος AIS

Το σύστημα AIS παρέχει δεδομένα υψηλών συχνοτήτων που αποτελούνται από τρεις κατηγορίες πληροφοριών :

- Στατικές πληροφορίες, δηλαδή :
  - η Ταυτότητα Ναυτιλιακής Κινητής Υπηρεσίας - Maritime Mobile Service Identity (MMSI)
  - ο τύπος πλοίου
  - ο ατομικός αριθμός αναγνώρισης IMO
  - το όνομα του πλοίου και το διακριτικό σήμα κλήσεως
  - οι διαστάσεις του πλοίου
  - το στίγμα του πλοίου και ο τύπος συσκευής στίγματος
  
- Δυναμικές πληροφορίες, δηλαδή :
  - η θέση του πλοίου
  - η χρονική θέση σύμφωνα με την παγκόσμια ώρα UTC
  - η πραγματική πορεία από 0 έως 359 μοίρες
  - η ταχύτητα και πορεία ως προς τον βυθό
  - η κατάσταση του πλοίου (εν πλω, αγκυροβολημένο κ.α.)
  - ο ρυθμός στροφής και ανανέωσης αναφοράς
  
- Πληροφορίες σχετικά με το ταξίδι, δηλαδή :
  - το βύθισμα του πλοίου
  - ο τύπος του φορτίου (κλίμακα επικινδυνότητας)
  - ο προορισμός σε σχέση με τον εκτιμώμενο χρόνο άφιξης όπως μήνας, ημέρα, ώρα και λεπτό σε συγχρονισμένο παγκόσμιο χρόνο - ETA (Estimated Time of Arrival)

Οι στατικές και δυναμικές πληροφορίες λαμβάνονται κάθε δύο έως τριάντα δευτερόλεπτα, ανάλογα με την ταχύτητα και την κίνηση του σκάφους (όσο πιο γρήγορα ταξιδεύει το σκάφος, τόσο πιο συχνά το AIS μεταδίδει πληροφορίες) και πληροφορίες που σχετίζονται με το ταξίδι λαμβάνονται κάθε έξι λεπτά.



Εικόνα 12: Ακτογραφικά στοιχεία και διαφορά μεταξύ AIS και radar

## Ανίχνευση και μέτρηση αποστάσεων με ραδιοκύματα (RADAR)

Ο όρος RADAR αποτελεί συντομογραφία των λέξεων «Radio Detection and Ranging» και όπως γίνεται κατανοητό από τον τίτλο αποτελεί μια συσκευή η οποία με την χρήση ραδιοκυμάτων ανιχνεύει κινητά ή ακίνητα σημεία και μετράει την απόσταση τους από αυτά. Ο ρόλος τους είναι καθοριστικός καθώς είναι υπεύθυνος για την ασφαλή ναυσιπλοΐα και την αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα. Το σύστημα αυτό παρέχει πληροφορίες όπως την ένδειξη άλλων πλοίων, εμποδίων σταθερών η πλεόντων και ακτών.

Σε συνδυασμό με άλλους αισθητήρες ή άλλα συστήματα οι πληροφορίες που παρέχει ενοποιούνται όπως για το σύστημα A.I.S που αναφέραμε πριν με απώτερο σκοπό εκτός από τον βασικό που είναι η βελτίωση της ναυσιπλοΐας και την αποτελεσματική πλοήγηση και προστασία του περιβάλλοντος. Για να ισχύουν όλα όσα προ είπαμε θα πρέπει να ισχύουν και οι παρακάτω λειτουργίες:

- 1) Να υπάρχει ξεκάθαρη ένδειξη των περιοχών ξηράς και εμποδίων κατά την άφιξη ή προσέγγιση του πλοίου σε λιμάνια.
- 2) Να αποτελεί μέσο ενημέρωσης για την κατάσταση κυκλοφορίας.
- 3) Να γνωστοποιεί τόσο τους προφανείς όσο και τους αναφερομένους κινδύνους ώστε να αποτρέπεται η σύγκρουση του πλοίου.
- 4) Να εξετάζει για μικρά πλωτά και σταθερά είτε αυτοί χαρακτηρίζονται ως κίνδυνοι είτε ως βοηθήματα ναυσιπλοΐας.

Συνοπτικά το ραντάρ παρουσιάστηκε το 1903 από τον Γερμανό μηχανικό Hulsmeyer βέβαια είχε μειονέκτημα τη μικρή εμβέλεια (1ν.μ). Μέχρι να χρησιμοποιηθεί πρώτη φορά το 1937 σε πολεμικό πλοίο, είχαν γίνει πολλές βελτιώσεις και δοκιμές, ώσπου το 1939 έφτασε να έχει φτάσει σε σημείο να ανιχνεύει είτε επίγεια είτε εναέρια σώματα. Ο Β' παγκόσμιος πόλεμος επιτάχυνε τις περαιτέρω βελτιώσεις του με αποκορύφωμα το 1944 να εγκαθίστανται και σε εμπορικά πλοία. Πλέον τα ραντάρ που χρησιμοποιούνται μπορεί να έχουν όλες τις εξελίξεις της τεχνολογίας και να διαφέρουν σε ότι αφορά το σχήμα ή την σχεδίαση τους αλλά τόσο οι παρεχόμενες πληροφορίες παραμένουν ίδιες όσο και οι αρχές εξαγωγής τους.

Το σύστημα ραντάρ αποτελείται από δυο μεγάλες κατηγορίες χαρακτηριστικών, τα *βασικά* και τα *παραγόμενα*.

Επιπρόσθετα, ανάλογα με τον τύπο ραντάρ εκπέμπεται και λαμβάνεται αντίστοιχα διαφορετική συχνότητα ραδιοκυμάτων. Στο παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι ανάλογα με την συχνότητα αντιστοιχεί και σε μια περιοχή λειτουργίας συγκεκριμένων Hertz.

Περιοχή λειτουργίας	Συχνότητα λειτουργίας	Μήκος κύματος
S	2,9 - 3,1 GHz	(Radar) 10 cm
X	9,2 – 9,5 GHz	(Radar) 3 cm
Q	37,5 GHz	(Radar) 8 cm

Πίνακας 1: Τα τρία είδη συχνοτήτων των ραντάρ

Βέβαια, τα ραντάρ που χρησιμοποιούνται είναι των 3cm και 10cm καθώς είναι πιο χρήσιμα σε σχέση με τα ραντάρ 8cm που χαρακτηρίζονται από μικρή εμβέλεια. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μια σύγκριση μεταξύ 3 και 10 δυνατοτήτες που προσφέρουν.

ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	ΔΙΑΦΟΡΕΣ (μεταξύ ραντάρ 3cm και 8cm)
Εμβέλεια	Το radar 3 cm παρουσιάζει μικρότερη εμβέλεια από το ραντάρ 10 cm
Επιστροφή βροχής	Το radar 3 cm παρουσιάζει ισχυρότερες επιστροφές βροχής από το ραντάρ 10 cm
Θαλάσσιες επιστροφές	Το radar 3 cm έχει ισχυρότερες θαλάσσιες επιστροφές από το ραντάρ 10 cm
Οριζόντιο εύρος δέσμης ακτινοβολίας	Το radar 3 cm έχει μικρότερο οριζόντιο εύρος δέσμης από το ραντάρ 10 cm
Διαστάσεις κεραίας	Το radar 3 cm έχει μικρότερες διαστάσεις κεραίας από το ραντάρ 10 cm
Απώλειες κυματοδηγού	Το ραντάρ 3 cm έχει μεγαλύτερες απώλειες από το ραντάρ 10 cm
Παρεμβολές	Το ραντάρ 3 cm παρουσιάζει μεγαλύτερες παρεμβολές από το ραντάρ 10 cm
Συνεργασία με ραδιοβοηθήματα	Το ραντάρ 3 cm έχει συνεργασία με ραδιοβοηθήματα

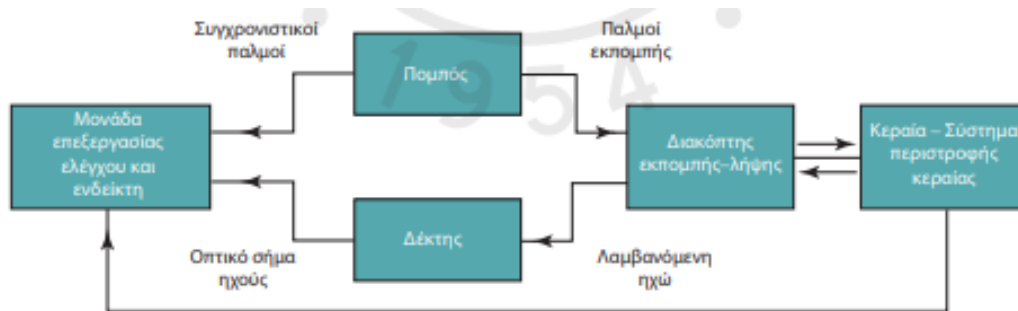
Πίνακας 2: Διαφορές μεταξύ ραντάρ 3 cm και 10 cm

### Τα βασικά μέρη του Ραντάρ

Οι μονάδες οι οποίες απαρτίζουν ένα ραντάρ είναι :

- Το σύστημα κεραία: Το οποίο κατά την περιστροφή του παρέχει πληροφορίες στην μονάδα του ενδείκτη ανάλογα με την κατεύθυνση του πλοίου καθώς ενημερώνει κάθε χρονική για την αναγραφόμενη γωνιά της δέσμης ακτινοβολίας.
- Ο πομπός : Παρέχει πληροφορίες στην μονάδα του ενδείκτη τις ακριβείς χρονικές στιγμές που μεταδοθήκαν οι παλμοί.
- Ο δέκτης : Ενημερώνει την μονάδα του ενδείκτη τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες το ραδιοκύμα επιστρέφει πίσω (ηχώ) για πιθανούς κινδύνους που βρίσκονται εντός της δέσμης ακτινοβολίας.

- Ο διακόπτης εκπομπής – λήψης .
- Η μονάδα ενδείκτη πλάνου θέσεων : Αποτελεί μέρος του συστήματος ραντάρ το οποίο συνδυάζει τις παρεχόμενες πληροφορίες και έτσι παρουσιάζει πληροφορίες όπως είναι η απόσταση και διόπτευση στόχων . Από τις πληροφορίες που λαμβάνει από τον πομπό και τον δέκτη πραγματοποιεί μετρήσεις ώστε να προκύψει η ανάκλαση και με αυτό τον τρόπο μετρά την απόσταση. Όσον αφορά την διόπτευση ως προς την κατεύθυνση της πλώρης οι πληροφορίες που αντλεί είναι από το παραπάνω σύστημα που αναφέραμε αλλά και από το σύστημα της κεραίας.



Εικόνα 13: Λειτουργικά μέρη Ραντάρ Ναυσιπλοΐας

### Τύποι Ραντάρ

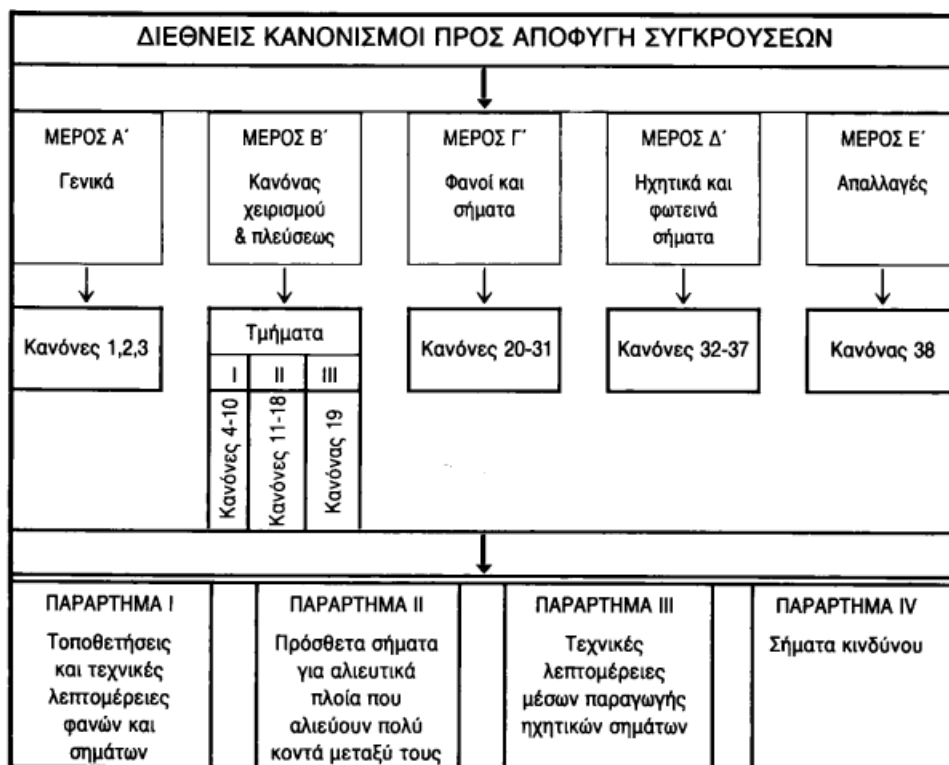
Τα συστήματα ραδιοεντοπισμού - ραντάρ διαφέρουν ανάλογα με τον φορέα και τον χώρο εντοπισμού σε :

- Ραντάρ ανιχνεύσεως επιφάνειας ή ναυσιπλοΐας
- Ραντάρ ανιχνεύσεως αέρα
- Ραντάρ ελέγχου προσγειώσεως αεροσκαφών
- Υψομετρικά ραντάρ
- Μετεωρολογικά ραντάρ
- Ραντάρ ελέγχου πυρός
- Ραντάρ μετρήσεως ταχύτητας

### Διεθνείς κανονισμοί προς Αποφυγή Συγκρούσεων στην θάλασσα (COLREGS 72 )

Οι ΔΚΑΣ (International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972) αποτελούνται από κανόνες που σκοπό είχαν κατά την θέσπισή τους να παρέχουν οδηγίες ώστε να διασφαλίζουν την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας για το πλοίο και έτσι την αποφυγή του κινδύνου συγκρούσεων.

Η δομή χαρακτηρίζεται από 5 μέρη, 4 παραρτήματα και 38 κανόνες το οποίο φαίνεται παρακάτω :



Εικόνα 14: Περιεχόμενο ΔΚΑΣ

Σε αυτό που θα δοθεί έμφαση είναι το ΜΕΡΟΣ Β' το οποίο αποτελείται από κανόνες ορθής ναυσιπλοΐας αλλά και αντιμετώπισης επικίνδυνων χειρισμών.

Το Μέρος Β' (Κανόνες χειρισμού & πλεύσεως) αποτελείται από το Τμήμα Ι (Διαγωγή πλοίων υπό οποιαδήποτε κατάσταση ορατότητας) που αφορά από τον κανόνα 4 ως 10.

Τμήμα Ι	
Εφαρμογή	Κανόνες 4
Ορατή επιτήρηση	Κανόνες 5
Ασφαλής ταχύτητα	Κανόνες 6
Κίνδυνοι συγκρούσεως	Κανόνες 7
Χειρισμοί προς αποφυγή συγκρούσεως	Κανόνες 8
Στενοί δίαυλοι	Κανόνες 9
Σύστημα διαχωρισμού κυκλοφορίας	Κανόνες 10

Πίνακας 3 : Κανόνες Τμήματος Ι

Το Τμήμα ΙΙ (Διαγωγή πλοίων «εν όψει αλλήλων») και αποτελείται από τους κανόνες 11 έως 18.

Τμήμα ΙΙ	
Εφαρμογή	Κανόνες 11
Ιστιοφόρα	Κανόνες 12

Προσπέρασμα	Κανόνας 13
Περίπτωση αντίθετων πορειών	Κανόνας 14
Περίπτωση διασταυρώσεως πορειών	Κανόνας 15
Χειρισμός υπόχρεου πλοίου	Κανόνας 16
Χειρισμός φυλασσομένου πλοίου	Κανόνας 17
Ευθύνες μεταξύ πλοίων	Κανόνας 18

Πίνακας 4 : Κανόνες Τμήματος II

Το Τμήμα III αφορά την διαγωγή πλοίων υπό περιορισμένη ορατότητα το οποίο εφαρμόζεται από τον κανόνα 19.

### Τμήμα I

Ο κανόνας 4 κάνει κατανοητή την εφαρμογή των υπολοίπων κανόνων (5-10) η οποία γίνεται με οποιαδήποτε κατάσταση ορατότητας και οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας (πρωί ή βραδύ).

Ο κανόνας 5 αφορά την ορατή επιτήρηση, δηλαδή καταστεί την ξεκάθαρη υποχρέωση της φυλακής στην γέφυρα (look out man), με σκοπό την εκτίμηση της κατάστασης όσον αφορά τον θαλάσσιο χώρο αλλά και τον "υπολογισμό" κινδύνου σύγκρουσης με αλλά πλοία.

Ο κανόνας 6 αφορά την ασφάλεια ταχύτητας, δηλαδή τον σωστό καθορισμό της ώστε να λαμβάνονται σε σωστό χρονικό διάστημα οι σωστές και αποδοτικές κινήσεις από τον πλοίαρχο. Ωστόσο μεγάλος αριθμός πλοίων δεν είναι εφοδιασμένα με radar οπότε αυτομάτως υπάρχουν δυο κατηγορίες με τους εκάστοτε παράγοντες, τα πλοία με radar (6α) και τα πλοία χωρίς (6β).

Παράγοντες που λαμβάνονται για καθορισμό ασφαλής ταχύτητας για πλοίο που δεν είναι εφοδιασμένο με radar (6α) :

- Η ορατότητα
- Η θαλάσσια κυκλοφορία ( συγκέντρωση από αλιευτικά ή αλλά πλοία )
- Η ικανότητα μανουβρών του πλοίου σύμφωνα με τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες
- Η ορατότητα της ξηράς μέσω δεσμών φωτός που εκπέμπονται αλλά και πλοίων μέσω των φανών
- Η κατάσταση του ανέμου
- Η σωστή αναλογία βυθίσματος πλοίου με το βάθος της θαλάσσιας περιοχής

Παράγοντες που λαμβάνονται για καθορισμό ασφαλής ταχύτητας για πλοίο εφοδιασμένο με radar (6α),εκτός από τους παραπάνω :

- Οι περιορισμοί ως προς την ακρίβεια και την απόδοση της συσκευής στην κλίμακα radar

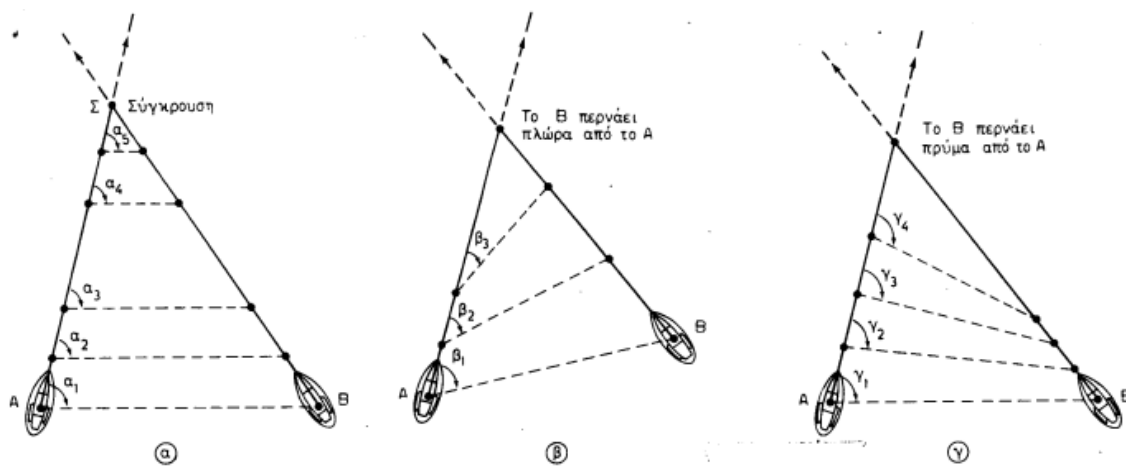


- Η επίδραση εξωτερικών παραγόντων (θάλασσα, καιρός κ.α.) στον εντοπισμό σταθερών και μη αντικειμένων
- Το πλήθος και οι κινήσεις των εν λόγω πλοίων που φαίνονται στην συσκευή
- Η μέγιστη εκτίμηση της ορατότητας με βάση τις αποστάσεις που βρίσκονται γύρω του

Ο κανόνας 7 αφορά τον κίνδυνο συγκρούσεως, όπου στην ουσία κάθε πλοίο πρέπει να κάνει χρήση οποιoδήποτε κατάλληλου μέσου ώστε να κάνει εκτίμηση αν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης. Εάν υπάρχει περίπτωση αμφιβολίας για την περίπτωση αυτή τότε θεωρείται ότι υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης.

Η εκτίμηση για το κατά ποσό υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης στις θάλασσα είναι αποτελεί :

- η μη αισθητή μεταβολή της διοπτύσεως πυξίδας.



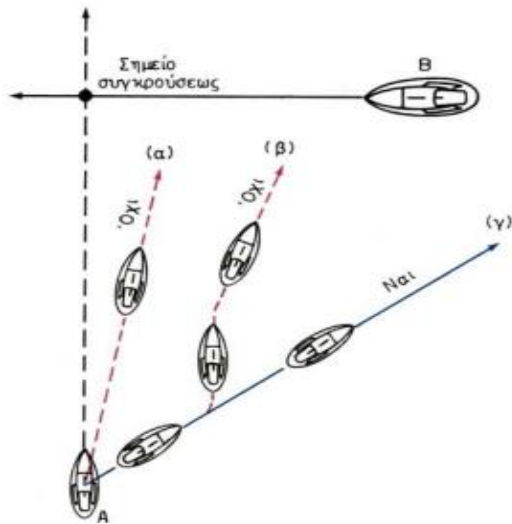
Εικόνα 15: Διαπίστωση του κινδύνου σύγκρουσης με α) σταθερή σχετική διόπτευση, β) ελάττωση σχετικής διόπτευσης, γ) αύξηση σχετικής διόπτευσης

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα στην περίπτωση α) έχουμε σταθερή διόπτευση ή δεν υπάρχει κάποια αισθητή μεταβολή με αποτέλεσμα τα πλοία Α και Β να συγκρουστούν στο σημείο Σ. Στην περίπτωση β) η διόπτευση του πλοίου Α μειώνεται με αποτέλεσμα το πλοίο Β να περάσει πλώρα και να μην υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης. Αντίστοιχα στην περίπτωση γ) αυξάνεται η διόπτευση του πλοίου Β οπότε πάλι δεν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης.

- Υπάρχει και το ενδεχόμενο ο κίνδυνος σύγκρουσης να υπάρχει παρόλη την μεταβολή διόπτευσης του προσεγγιζόμενου πλοίου, ειδικά εάν αυτό είναι μεγάλο πλοίο, ρυμουλκούμενο ή σε μικρή απόσταση.

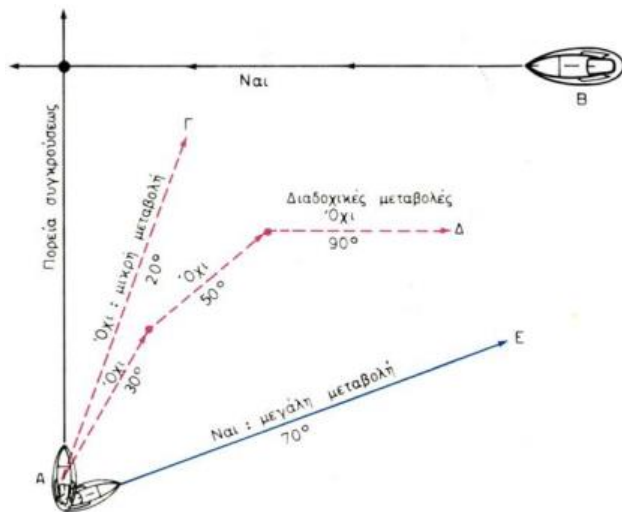
Ο κανόνας 8 αφορά χειρισμούς αποφυγής συγκρούσεων, όπου στην ουσία για να γίνει η εκτέλεση του χειρισμού αποφυγής πρέπει να είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας όπου πρέπει να εκπληρώνει τις προϋποθέσεις (κανόνας 4,5,6,7). Οποιοσδήποτε χειρισμός που εκτελείται πρέπει να είναι σαφής και να γίνεται έγκαιρα για την αποφυγή συγκρούσεως. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε ότι η

πορεία (α) δεν είναι έκδηλη ως προς το πλοίο Β καθώς γίνεται μικρή μεταβολή πορείας. Όσον αφορά την πορεία (β) μπορεί να υπάρχει μεγάλη μεταβολή ωστόσο δεν είναι σαφής οπότε δεν επιτρέπει στο πλοίο Β την τελική πρόθεση. Εν τέλη η πορεία (γ) είναι αποδεκτή σύμφωνα με τους ΔΚΑΣ καθώς γίνονται σαφείς και αντιληπτές οι προθέσεις του πλοίου Α.



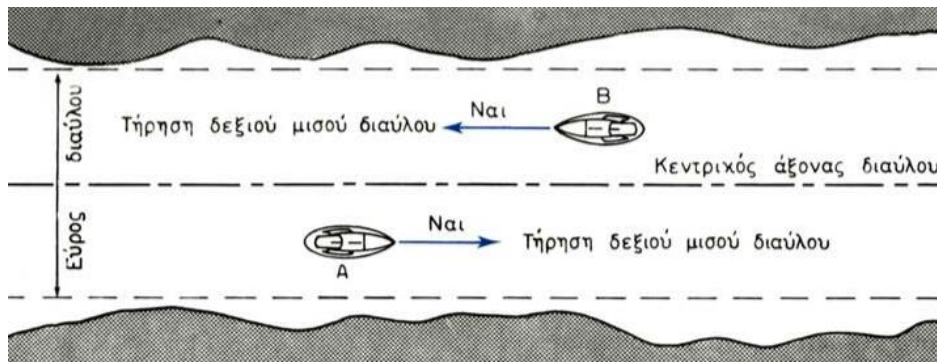
Εικόνα 16: Σαφής και έκδηλος χειρισμός

Ακόμα για την αποφυγή συγκρούσεων πρέπει να αποφεύγονται μικρές μεταβολές πορείας ή ταχύτητας.



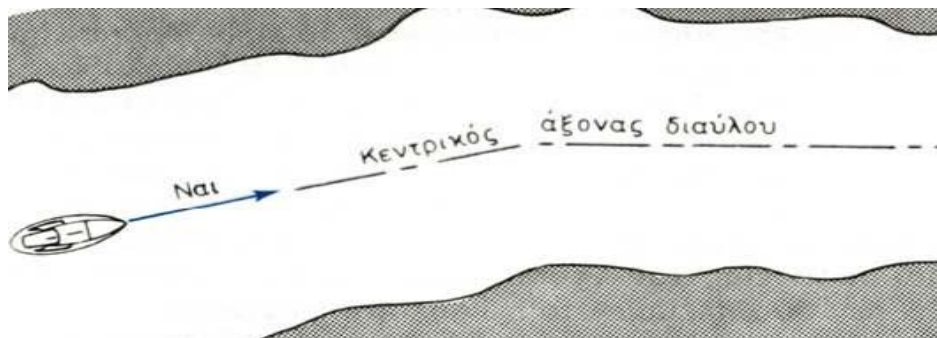
Εικόνα 17: Έγκαιρος χειρισμός

Ο κανόνας 9 κάνει λόγο για στενούς δίαυλους, δηλαδή αποτελεί υπενθύμιση για την τήρηση της δεξιάς πλευράς από μικρά πλοία τα οποία βρίσκονται μέσα και είτε αφορά τη διασταύρωση, είτε το προσπέρασμα, είτε την προσέγγιση καμπής του δίαυλου ή την αποφυγή αγκυροβολιάς μέσα σε δίαυλους.



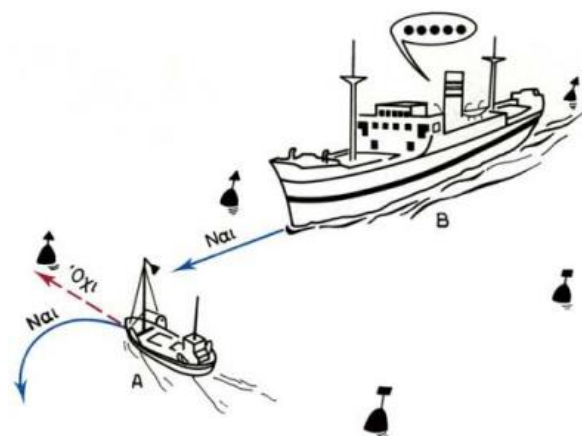
Εικόνα 18: Τήρηση δεξιάς πλευράς σε διάυλο διπλής κατεύθυνσης

Το παραπάνω ισχύει σε διαύλους οι οποίοι είναι διπλής κατεύθυνσης, ενώ σε μονής το πλοίο πρέπει να τηρεί πάντοτε πορεία κατά τον κεντρικό άξονα διαύλου.



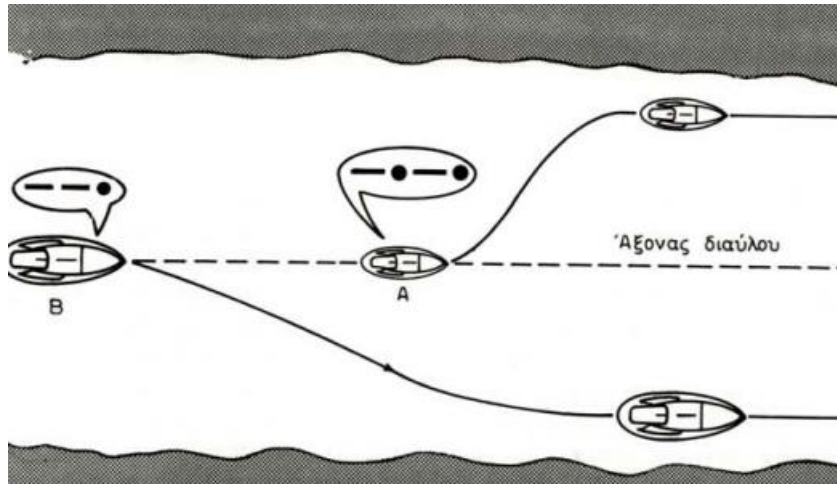
Εικόνα 19: Τήρηση κεντρικού – βασικού άξονα διαύλου

Όσον αφορά την διασταύρωση μεταξύ πλοίων σε διάυλο ή θαλάσσιο δρόμο αρχικά δεν πρέπει να συμβαίνει, αλλά σε περίπτωση που αυτό γίνει, τότε το πλοίο το οποίο πλέει στον άξονα του διαύλου και δεν είναι σίγουρο για τις προθέσεις του διασταυρωμένου κάνει χρήση ηχητικών σημάτων. Τουλάχιστον 5 βραχέα σφυρίγματα υποδηλώνουν ηχητικό σήμα αμφιβολίας.



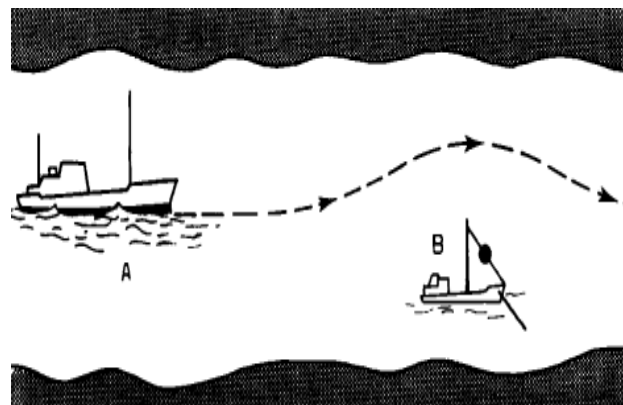
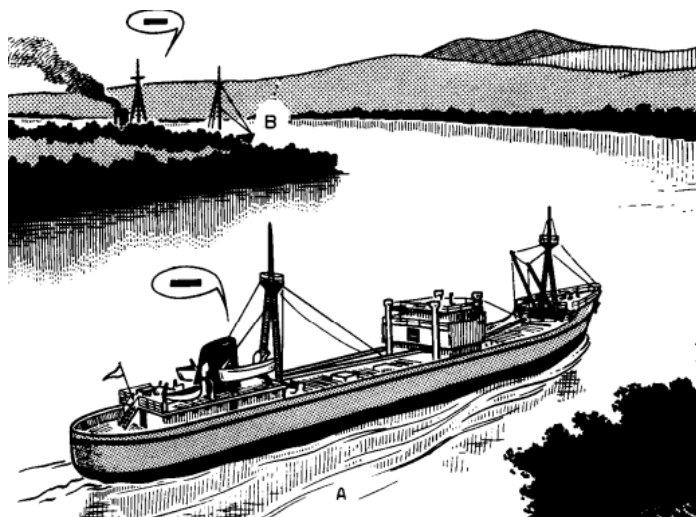
Εικόνα 20: Δίαυλος και διασταύρωση πορειών

Το προσπέρασμα μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα στενό διάυλο η θαλάσσιο δρόμο μόνο στην περίπτωση που μπορεί να επιτραπεί η διέλευση του καταφθάνοντος πλοίου σε σχέση με αυτό που βρίσκεται ήδη στον διάυλο. Για την ξεκάθαρη πρόθεση χρησιμοποιείται κώδικας Μορς που υποδηλώνει τον δεξί ελιγμό (δυο μακρά και ένα βραχέων σφύριγμα) ή αριστερά ( δυο μακρά και δυο βραχέα σφυρίγματα).



Εικόνα 21: Δεξιά προσπέραση διαύλου

Τέλος έχουμε την περίπτωση της αγκυροβολιάς η οποία γενικά αποφεύγεται μέσα σε διαύλους καθώς παρεμποδίζουν τα υπόλοιπα πλοία τα οποία πλέουν κατά μήκος του άξονα διαύλου, εκτός αν το επιτρέπουν οι συνθήκες. Αλλά και στην περίπτωση καμπής διαύλου το προσεγγίζον πλοίο πρέπει πάλι με κώδικα Μορς να εκπέμψει ένα μακρό σφύριγμα. Έτσι βρίσκεται σε ετοιμότητα αλλά και δηλώνει την παρουσία του σε αλλά πλοία τα οποία μπορεί να μην φαίνονται.

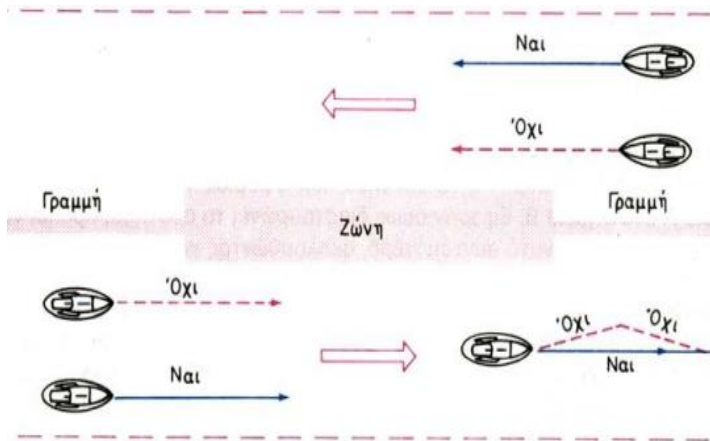


Εικόνα 22: ( Αριστερά ) Ηχητικά σήματα σε καμπή διαύλου και ( δεξιά ) απαγορευμένη αγκυροβολία μέσα σε διάυλο

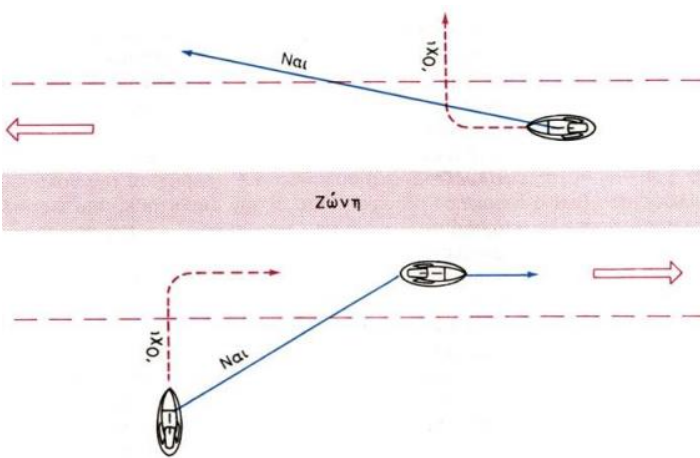
Ο κανόνας 10 αφορά το σύστημα διαχωρισμού κυκλοφορίας, το οποίο στην ουσία αποτελεί σύστημα για την αποσυμφόρηση θαλάσσιων περιοχών για την αποφυγή

ατυχημάτων. Όσα πλοία κάνουν χρήση του συστήματος διαχωρισμού κυκλοφορίας πρέπει:

1. Να πλέουν στα όρια και προς την κατεύθυνση της θαλάσσιας λωρίδας
2. Να τηρείται απόσταση ανάμεσα σε αντιπλεόμενα πλοία και της ζώνης διαχωρισμού αλλά και η σταθερή πορεία
3. Να γίνεται με τη μικρότερη γωνιά η έξοδος ή η είσοδος των πλοίων από μια λωρίδα κυκλοφορίας, από τα δυο ακραία σημεία της.



Εικόνα 23: Τήρηση απόστασης ζώνης διαχωρισμού



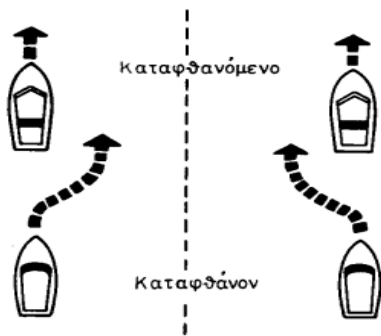
Εικόνα 24: Είσοδος και έξοδος με την μικρότερη γωνία στροφής

## Τμήμα II

Στο Τμήμα II συναντάμε πρώτο τον κανόνα 11 ο οποίος επισημαίνει τους χειρισμούς τους πλοίων όταν μεταξύ τους είναι οπτικά αντιληπτά το ένα με το άλλο. Βέβαια η εφαρμογή των κανόνων αυτών δεν γίνεται μόνο όταν το πλοίο γίνεται αντιληπτό από άλλο ραντάρ αλλά πρέπει να υπάρχει και οπτική επαφή.

Ο κανόνας 12 αφορά την προσέγγιση δυο ιστιοφόρων οπότε απλά γίνεται μια επιγραμματική αναφορά και τίποτε παραπάνω.

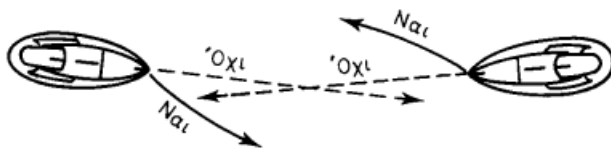
Ο κανόνας 13 αφορά το προσπέρασμα και αυτό που διατυπώνεται είναι πως για κάθε πλοίο που καταφθάνει ενώ προπορεύεται άλλο σε θαλάσσιο δρόμο οφείλει να απομακρύνεται από την πορεία του ήδη υπάρχοντος. Ο χειρισμός που συνίσταται σε αυτή την περίπτωση από το καταφθάνον πλοίο είναι η δεξιά ή αριστερή προσπέραση.



Εάν υπάρχει βέβαια περίπτωση αμφιβολίας ένα πλοίο δεν μπορεί να αντιληφθεί με σιγουριά εάν καταφθάνει άλλο πλοίο, θα πρέπει να συμπεριφερθεί σαν να είναι αυτό το καταφθάνον και να κάνει τους ανάλογους χειρισμούς.

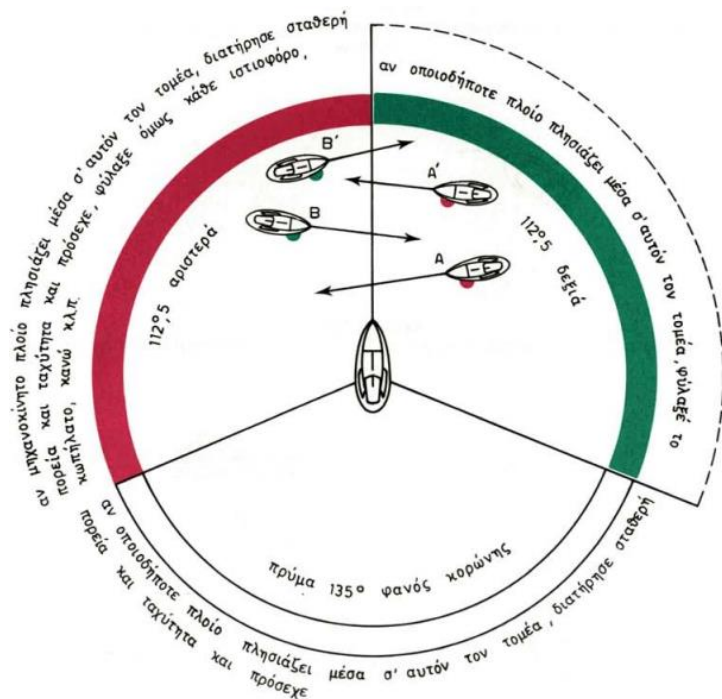
Εικόνα 25: Το καταφθάνον φυλάει το καταφθανόμενο

Ο κανόνας 14 αντιπλέοντα πραγματεύεται την περίπτωση που δυο μηχανοκίνητα πλοία έχουν αντίθετες πορείες που συναντιούνται και τότε θα πρέπει το καθένα να μεταβάλλει την πορεία του προς τα δεξιά για να μην υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης.



Εικόνα 26: Χειρισμός προς αποφυγή συγκρούσεως αντιπλεόντων πλοίων

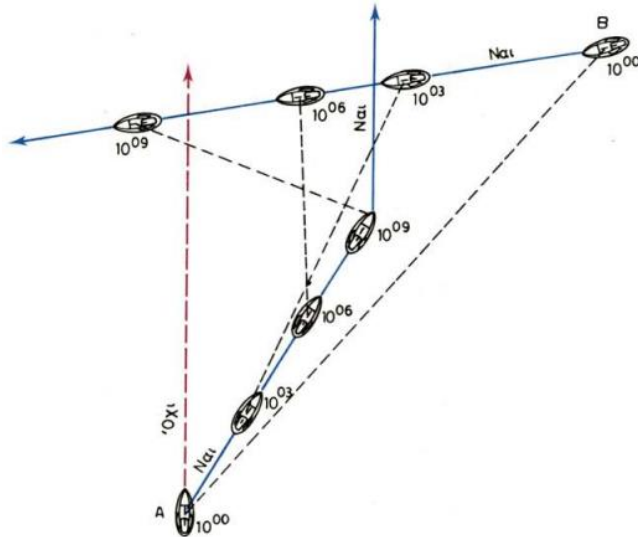
Ο κανόνας 15 κάνει λόγο για τη διασταύρωση πορειών, δηλαδή όταν δυο πλοία διασταυρώνουν πορείες το πλοίο το οποίο έχει το άλλο από την δεξιά του πλευρά οφείλει να το φυλάξει (να απομακρυνθεί από την πορεία του άλλου).



Εικόνας 27: Πλοία με διασταυρούμενες πορείες



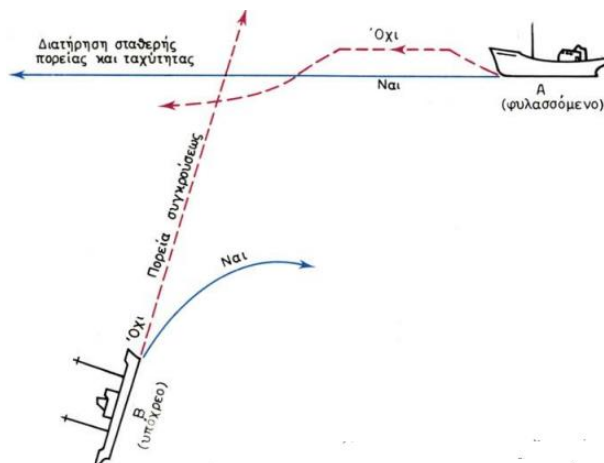
Ο κανόνας 16 αφορά τον χειρισμό υπόχρεου (φυλασσόντος) πλοίου, όπου το πλοίο το οποίο καλείται να φυλάξει άλλο πλοίο πρέπει να κάνει έγκαιρους και ουσιαστικούς χειρισμούς και να πραγματοποιούνται μακριά από αυτό.



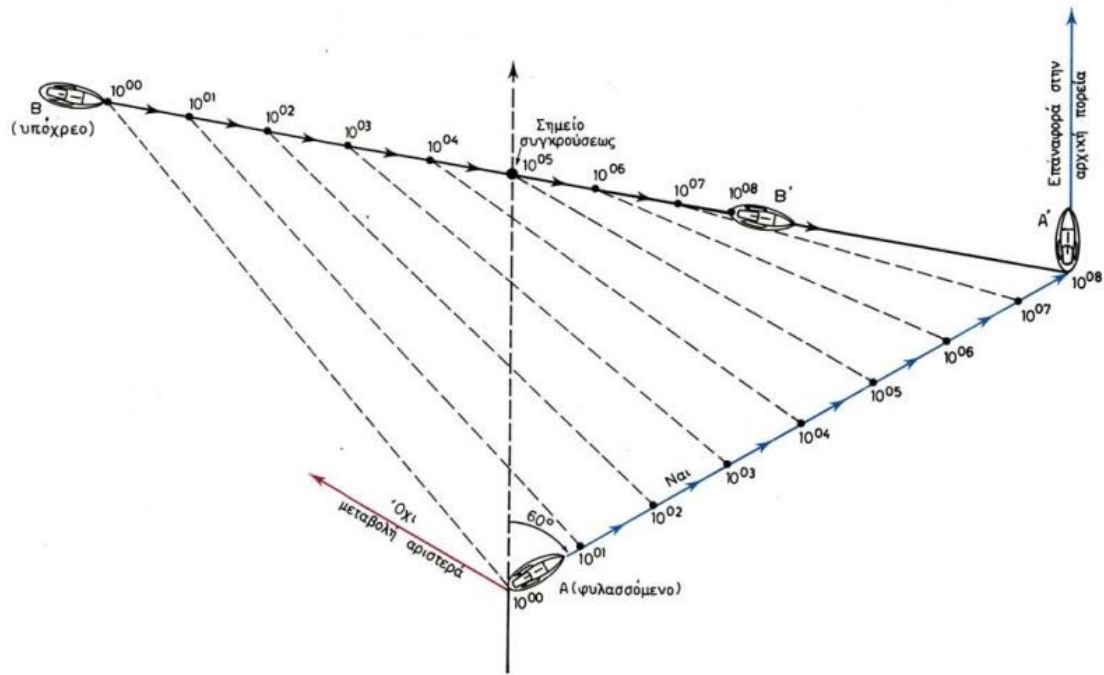
Εικόνα 28: Χειρισμός υπόχρεου πλοίου

Ο κανόνας 17 αφορά αυτή τη φορά τον χειρισμό του φυλασσομένου πλοίου, όπου αποτελείται από δυο υποπεριπτώσεις.

- I. Κατά την συνάντηση δυο πλοίων το υπόχρεο πρέπει να αλλάξει πορεία για να το φυλάξει, ενώ ο χειρισμός του φυλασσομένου είναι να διατηρήσει σταθερή πορεία και ταχύτητα.
- II. Πάρα τις υποχρεώσεις που έχει το φυλασσόμενο πλοίο (σταθερή ταχύτητα και πορεία) εάν το υπόχρεο δεν χειριστεί σωστά την κατάσταση, τότε το φυλασσόμενο οφείλει με τις ενέργειες του να αποφύγει τη σύγκρουση.



Εικόνα 29 : Το πλοίο B φυλάει το πλοίο A



Εικόνα 30: Το φυλασσόμενο πλοίο Α αλλάζει πορεία για να αποφύγει την σύγκρουση με το υπόχρεο Β.

Ο κανόνας 18 αφορά τις ευθύνες μεταξύ πλοίων και βρίσκει εφαρμογή σε όλες τις περιπτώσεις συνάντησης πλοίου εξαιρούμενοι οι κανόνες 9,10,13. Οι ευθύνες μεταξύ των πλοίων είναι οι παρακάτω :

- A. Ένα μηχανοκίνητο πλοίο το οποίο βρίσκεται εν πλω θα πρέπει να απομακρύνεται όταν συναντά :
  1. Ακυβέρνητο πλοίο
  2. Πλοίο περιορισμένων ικανοτήτων όσον αφορά τους χειρισμούς
  3. Αλιευτικό
  4. Ιστιοφόρο
  
- B. Ένα ιστιοφόρο που είναι εν πλω θα πρέπει να απομακρύνεται από την πορεία :
  1. Ακυβέρνητου πλοίου
  2. Πλοίου περιορισμένων ικανοτήτων όσον αφορά τους χειρισμούς
  3. Αλιευτικού
  
- C. Ένα αλιευτικό πρέπει να απομακρύνεται από την πορεία :
  1. Ακυβέρνητου πλοίου
  2. Πλοίου περιορισμένων ικανοτήτων όσον αφορά τους χειρισμούς

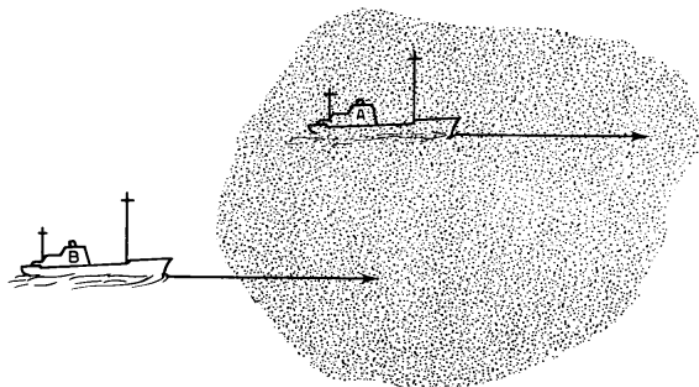
Τέλος υπάρχει και η περίπτωση να υπάρχουν δυο πλοία τα οποία είναι προβληματικών κατηγοριών και δεν προσδιορίζεται ο βαθμός ευθύνης. Σε αυτή την



περίπτωση από τις ΔΚΑΣ δεν καθορίζεται ποιο από τα δυο θα φυλάσσει το άλλο και κάθε πλοίο πρέπει να κάνει οποιαδήποτε ενέργεια για να αποφευχθεί η σύγκρουση.

### Τμήμα III

Στο τμήμα III συναντάται ο κανόνας 19 που αφορά την διαγωγή πλοίων υπό περιορισμένη ορατότητα. Αυτός ο κανόνας εφαρμόζεται σε πλοία τα οποία δεν είναι ορατά από αλλά, είτε διότι βρίσκονται εν πλω και υπάρχει περιορισμένη ορατότητα (ομίχλη) είτε διότι βρίσκονται σε τέτοια περιοχή.



Εικόνα 31: Περιορισμένη ορατότητα κατά τον απόπλου

### Ανίχνευση Θαλάσσιων δρόμων κυκλοφορίας με στατική ανάλυση πυκνότητας

Τα δεδομένα τα οποία παρέχονται από το σύστημα αναγνώρισης χρησιμοποιούνται για την «εξαγωγή» θαλάσσιων δρόμων και δικτύων θαλάσσιας κυκλοφορίας. Αυτά τα δεδομένα εφαρμόζονται στην ναυσιπλοΐα για θαλάσσια αυτόνομα πλοία ( **MarineAutonomousSurfaceShips**) συνδυάζοντας τα δεδομένα κινδύνου σύγκρουσης και τους κανονισμούς COLREG. Επιπλέον το AIS αποτελεί βασικό στοιχείο ανάλυσης του μοτίβου που ακολουθεί ένα πλοίο κατά την κυκλοφορία του διότι αναλύει δεδομένα του πλοίου με την βοήθεια αλγορίθμου όπως :

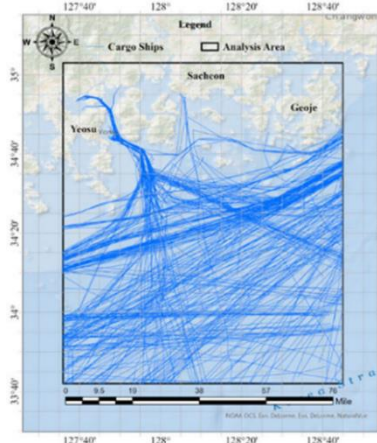
- ❖ COG
- ❖ SOG
- ❖ Ένδειξη στροφών του πλοίου ( $^{\circ}/\text{min}$  )
- ❖ VDR

Έτσι, είτε με παλιά είτε με σύγχρονα δεδομένα προβάλλει την κατεύθυνση και τους γενικούς θαλάσσιους δρόμους που ακολουθεί με κάποια σταθερή βάση ένα πλοίο. Με την μέθοδο που θα παραθέσουμε παρακάτω γίνεται η ανίχνευση των κύριων

θαλάσσιων οδών λαμβάνοντας υπόψιν τα δεδομένα τροχιάς και επιλέγεται ένα πλαίσιο στο οποίο ακολουθείται ο πιο ασφαλής θαλάσσιος δρόμος σε συνάρτηση με το πλάτος της διαδρομής.

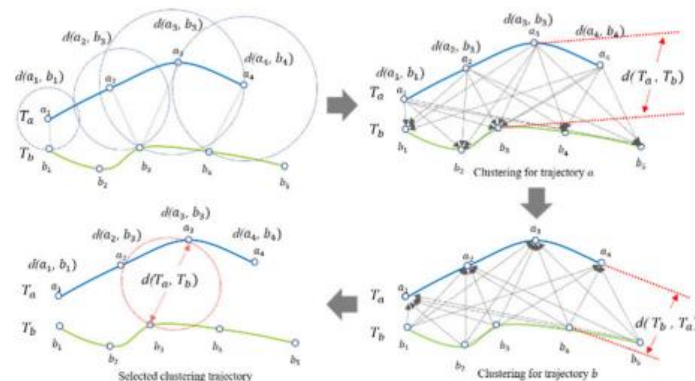
Η στατική ανάλυση πυκνότητας αποτελεί προϊόν και συνδυασμός μεθόδων που με τη βοήθεια του συστήματος AIS προσφέρει το πλάτος της διαδρομής.

Για να φτάσουμε όμως πρώτα πρέπει να εξάγουμε τα δεδομένα από την βάση AIS και να τα προ επεξεργαστούμε. Δεδομένα τα οποία αποθηκεύει η βάση δεδομένων (περίπου 950 GB) του συστήματος τα οποία χωρίζονται σε καθημερινά δεδομένα κι έπειτα σε άλλους 16 τομείς.



Εικόνα 32: Γράφημα δεδομένων AIS και θαλάσσιων μετακινήσεων πλοίων τύπου Tanker

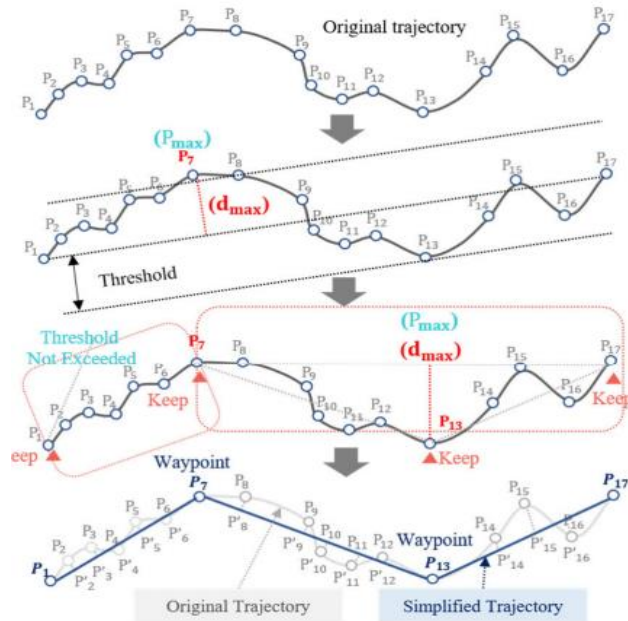
Στο δεύτερο στάδιο γίνεται ομαδοποίηση των τροχιών των πλοίων ώστε να βρεθεί μια παρόμοια τροχιά που ακολουθείται ανάλογα με το είδος του πλοίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τον αλγόριθμο Hausdorff όπου παρουσιάζει σε μορφή πίνακα παρόμοιες τροχιές.



Εικόνα 33: Διάγραμμα Hausdorff, διαδικασία και υπολογισμός για παρόμοια τροχιά πλοίων

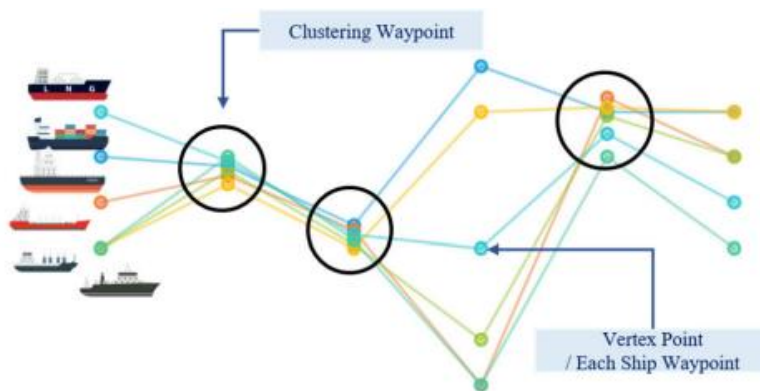
Έπειτα εφαρμόζεται η απλοποίηση της τροχιάς του πλοίου στο ομαδοποιημένο σύστημα τροχιών καθώς εξωγενείς παράγοντες το επηρεάζουν και δεν ακολουθεί μια σταθερή πορεία. Ο αλγόριθμος Douglas – Peucker χρησιμοποιείται ώστε η πορεία του πλοίου να οριοθετείται και να διατηρείται μια σταθερή σύμφωνα με τις

κατευθυντήριες ευθείες. Ο αλγόριθμος αυτός ξεκινά με το να ενώνει τα σημεία μιας διαδρομής στην σειρά και έπειτα πραγματοποιεί υπολογισμούς (κάθετα) ανάμεσα στην γραμμή κατεύθυνσης/τάσης και την διαγραμμαμένη τροχιά. Οι γραμμές  $P_1, P_2, P_3..$  είναι οι γραμμές τάσης και το  $d$  συμβολίζει την απόσταση δυο σημείων δυο διαφορετικών τροχιών πλοίων ( $\alpha_3, \beta_3$ ). Το  $d_{max}$  συμβολίζει τη μέγιστη απόκλιση από το χαμηλότερο σημείο ενός κομματιού της τροχιάς έως το υψηλότερο και  $P_{max}$  την απόσταση αντιδιαμετρικά.



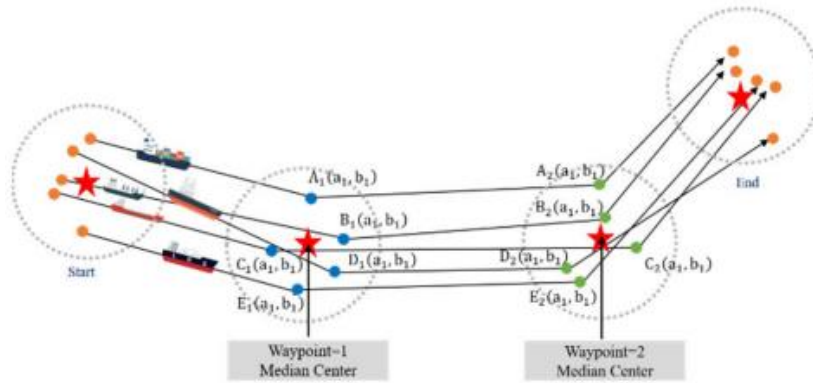
Εικόνα 34: Απλοποίηση της τροχιάς του πλοίου μέσω του αλγορίθμου Douglas-Peucker

Τέταρτο στάδιο αποτελεί η ανίχνευση των σημείων όπου υπάρχει φαινομενικά η μεγαλύτερη αλλαγή κατεύθυνσης: δηλαδή όταν μια γραμμή τροχιάς συναντά μια άλλη και δημιουργεί μια ορισμένη γωνία. Παρόμοια διαδρομή παρατηρείται σε πλοία με ίδια χαρακτηριστικά ( π.χ. 10 τάνκερ ) για αυτό και ο αλγόριθμος DBSCAN επικεντρώνεται στην χωρική ομαδοποίηση των σημείων με βάση την πυκνότητα που αντιπροσωπεύουν ένα σημείο διαδρομής.



Εικόνα 35: Εξαγωγή σημείου κορυφής της τροχιάς των πλοίων

Στο προτελευταίο στάδιο συναντάται το διάμεσο κέντρο αποφάσεων όπου χρησιμοποιείται για την αναζήτηση πιο αποτελεσματικών και ολοκληρωμένων σημείων διαδρομής ανάλογα με το είδος του πλοίου. Με αποτέλεσμα όταν συνδεθούν τα σημεία αυτά να δημιουργούν ένα κομμάτι διαδρομής. Όταν όμως συνδεθεί η αρχή και το τέλος της διαδρομής με όλα τα ενδιάμεσα σημεία τότε έχουμε την δημιουργία ενός θαλάσσιου δρόμου.



Εικόνα 36: Επιλογή διάμεσου κέντρου με βάση τα αποτελέσματα του συμπλέγματος

Τέλος, όταν ολοκληρωθεί και η σκιαγράφηση των θαλάσσιων δρόμων η ανάλυση Kernel εφαρμόζεται βασισμένη στην τροχιά του πλοίου ώστε να δημιουργήσει το πλάτος της διαδρομής. Σημαντικό στοιχείο είναι ο καθοριστικός παράγοντας πλάτους διαδρομής που αντιπροσωπεύεται με τη χρήση ποσοστού, 90% ή 75% της συνολικής θαλάσσιας κυκλοφορίας.



Εικόνα 37: Διάγραμμα ανάλυσης KDE που εφαρμόζει το 75% και το 90% του της συνολικής θαλάσσιας κυκλοφορίας

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Ασαφής Λογική

### Εισαγωγή

*Είναι λογικό σημάδι ο ανθρώπινος νους να παραμένει ικανοποιημένος από την ακρίβεια που επιδέχεται η φύση του θέματος και να μην αναζητά την ακρίβεια ανακτώντας έτσι μόνο ένα κομμάτι της αλήθειας.*

Αριστοτέλης, 384-322 π.Χ.

*Η ακριβολογία δεν συνεπάγεται και αλήθεια.*

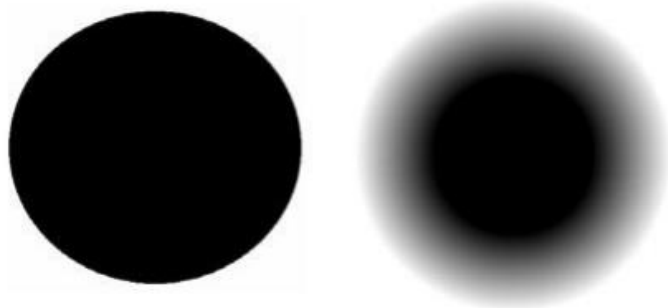
Henri E. B. Matisse , 1869 – 1954

*Όσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα, οι δηλώσεις που χαρακτηρίζονται ακριβής δεν έχουν νόημα και αυτές με πλήρες νόημα χάνουν την ακρίβεια τους.*

Lotfi A. Zadeh 1965

Οι παραπάνω αξιοσημείωτες αναφορές έχουν όλες ένα κοινό στοιχείο. Αυτό το σημείο είναι η σχέση με την οποία είναι συνυφασμένες μεταξύ τους οι έννοιες της ακρίβειας και της αβεβαιότητας.

Με τον όρο *ασαφής λογική* έχουν γίνει αρκετές παρανοήσεις στην προσπάθεια τους να δώσουν έναν ορισμό. Αρχικά με τον όρο δεν ορίζεται ως λογική καθώς δεν είναι ξεκάθαρη σαν έννοια. Στην ουσία η *ασαφής λογική* είναι η ακριβής λογική της ανακρίβειας και της κατά προσέγγιση αιτιότητας. Πιο συγκεκριμένα, η *ασαφής λογική* μπορεί να ερμηνευτεί και ως μια προσπάθεια επισημοποίησης δυο πολύ σημαντικών ικανοτήτων του ανθρώπου. Την ικανότητα να συνομιλεί, να σκέφτεται και να παίρνει λογικές αποφάσεις μέσα σε ένα περιβάλλον ανακρίβειας , αβεβαιότητας , αντικρουόμενων και έλλειψης πληρότητας είτε ορθών είτε πιθανών πληροφοριών. Με λίγα λόγια σε ένα περιβάλλον ανεπαλήθευτων πληροφοριών. Επιπλέον την ικανότητα να καταφέρνει πράγματα είτε σωματικά είτε ψυχικά τα οποία είναι μη υπολογίσιμα. Ωστόσο μια από τις βασικές συνεισφορές είναι η μεγάλη ακρίβεια για το ανακριβές.



Εικόνα 38: Γραφική αναπαράσταση στον (αριστερό μέρος) ενός διακριτού συνόλου και (στο δεξί μέρος) ενός ασαφούς συνόλου.

Η *ασαφής λογική* είναι μια προέκταση της λογικής Boolean από τον Lotfi Zadeh (1965) που είναι βασισμένη στην μαθηματική θεωρία των ασαφών συνόλων, το οποίο είναι

μια προέκταση της γενικευμένης κλασικής θεωρίας συνόλων. Εισάγοντας την έννοια της διαβάθμισης της βεβαιότητας κατά την εξέταση μιας κατάστασης που χαρακτηρίζεται είτε αληθής είτε ψευδής, στην πραγματικότητα δίνουμε την "ελευθερία" στην κατάσταση να κινείται σε ποικίλες θέσεις εκτός από αυτές τις δυο. Συνεπώς η ασαφής λογική λαμβάνει υπόψιν της ανακρίβειες και αβεβαιότητες καθώς παρέχει μια ευελιξία όταν αναφερόμαστε σε ένα σκεπτικό.

Αυτό που αποτελεί πλεονέκτημα της ασαφούς λογικής είναι οι κανόνες της, οι οποίοι αποτυπώνονται με φυσική γλώσσα έτσι ώστε να προσαρμόζονται με τον ανθρώπινο συλλογισμό. Στο παρακάτω παράδειγμα υπάρχει ένας πίνακας με κανόνες που "ακολουθείται" από εστιατόρια ώστε να έχουν καλά φιλοδώρηματα. Οπότε έχουμε ένα σύστημα με μεταβλητές εισόδους όπου με τη βοήθεια του ανθρώπινου νου δίνεται προσεγγιστικός υπολογισμός για την κλιμάκωση βεβαιότητας στην ασαφή λογική.

Τι θέλουμε να εκφράσουμε (κανόνες) :

- 1) εάν η εξυπηρέτηση είναι κακή τότε χαμηλό φιλοδώρημα.
- 2) εάν η εξυπηρέτηση είναι καλή τότε μέτριο φιλοδώρημα.
- 3) εάν η εξυπηρέτηση είναι τέλεια τότε υψηλό φιλοδώρημα.
- 4) εάν το φαγητό είναι άγευστο τότε χαμηλό φιλοδώρημα.
- 5) εάν το φαγητό είναι γευστικό τότε υψηλό φιλοδώρημα

Αναπαριστώντας τους παραπάνω 5 κανόνες σε μορφή πίνακα έχουμε των παρακάτω:

Είσοδος 1	Είσοδος 2	Έξοδος
Εάν η εξυπηρέτηση είναι κακή	..εάν το φαγητό είναι κακό	...τότε χαμηλό φιλοδώρημα
Εάν η εξυπηρέτηση είναι μέτρια		...τότε μέτριο φιλοδώρημα
Εάν η εξυπηρέτηση είναι τέλεια	..εάν το φαγητό είναι γευστικό	...τότε υψηλό φιλοδώρημα

Πίνακας 5 : Κανόνες του παραδείγματος του φιλοδώρηματος

Ένα ακόμα αντίστοιχο παράδειγμα είναι και εκείνο με τον οδηγό ο οποίος πρέπει να ακολουθήσει κάποιους συγκεκριμένους κανόνες όσον αφορά τον φωτεινό σηματοδότη ώστε να μη χάσει το δίπλωμα του.

Είσοδος 1	Είσοδος 2	Είσοδος 3	Έξοδος
Εάν ο σηματοδότης είναι κόκκινος	..εάν κινούμαι με υψηλή ταχύτητα	.. και αν το σηματοδότης είναι κοντά	..τότε πατάω δυνατά το φρένο

Εάν ο σηματοδότης είναι κόκκινος	..εάν κινούμαι με χαμηλή ταχύτητα	.. και αν το σηματοδότης είναι μακριά	..τότε διατηρώ την ταχύτητα μου
Εάν ο σηματοδότης είναι πορτοκαλί	..εάν κινούμαι με σταθερή ταχύτητα	.. και αν το σηματοδότης είναι μακριά	..τότε πατάω μαλακά το φρένο
Εάν ο σηματοδότης είναι πράσινος	..εάν κινούμαι με χαμηλή ταχύτητα	.. και αν το σηματοδότης είναι κοντά	..τότε ανεβάζω ταχύτητα

Πίνακας 6 : Κανόνες του παραδείγματος πέδησης

Έτσι λοιπόν κατά προσέγγιση ο ανθρώπινος νους κατανοεί τους κανόνες και εισόδους που εκχωρούνται σε αυτό το σύνολο, όπως και στην ασαφή λογική συμβαίνει η κλιμάκωση της βεβαιότητας.

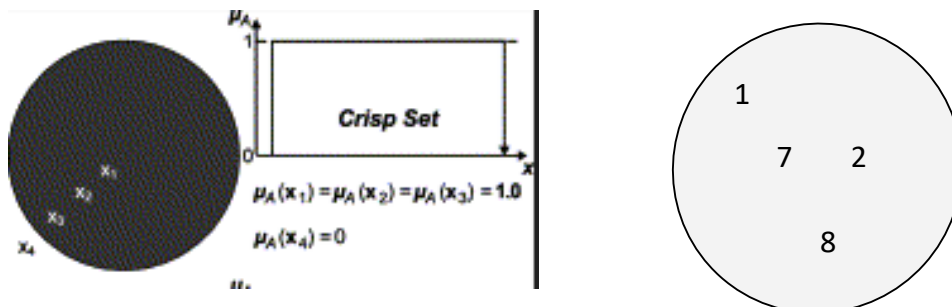
## Θεωρία συνόλων - κλασική και ασαφή σύνολα

*Ένα σύνολο πολλών ορών έχει την δυνατότητα να αυτοκαθορίζεται ως μονάδα.*

Georg Cantor

Η κλασική θεωρία συνόλων ή συνολοθεωρία είναι ο κλάδος των μαθηματικών ο οποίος ασχολείται με τη μελέτη των συνόλων εν αντιθέσει με τους υπόλοιπους οι οποίοι μελετούν δομές. Παρακάτω θα αποτυπωθούν μερικά είδη συνόλων:

Έστω οι αριθμοί 1, 7, 8, 2 αποτελούν ένα σύνολο και πιο συγκεκριμένα ακεραίων αριθμών. επίσης η ακολουθία των γραμμάτων φ, ε, α, υ, θ, χ, ω αποτελούν ένα σύνολο αλφαβητικών χαρακτήρων. Ακόμη οι λέξεις 'χαρτί', 'πλήκτρο', 'κύβος' αποτελούν και αυτές ένα σύνολο. Παρομοίως μπορούμε να δημιουργήσουμε σύνολα με τη βοήθεια συλλογής δεδομένων ακόμη και υποσύνολα συνόλων.



Εικόνα 39: Γραφική αναπαράσταση ενός συνόλου {1,7,2,8}

Ο Georg Cantor έθεσε τις βάσεις για τη θεωρία συνόλων δίνοντας την δική του εκδοχή για τον ορισμό :

*Σύνολο αποτελεί κάθε αντικείμενο το οποίο γίνεται αντιληπτό από τον ανθρώπινο νου και είναι ευκρινώς ορισμένο ώστε να διακρίνεται μεταξύ άλλων.*

Τα αντικείμενα τα οποία αποτελούν ένα ορισμένο σύνολο ονομάζονται στοιχεία ή μέλη.

Επιπλέον ο Georg Cantor χρησιμοποίησε την έννοια του πληθάριθμου (ισχύς ή πληθικός αριθμός) που εκφράζει το πλήθος των μελών που περιέχει ένα σύνολο  $A$ . Συμβολίζεται με  $N(A)$  ή και με  $|A|$ .

Κατά την αποτύπωση του συνόλου η σειρά γραφής δεν παίζει κανένα ρολό, είτε είναι αύξουσα είτε είναι φθίνουσα είτε είναι με ανακατεμένη σειρά γραμμένα. Ωστόσο η γραφή ενός συνόλου με τη σειρά γίνεται για προσωπική εξυπηρέτηση. Συνηθίζεται ο συμβολισμός των συνόλων να γίνεται με κεφαλαίο γράμμα ( π.χ  $\Delta = \{1, 2, 5, 9\}$  ), εφόσον υπάρχουν στοιχεία, εάν όμως δεν υπάρχουν τότε το σύνολο χαρακτηρίζεται ως κενό και συμβολίζεται με  $\emptyset$ .

Ο βαθμός συμμετοχής είναι ένα σημαντικό κομμάτι του συνόλου καθώς γνωστοποιεί εάν ένα στοιχείο είναι ή δεν είναι μέρος του. Ο βαθμός συμμετοχής της συνάρτησης (δείκτης ή χαρακτηριστική συνάρτηση) συμβολίζεται με το γράμμα  $\epsilon$ . Στο παρακάτω παράδειγμα βλέπουμε ότι ο αριθμός 8 ανήκει στο σύνολο  $\{7, 8, 9\}$  δηλαδή  $[7 \in \{7, 8, 9\}]$ , ενώ το 20 δεν ανήκει δηλαδή  $[20 \notin \{7, 8, 9\}]$ .

Ο δείκτης συμμετοχής των διακριτών – κλασικών συνολών μπορεί να πάρει τιμές 0 και 1 οι οποίες τιμές είναι η κατάσταση βεβαιότητας στις οποίες μπορούν να βρεθούν. Επομένως στην κλασική θεωρία είτε συμμετέχει ένα στοιχείο (1), είτε δεν συμμετέχει (0).

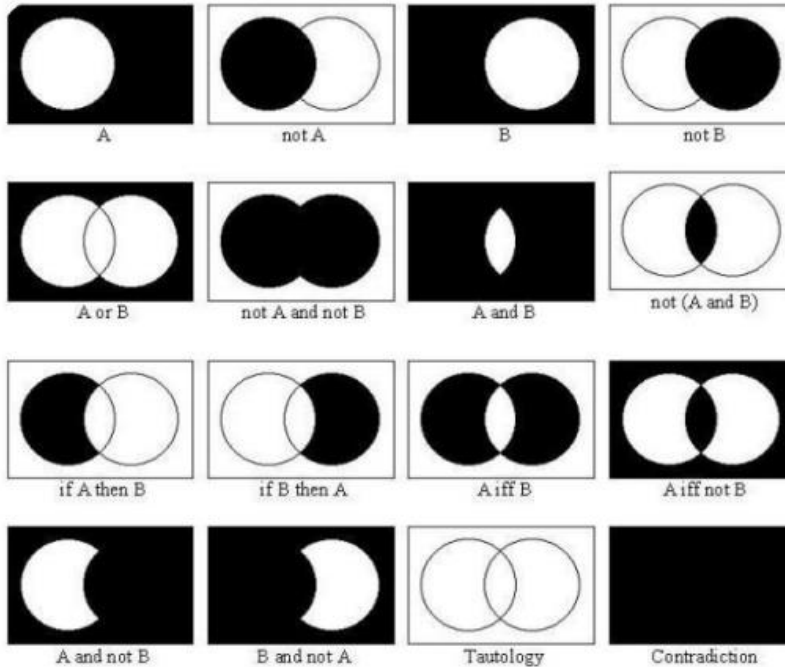
## Πράξεις Συνόλων

Έστω ότι έχουμε δυο σύνολα  $A$  και  $B$  σε ένα πεδίο ορισμού  $X$ . Έτσι έχουμε :

- **Ένωση** : Η οποία αναπαριστά τα μέρη τα οποία ανήκουν είτε στο  $A$  είναι στο  $B$  σύνολο.
  - $AB = \{x/x \in A \text{ ή } x \in B\}$
- **Τομή** : Η οποία αναπαριστά τα μέρη τα οποία ανήκουν ταυτόχρονα και στο  $A$  αλλά και στο  $B$  σύνολο.
  - $AB = \{x/x \in A \text{ και } x \in B\}$
- **Συμπλήρωμα** : Πρώτα από όλα πρέπει να ορίσουμε το σύνολο για το οποίο μιλάμε (έστω  $A$ ). Οπότε το συμπλήρωμα του συνόλου  $A$  αναπαριστά όλα εκείνα τα μέρη τα οποία ανήκουν στο πεδίο ορισμού και δεν ανήκουν στο σύνολο  $A$ .
  - $\{x/x \in A, x \in X\}$



- **Διαφορά** : Αναπαριστά το σύνολο των στοιχείων του πεδίου ορισμού των συνόλων οπου τα μέρη ανήκουν μόνο στο σύνολο A και όχι B.  
 ➤  $A \setminus B = \{x/x \text{ και } x \notin B\}$



Εικόνα 40: Τελεστές κλασσικών συνόλων

### Ιδιότητες Κλασσικών Συνόλων

#### Νόμος της αυτοπάθειας

$$A=A$$

#### Νόμοι De Morgan

$$(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$$

$$(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$$

#### Νόμοι αντιμετάθεσης

$$A \cup B = B \cup A$$

$$A \cap B = B \cap A$$

#### Προσεταιριστικοί νόμοι

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$$

### Επιμεριστικοί νόμοι

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$$

### Νόμοι του ταυτοδύναμου

$$A \cup A = A. \quad A \cap A = A$$

### Νόμοι του συμπληρώματος

$$A \cup A^c = U. \quad A \cap A^c = \emptyset$$

### Νόμοι της επικράτησης

$$A \cup U = U. \quad A \cap \emptyset = \emptyset$$

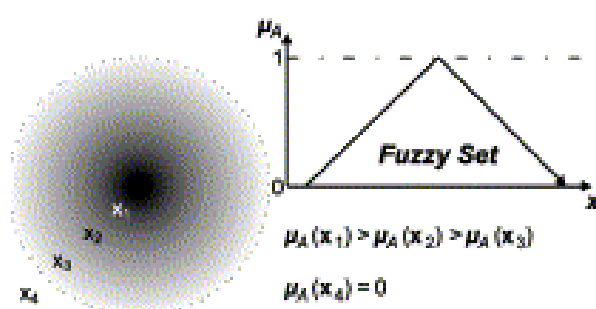
### Νόμοι της Απορρόφησης

$$A \cup (A \cap B) = A$$

$$A \cap (A \cup B) = A$$

## Ασαφή Σύνολα

Ο ορισμός σύμφωνα με τον Zadeh για την ασαφή λογική είναι βασισμένη στη θεωρία των ασαφών συνόλων όπου αυτά με τη σειρά τους είναι μια πιο γενική μορφή της κλασικής θεωρίας συνόλων. Το βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι η μετάβαση του από την κατάσταση συμμετοχής έως την κατάσταση μη συμμετοχής μπορεί να γίνει βαθμιαία. Αυτό συνεπάγεται ότι ο βαθμός συμμετοχής ενός αντικειμένου στην ασαφή λογική ο οποίος ανήκει στο διάστημα  $[0,1]$  μπορεί να είναι και δεκαδικός, όπως 0.6 . Δίνεται έτσι η δυνατότητα απάντησης μιας ερώτησης με περισσότερη ευελιξία.



Εικόνα 41: Γραφική αναπαράσταση ενός ασαφούς συνόλου

## Πράξεις Ασαφών Συνόλων

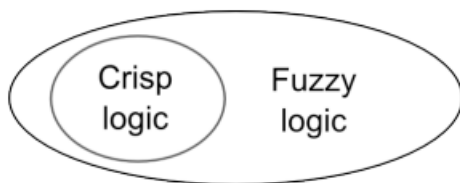
Έστω ότι έχουμε τρία σύνολα A,B,C με πεδίο ορισμού το X. Έτσι έχουμε :

- Ένωση :  $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$

- **Τομή :**  $\mu_{\underline{A} \cap \underline{B}}(x) = \mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{B}}(x)$
- **Συμπλήρωμα :**  $\mu_{\underline{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\underline{A}}(x)$

### Ιδιότητες ασαφών συνόλων

Σύμφωνα με όσα προείπαμε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα κλασικά σύνολα αποτελούν ένα υποσύνολο των ασαφών συνόλων. Έτσι οι ιδιότητες τους είναι ίδιες με αυτές των διακριτών συνόλων με την διαφορά ότι ο νόμος της αντίθεσης και του συμπληρώματος δεν ισχύουν.

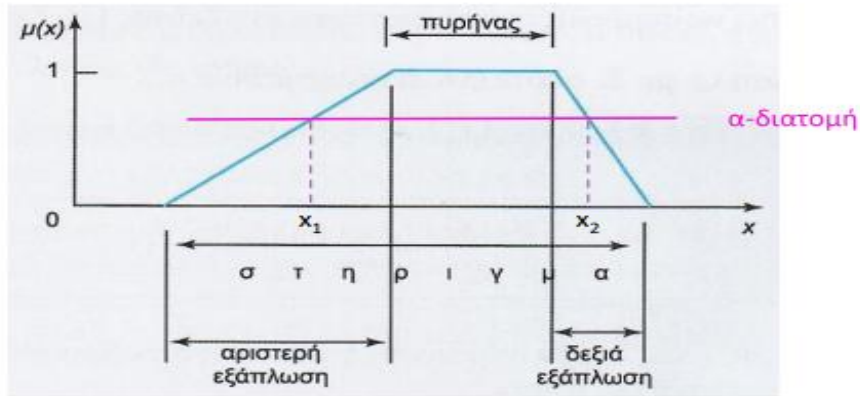


Εικόνα 42: Η κλασική θεωρία συνόλων είναι ένα υποσύνολο της θεωρίας των ασαφών συνόλων.

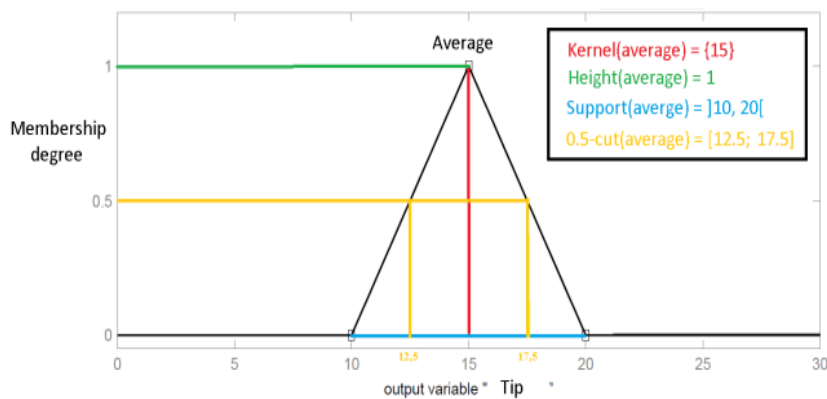
### Χαρακτηριστικά συνάρτησης βαθμού μέλους

Για την απόδοση των πληροφοριών που υπάρχουν σε ένα ασαφές σύνολο χρησιμοποιούμε την συνάρτηση βαθμού μέλους όπου παρέχονται δεδομένα όπως :

1. Ο πυρήνας (core kernel) που αποτελείται από τα στοιχεία για  $\alpha=1$ , το σύνολο  $A^1 = \{x \in X \mid A(x) = 1\}$ .
2. Φορέας ή Στήριγμα (support) αποτελείται από τις περιοχές όπου η συνάρτηση βαθμού μέλους είναι μη μηδενική.  $\mu_{\underline{A}}(x) \neq 0$  ή  $supp(A) = \{x \in X \mid x > 0\}$ .
3. Εξάπλωση (δεξιά ή αριστερή) ή Σύνορο αποτελείται από τις περιοχές όπου η συνάρτηση βαθμού μέλους θεωρείται μη μηδενική αλλά ούτε πλήρης.  $0 < \mu_{\underline{A}}(x) < 1$
4. Ύψος (height) αποτελεί το άνω όριο του πεδίου τιμών  $X$  ενός ασαφούς συνόλου  $A$ .  $hgt A = \sup_{x \in X} A(x)$   $A^\alpha = \{x \in X \mid x \geq \alpha\}$  με  $\alpha \in [0, 1]$
5.  $A -$  διατομή αποτελεί το κλασικό υποσύνολο όπου να στοιχεία έχουν το μεγαλύτερο βαθμό μέλους ή είναι ίσα με  $\alpha$ .  $A^\alpha = \{x \in X \mid x \geq \alpha\}$  με  $\alpha \in [0, 1]$

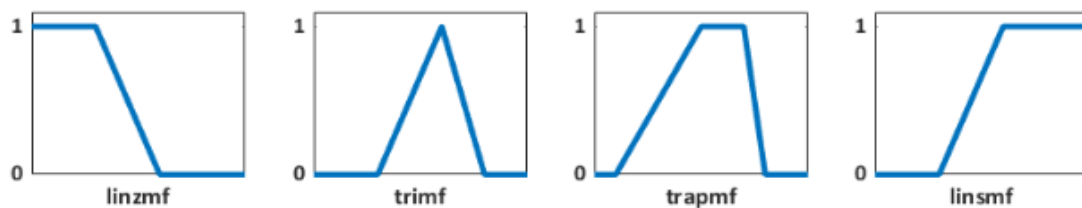


Εικόνα 43: Βασικά χαρακτηριστικά ασαφών συνόλων

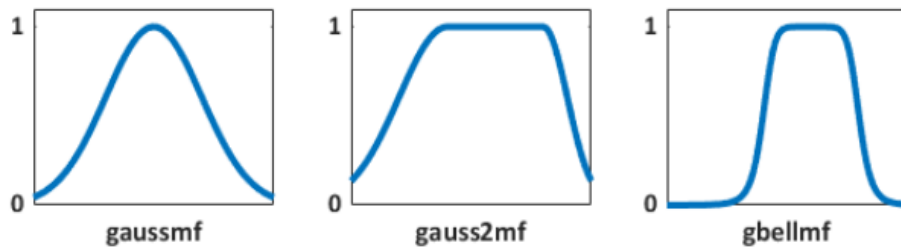


Εικόνα 44: Μια συνάρτηση μέλους με εμφανιζόμενες ιδιότητες

### Μορφές Ασαφών Συναρτήσεων Συμμετοχής (Fuzzy Logic Toolbox-MATLAB)

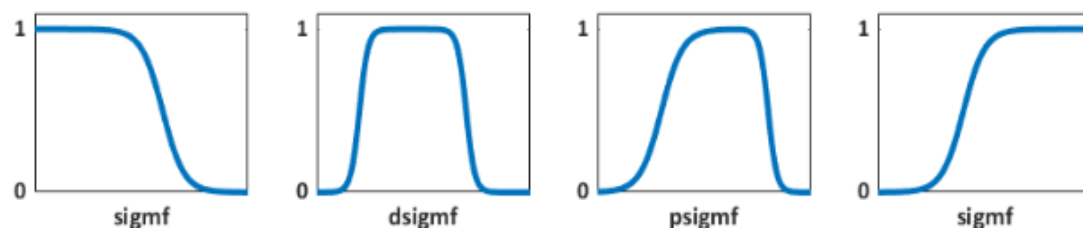


- trimf— Τριγωνική συνάρτηση μέλους
- trapmf— Τραπεζοειδής συνάρτηση μέλους
- linzmf— Γραμμική συνάρτηση μέλους σχήματος z ανοιχτή προς τα αριστερά
- linsmf— Γραμμική συνάρτηση μέλους σχήματος s ανοιχτή προς τα δεξιά



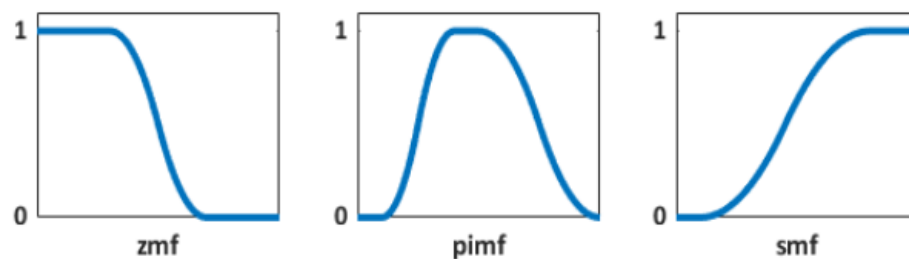
Εικόνα 44a :

- Gaussmf: καμπύλη Gauss
- Gauss2mf: αμφίπλευρη καμπύλη Gauss2
- Gbellmf: Καμπανοειδής συνάρτηση



Εικόνα 44b :

- Sigmf: Σιγμοειδής συνάρτηση μέλους που είναι ανοιχτή είτε προς τα αριστερά είτε προς τα δεξιά
- Dsigmf: Διπλή σιγμοειδής ( διαφορά δυο σιγμοειδών )
- Psigmf: Σχήματος Π (γινόμενο δυο σιγμοειδών)



Εικόνα 44c :

- zmf— Λειτουργία συνδρομής σε σχήμα Z ανοιχτή προς τα αριστερά
- smf— Λειτουργία μέλους σε σχήμα S ανοιχτή προς τα δεξιά
- pimf— Συνάρτηση ιδιότητας μέλους σε σχήμα Pi, η οποία είναι το γινόμενο μιας συνάρτησης ιδιότητας μέλους σε σχήμα s και σχήματος z

### Γλωσσολογικές μεταβλητές & ασαφείς τελεστές

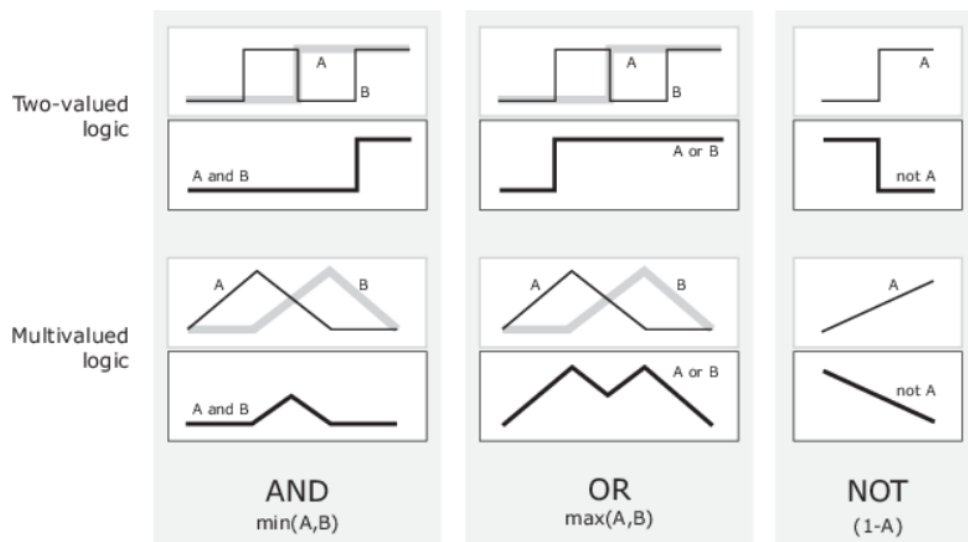
Όταν αναφερόμαστε στις γλωσσολογικές μεταβλητές εννοούμε τις μεταβλητές οι οποίες αποτελούνται από λέξεις ή προτάσεις σε φυσική ή τεχνητή γλώσσα. Για

παράδειγμα η ηλικία είναι μια γλωσσολογική μεταβλητή όπου μπορεί να εκτιμηθεί σαν: νέος, όχι νέος, αρκετά νέος, γέρος, όχι πολύ γέρος, όχι πολύ νέος κ.α. Αποτελεί μέσο για τον κατά προσέγγιση χαρακτηρισμό ενός φαινομένου που είναι είτε περίπλοκα είτε κακώς ορισμένα ώστε να μπορεί να περιγραφεί με συμβατικούς ποσοτικούς ορούς. Συγκεκριμένα οι μεταβλητές με τις αξίες αυτές μας οδηγούν στην ασαφή λογική. Ο βαθμός συμμετοχής συνδυάζεται με την ασαφή λογική μέσω των γλωσσολογικών μεταβλητών. Στην ουσία ο βαθμός συμμετοχής είναι αυτός που μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε τα ασαφή σύνολα χρησιμοποιώντας το γραπτό λόγο. Άλλωστε ο στόχος είναι η υπεραπλούστευση και όχι ο ακριβής ορισμός, κάτι το οποίο γίνεται και στον πραγματικό κόσμο. Με γνώμονα τα όσα προαναφέρθηκαν η διαδικασία εφαρμογής των κανόνων γίνεται πιο απλή και ανεμπόδιστη.

Για να περατωθεί αυτή η διαδικασία πρέπει να οριστούν εκ νέου οι γλωσσολογικές μεταβλητές – τελεστές ώστε να συμφωνούν με τις συναρτήσεις συμμετοχής που κυμαίνονται από [0,1]. Σε αντίθεση με τις ιδιότητες των τελεστών των βασικών συνόλων που χαρακτηρίζονται από σταθερότητα και μπορούν να πάρουν είτε την τιμή μηδέν είτε την τιμή ένα, στα ασαφή σύνολα προσδιορίζεται ο βαθμός συμμετοχής τους. Για αυτό και για ευκολία οι τελεστές των κλασικών συνόλων πρέπει να προσδιορίζονται εκ νέου ώστε να εμφανίζονται με τις ειδικές συναρτήσεις συμμετοχής της ασαφούς λογικής.

Υπάρχουν 3 ειδών τελεστές ασαφών συνόλων :

- Συμπληρωματικός (NOT)
- Τομή (AND) [minimum,probor]
- Ένωση (OR) [maximum, probor(a,b)=a+b-ab]



Εικόνα 45: Ασαφείς τελεστές

Τα γραφήματα τα οποία απεικονίζονται παραπάνω αποτελούν απόρροια από Λογικούς Τελεστές.

A	B	A and B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**AND**

A	B	A or B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

**OR**

A	not A
0	1
1	0

**NOT**

A	B	min(A,B)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**AND**

A	B	max(A,B)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

**OR**

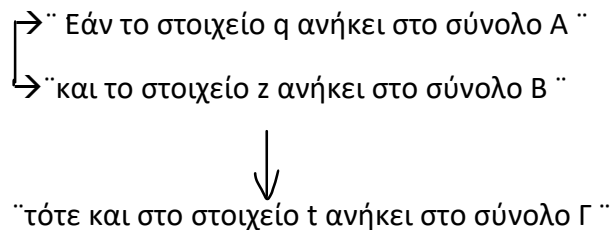
A	1 - A
0	1
1	0

**NOT**

Εικόνα 46: Άλγεβρα Boole, πράξεις και πύλες

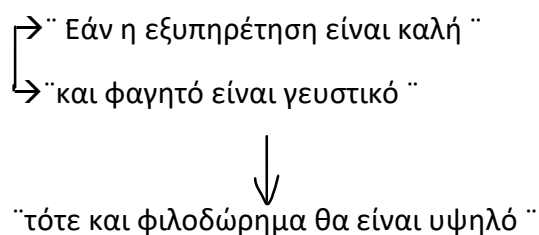
### Αιτιότητα στην ασαφή λογική

Στην ασαφή λογική, συναντάται η έννοια της ασαφούς αιτιότητας (fuzzy reasoning) ή κατά προσέγγιση αιτιότητας (approximate reasoning), η οποία στηρίζεται στους κανόνες ασάφειας κάθε συστήματος που αποτυπώνονται με φυσική γλώσσα. Οι κανόνες ασάφειας έχουν συνήθως την μορφή παραδοχής δηλαδή :



( με  $A, B, \Gamma$  να είναι ασαφή σύνολα )

Για παράδειγμα, αν ανασύρουμε το πρόβλημα του φιλοδωρήματος που έχει προαναφερθεί :



Η μεταβλητή "φιλοδώρημα" η οποία είναι έξοδος στο σύστημα αυτό αποτελεί μέρος του ασαφές συνόλου "υψηλό", όπως επίσης και ο βαθμός συμμετοχής του "φαγητού" που έχουμε θέσει μεταβλητή είσοδο αποτελεί μέρος του ασαφές συνόλου "γευστικό". Επομένως ο βαθμός συμμετοχής της εξόδου είναι ανάλογος των κανόνων που υπάρχουν στις εισόδους του συστήματος.

Στην ουσία όσους περισσότερους κανόνες θέτουμε τόσες περισσότερες συνθήκες θα εξεταστούν και η εξαγωγή του συμπεράσματος (έξοδος) θα είναι πιο καλή και ακριβής. Αυτό το βήμα που οδηγεί το σύστημα σε ένα συμπέρασμα, ονομάζεται *αποσαφοποίηση* (defuzzification) με επικρατέστερους τρόπους τον Mamdani και Takagi-Sugeno οι οποίοι παρουσιάστηκαν το 1985.

## Αποσαφοποίηση

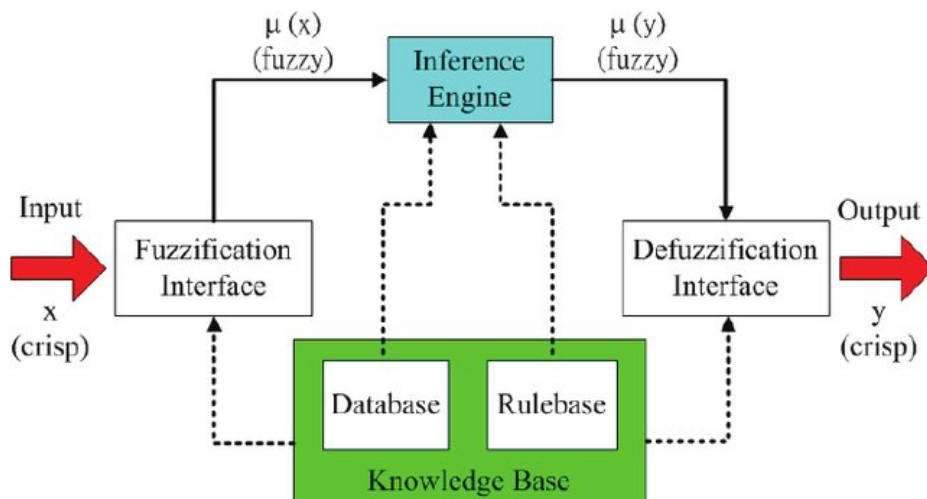
Η διαδικασία της αποσαφοποίησης αποτελεί την επεξεργασία και επιλογή των πιο ευκρινών ασαφών τιμών μετατρέποντας τις σε διακριτές με την βοήθεια αλγορίθμου λήψης αποφάσεων.

Ανάμεσα σε αρκετές μεθόδους αποσαφοποίησης διακρίνουμε τις πιο γνωστές οι οποίες είναι :

- ❖ Κέντρο Περιοχής (center of area- CoA)
- ❖ Κέντρο Βάρους (center of gravity- CoG)
- ❖ Μέθοδος πρώτων μέγιστων τιμών (First of maxima - FoM)
- ❖ Μέθοδος μέσης τιμής μέγιστων τιμών (Mean of Maxima- MoM)

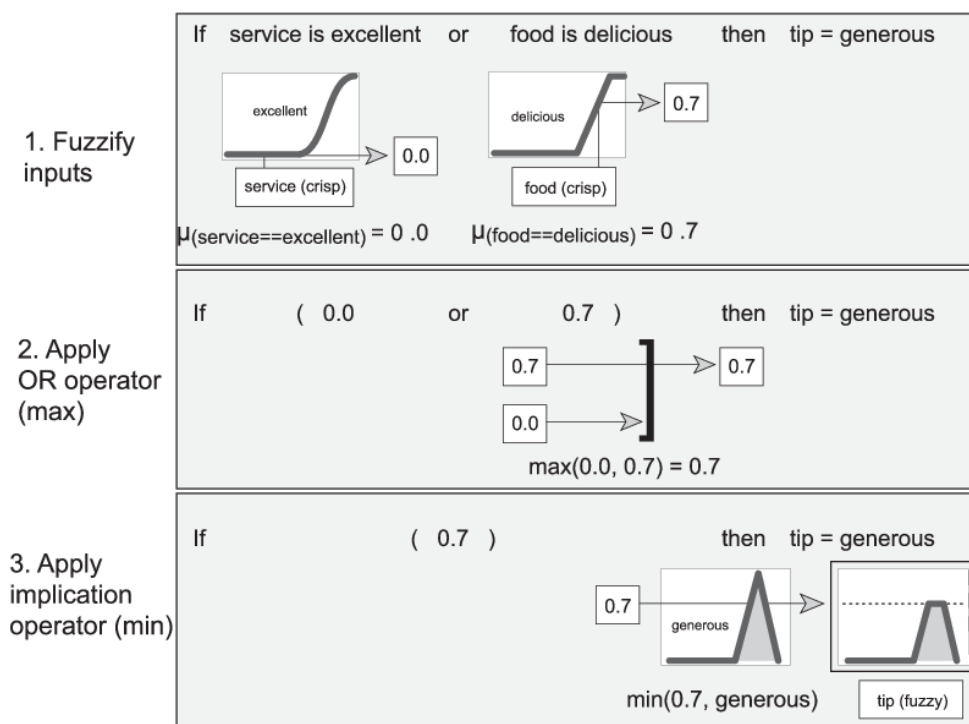
Η μέθοδος συμπερασμού Mamdani υπήρξε από τις πρώτες διαδικασίες συμπερασμού βασιζόμενη στην Ασαφή Λογική. Η μέθοδος αυτή είναι βασισμένη στην έρευνα του Zadeh και η πιο εύχρηστη καθώς μπορεί να μετατρέπει σε φυσική γλώσσα το αποτέλεσμα της αποσαφοποίησης. Η μέθοδος Sugeno είναι υπολογιστικά πιο αποδοτική καθώς λειτουργεί καλύτερα με τεχνικές βελτιστοποίησης και για αυτό είναι πιο χρήσιμος σε προβλήματα ελέγχου (δυναμικά μη γραμμικά συστήματα). Ωστόσο η κυρία διαφορά του είναι ότι το αποτέλεσμα αποσαφοποίησης αντιστοιχεί σε διακριτές τιμές - διακριτή έξοδος, ενώ με την μέθοδο Mamdani το αποτέλεσμα αντιστοιχεί στον υπολογισμό της βαρύκεντρης μέσης τιμής.



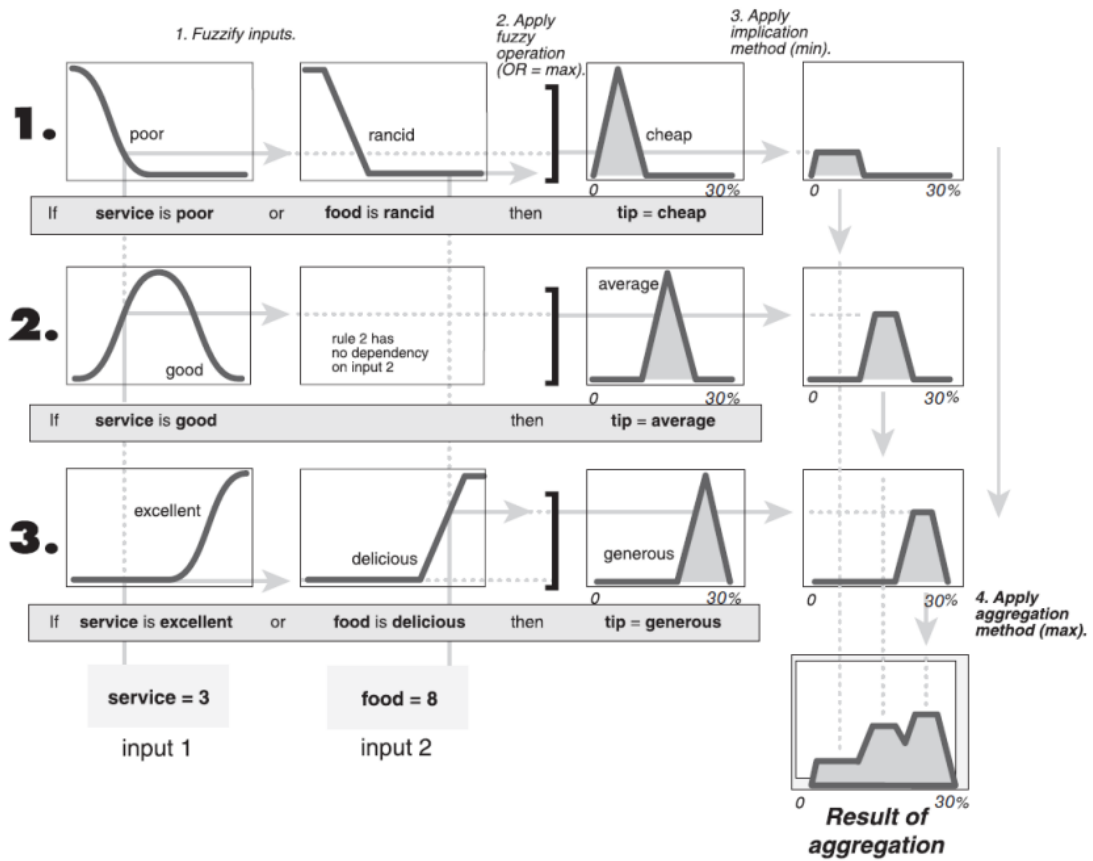


Εικόνα 47: Διαδικασία αποσαφοποίησης για την θέση ενός ασαφούς προβλήματος

Επομένως εάν ανατρέξουμε στο παράδειγμα του φιλοδώρηματος το οποίο αποτελείται από τρεις μεταβλητές (δυσ εισοδοι μια έξοδος) την εξυπηρέτηση (κακή, μέτρια, τελειά ), την ποιότητα του φαγητού ( κακό, γευστικό ) και το φιλοδώρημα ( χαμηλό, μέτριο, υψηλό ) και συνδυάσουμε όσα έχουμε αναφέρει σε αυτό το κεφάλαιο τότε :



Εικόνα 48: Παράδειγμα κανόνα ασάφειας και αποσαφοποίηση με την μέθοδο (CoG)



Εικόνα 49 : Παράδειγμα Συνάθροισης όλων κανόνων ασάφειας του Πίνακα ΤΑΔΕ

## **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Δεδομένα για το σύστημα λήψεις απόφασης για την εκτίμηση του κινδύνου στην θάλασσα ( MA.Ris.A )**

### **Εισαγωγή**

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο με την αξιοποίηση της Ασαφής Λογικής μπορεί να οριστεί μια κατάσταση δίνοντας μια ευελιξία στις μεταβλητές οποιασδήποτε μελέτης. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια παρουσίαση με ασαφή προσέγγιση του συστήματος λήψης αποφάσεων για την αξιολόγηση του θαλάσσιου κινδύνου. Όπως θα δούμε στην αρχιτεκτονική του συστήματος χρησιμοποιείται μια ιεραρχική δομή ασαφούς λογικής ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε τον ασαφή παράγοντα κινδύνου για το περιβάλλον, που αποτελείται από τον στατικό παράγοντα κινδύνου, τον δυναμικό παράγοντα κινδύνου συνυπολογίζοντας την εξέλιξη της ταχύτητας του πλοίου και τη θέση του σεβόμενη τις θαλάσσιες λωρίδες.

Για την βελτίωση της ασφάλειας στην θάλασσα είναι αναγκαίο να εφαρμοστούν προληπτικές μέθοδοι βασισμένες στην εκτίμηση του κινδύνου. Συνήθως με τη μέθοδο της επίσημης αξιολόγησης ασφάλειας (FSA) μπορούμε να αναγνωρίσουμε τον κίνδυνο, να υπολογίσουμε το επίπεδο του και αξιολογήσουμε το όφελος που μας προσφέρει αυτή η διαδικασία διαχείρισης.

Η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος εξαρτάται από 4 βασικά στοιχεία :

- 1) το ίδιο το πλοίο
- 2) το προσοντούχο πλήρωμα
- 3) το γενικότερο περιβάλλον (θαλάσσια κυκλοφορία, φυσικά ή τεχνητά εμπόδια)
- 4) τις καιρικές συνθήκες

### **Διεθνείς οργανισμοί και παροχή δεδομένων**

Αρκετές βάσεις δεδομένων παρέχουν πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με το πλοίο. Οργανισμοί όπως ο Βρετανικός νηογνώμονας Lloyds (LRF), ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Πληροφοριών για την ποιότητα στην ναυτιλία (EQUASIS) και το Μνημόνιο Συνεννόησης του Παρισιού (Paris MOU) παρέχουν δεδομένα που σχετίζονται με :

- α) την προϊστορία εμπλοκής του πλοίου σε ατύχημα
- β) την προϊστορία επιθεωρήσεων και κατάστασης του
- γ) τον στόλο στον οποίο ανήκει

Ο Βρετανικός νηογνώμονας παρέχει πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του πλοίου όπως :

- Ο τύπος
- Το μήκος
- Το έτος και τη χώρα κατασκευής
- Τον ιδιοκτήτη του
- Τη νηολόγηση
- Τον αριθμό των εταιρειών που έχει δουλέψει το πλοίο
- Τις ημέρες κράτησης του πλοίου μετά από επιθεώρηση

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) κάθε χρόνο συντάσσει μια λίστα με όλα τα ατυχήματα τα οποία σχετίζονται με πλοία άνω των 100 κόρων (gross tonnage). Αυτό εγκαθιδρύθηκε καθώς όλες οι χώρες δηλώνουν ατυχήματα τα οποία έχουν λάβει χώρα στα εγχώρια ύδατα τους ή εμπλέκεται η σημαία τους.

Η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Πληροφοριών για την ποιότητα στη ναυτιλία (EQUASIS) παρέχει πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με τον παγκόσμιο στόλο. Αυτή η βάση δεδομένων δίνει τη δυνατότητα καταπολέμησης της χρήσης πλοίων τα οποία δεν σέβονται τον εκάστοτε νόμο συμβάλλοντας στη βελτίωση της ναυτιλίας. Οι πληροφορίες βασίζονται από επιθεωρήσεις οι οποίες γίνονται στα λιμάνια κυρίως από το οργανισμό Port State Control (PSC).

Ο οργανισμός Μνημονίου Συνεννόησης του Παρισίου (Paris MOU), έχει καθορισμένες διαδικασίες για τον έλεγχο πλοίων και σημαιών. Αυτές οι διαδικασίες δίνουν την δυνατότητα καθορισμού δυο παραγόντων όπως την καταγραφή πλοίων που δεν έχουν πραγματοποιήσει τις απαραίτητες ενέργειες (είτε αυτό αποτελεί δικαιολογητικά, είτε έχουν παραβεί κανόνες, είτε αφορά τα αγαθά μεταφοράς) και ο δεύτερος αφορά την κατάταξη των πλοίων με βάση την σημαία επικινδυνότητας. Το αποτέλεσμα είναι η έκδοση μιας λίστας όπου μέσω διαφόρων διαδικασιών (που αφορούν τον πρώτο παράγοντα) ο οργανισμός γνωστοποιεί εάν απαγορεύεται η διέλευση τους από λιμάνια τα οποία αποτελούν συμβαλλόμενα μέρη του οργανισμού. Όσον αφορά τον δεύτερο παράγοντα, μετά το πέρας των απαραίτητων διαδικασιών, τα πλοία κατατάσσονται σε λίστα φθίνουσας σειράς επικινδυνότητας:  
μαύρη | γκρι | λευκή.

Όσον αφορά το προσοντούχο πλήρωμα τα κριτήρια τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Η εθνικότητα
- Η αξιοπιστία και το όνομα του γραφείου απασχόλησης
- Τα χρόνια απασχόλησής του και η εμπειρία
- Η καλή χρήση της αγγλικής γλώσσας

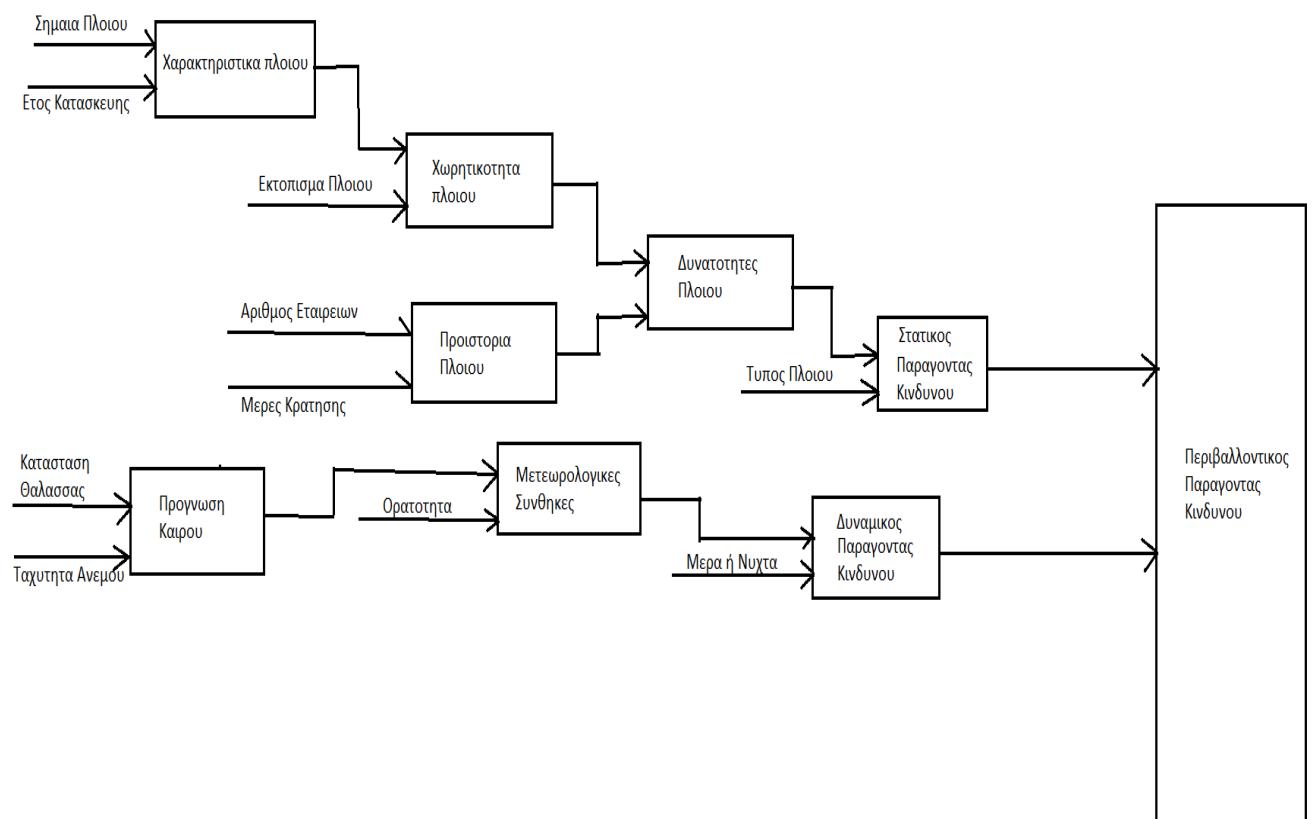
Στο γενικότερο περιβάλλον η γνωστοποίηση των εμποδίων -φυσικών ή τεχνητών- είναι κάτι το οποίο δεν θα μας απασχολήσει τόσο όσο οι θαλάσσιες λωρίδες για τις οποίες δεδομένα αποκτώνται από δορυφόρους και τα εκάστοτε τεχνικά μέσα που έχει κάθε πλοίο ώστε να εκπέμπει κάθε ώρα και στιγμή πληροφορίες προς αυτούς αλλά και προς άλλα πλοία.

Τέλος, τα δεδομένα για τις καιρικές συνθήκες οι οποίες δίνονται στην δημοσιότητα κάθε μέρα από την μετεωρολογική υπηρεσία.

### Αρχιτεκτονική του Συστήματος (MA.RIs.A)

Για να μπορέσουμε να αναλύσουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος λήψης αποφάσεων για την εκτίμηση του κινδύνου στην θάλασσα (MA.RIs.A) θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν τους εξής παράγοντες:

- A. Τους στατικούς παράγοντες κινδύνου (Static Risk Factor)
- B. Τους δυναμικούς παράγοντες κινδύνου (Dynamic Risk Factor)



Εικόνα 50: Αρχιτεκτονική Συστήματος Λήψης Αποφάσεων

Οι βασικοί Στατική παράγοντες κινδύνου (SRF) οι οποίοι αφορούν το πλοίο είναι η εξής :

Έτος Κατασκευής	Χαρακτηριστικά του πλοίου
Σημαία πλοίου	
Εκτόπισμα του πλοίου σε κόρους	Χωρητικότητα του πλοίου
Αριθμός των εταιρειών που έχει δουλέψει το πλοίο	Προϊστορία του πλοίου
Ημέρες κράτησης του πλοίου μετά από επιθεώρηση	

Πίνακας 7: Είσοδοι – έξοδοι του συστήματος Στατικού Παράγοντα Κινδύνου

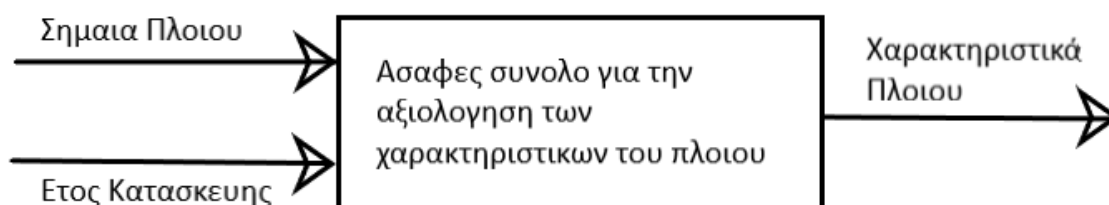
### Αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του πλοίου

Τα χαρακτηριστικά του πλοίου όπως βλέπουμε και από τον πίνακα παραπάνω αποτελούνται από την σημαία του πλοίου και το έτος κατασκευής του. Η σημαία του πλοίου καταχωρείται ως πρώτη είσοδος και για αυτήν αντλούμε πληροφορίες από τον οργανισμό Paris MOU όπου ο βαθμός συμμετοχής του κυμαίνεται από 0 ως 13. Έτσι, η συνάρτηση συμμετοχής αποτελείται από τέσσερα στοιχεία: χαμηλού κινδύνου, μεσαίου κινδύνου, υψηλού κινδύνου, πολύ υψηλού κινδύνου.

Στην δεύτερη είσοδο καταχωρούμε την χρονολογία κατασκευής, δεδομένου ότι παλιό πλοίο θεωρείται αυτό το οποίο έχει κατασκευαστεί πριν την δεκαετία του '90. Η συνάρτηση συμμετοχής του αποτελείται από δυο μεταβλητές: παλιό | νέο.

Σε δεύτερο στάδιο περνάμε στην ασαφοποίηση του συστήματος μέσα από ένα σύνολο κανόνων τα οποία συνδέουν προϋποθέσεις και συμπεράσματα (Εάν .... Τότε ...).

Το αποτέλεσμα όσων προ είπαμε είναι η έξοδος του ασαφούς συστήματος (Χαρακτηριστικά Πλοίου) που λαμβάνουμε και αποτελείται από τρία μονοσύνολα (singletons): μικρό, μεσαίο, μεγάλο.



Εικόνα 51: Ασαφής ορισμός χαρακτηριστικών πλοίου

Για παράδειγμα εάν μια σημαία αποτελεί υψηλό κίνδυνο και το έτος κατασκευής του πλοίου θεωρείται παλιό τότε ο παράγοντας «χαρακτηριστικά του πλοίου» είναι υψηλός.

Στο τελευταίο στάδιο συναντάμε την αποσαφοποίηση όπου οι γλωσσικές μεταβλητές μεταφράζονται σε αριθμητικές. Για όλα τα ασαφή σύνολα, γίνεται χρήση του κέντρου βάρους (center of gravity - CoG) και της μεθόδου μεγίστου – ελαχίστου του Mandani.

Πίνακας 8 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τα Χαρακτηριστικά Πλοίου

Σημαία Πλοίου	Έτος Κατασκευής	Χαρακτηρίστηκα Πλοίου
Χαμηλός κίνδυνος	Παλιό	Μεσαίο
Χαμηλός κίνδυνος	Σύγχρονο	Μικρό
Μεσαίος κίνδυνος	Παλιό	Μεσαίο
Μεσαίος κίνδυνος	Σύγχρονο	Μεσαίο
Υψηλός κίνδυνος	Παλιό	Υψηλό
Υψηλός κίνδυνος	Σύγχρονο	Μεσαίο
Πολύ Υψηλός κίνδυνος	Παλιό	Υψηλό
Πολύ Υψηλός κίνδυνος	Σύγχρονο	Υψηλό

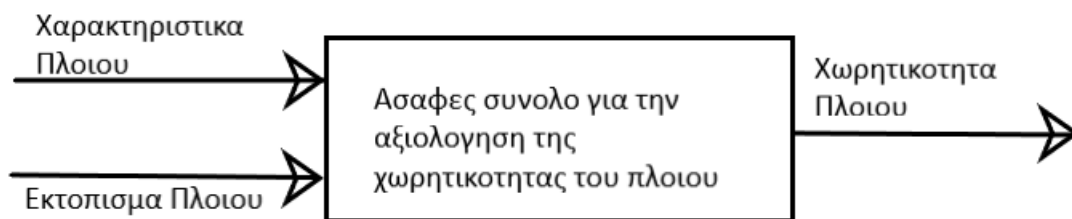
## Αξιολόγηση της χωρητικότητας του πλοίου

Το εκτόπισμα του πλοίου αποτελεί μια παράμετρο σε στατικές μελέτες και κύριος λόγος για πολλά ατυχήματα τα οποία έχουν προξενηθεί λόγω παράβλεψης της (π.χ υπερφόρτωση). Για την εκτίμηση της χωρητικότητας του πλοίου χρησιμοποιούμε πληροφορίες πρώτα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου και μετά από το πραγματικό εκτόπισμα του πλοίου. Στην ουσία οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από το σύστημα (σημαία πλοίου, έτος κατασκευής) ως έξοδο τις επαναχρησιμοποιούμε σαν είσοδο σε νέο σύστημα με νέες εισόδους ώστε να φτάσουμε σε μια άλλη ασαφή έξοδο.

Όπως και πριν, στο πρώτο στάδιο ορίζουμε τις εισόδους του συστήματος. Πρώτη είσοδος του συστήματος είναι τα χαρακτηριστικά του πλοίου με 3 στοιχεία στην συνάρτηση συμμετοχής του: μικρό , μεσαίο , μεγάλο κίνδυνο.

Δεύτερη είσοδος είναι το εκτόπισμα του πλοίου το οποίο ορίζεται από πέντε στοιχεία στην συνάρτηση συμμετοχής του: μικρής, μεσαίας, μεσαίας προς μεγάλης, μεγάλης, πολύ μεγάλης χωρητικότητας.

Η έξοδος του συστήματος χωρητικότητας πλοίου χωρίζεται από τρία στοιχεία στην συνάρτηση συμμετοχής του: μικρού , μεσαίου, μεγάλου κινδύνου.



Εικόνα 52: Ασαφής ορισμός χωρητικότητας πλοίου

Πίνακας 9 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τη Χωρητικότητα Πλοίου

Χαρακτηριστικά πλοίου	Εκτόπισμα πλοίου	Χωρητικότητα πλοίου
Μικρό	Μικρό	Μικρό
Μικρό	Μεσαίο	Μεσαίο
Μικρό	Μεσαίο προς μεγάλο	Μεσαίο
Μικρό	Μεγάλο	Μικρό
Μικρό	Πολύ μεγάλο	Μικρό
Μεσαίο	Μικρό	Μεσαίο
Μεσαίο	Μεσαίο	Υψηλό
Μεσαίο	Μεσαίο προς μεγάλο	Υψηλό
Μεσαίο	Μεγάλο	Μεσαίο
Μεσαίο	Πολύ μεγάλο	Μεσαίο
Υψηλό	Μικρό	Υψηλό
Υψηλό	Μεσαίο	Υψηλό
Υψηλό	Μεσαίο προς μεγάλο	Υψηλό
Υψηλό	Μεγάλο	Υψηλό
Υψηλό	Πολύ μεγάλο	Υψηλό

## Αξιολόγηση προϊστορίας του πλοίου

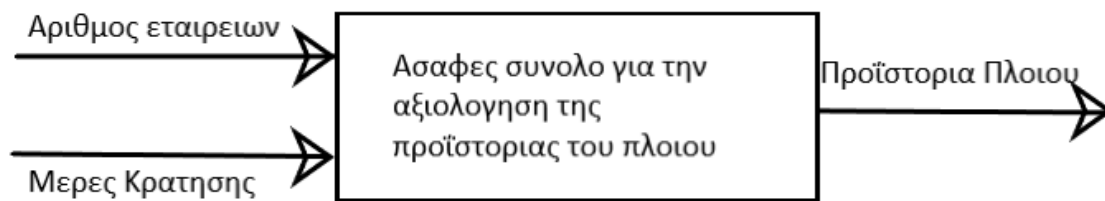
Ένας ακόμα συντελεστής ο οποίος συνδέεται με τον στατικό παράγοντα κινδύνου είναι η προϊστορία του πλοίου. Πράγματι καθώς είναι αρκετά σημαντικό να γνωρίζουμε τον Αριθμό των εταιρειών στις οποίες έχει απασχοληθεί το πλοίο και τις μέρες κράτησης του πλοίου λόγω κάποιων ατασθαλιών –παραβιάσεων που έχει διαπράξει. Αυτοί αποτελούν και τις δυο παραμέτρους του συστήματος μας.

Ο αριθμός των εταιρειών είναι η πρώτη είσοδος που με συνάρτηση συμμετοχής απαρτίζεται από: λίγος, κανονικός, μεγάλος αριθμός εταιρειών.

Οι μέρες κράτησης του πλοίου (οι οποίες αποδίδονται έπειτα από ενδεχόμενη επιθεώρηση) ως δεύτερη είσοδος αποτελείται από τρεις συναρτήσεις συμμετοχής : μηδενικές, ελάχιστες, πολλές μέρες κράτησης.

Η έξοδος του συστήματος που είναι η προϊστορία του πλοίου αναλύεται σε: μικρού, μεσαίου, μεγάλου κίνδυνου.





Εικόνα 53: Ασαφής ορισμός Προΐστορίας Πλοίου

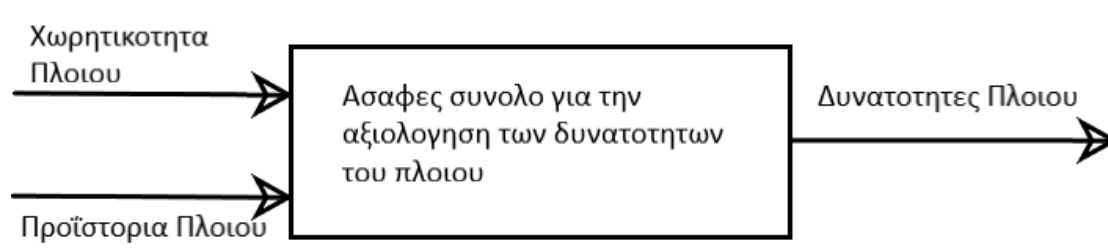
Πίνακας 10 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τα Προΐστορίας Πλοίου

Αριθμός εταιρειών	Μέρες κράτησης	Προΐστορία Πλοίου
Λίγος	Μηδενικές	Μικρού
Λίγος	Ελάχιστες	Μεσαίου
Λίγος	Πολλές	Μεσαίου
Κανονικός	Μηδενικές	Μικρού
Κανονικός	Ελάχιστες	Μεσαίου
Κανονικός	Πολλές	Μεγάλου
Μεγάλος	Μηδενικές	Μικρού
Μεγάλος	Ελάχιστες	Μεγάλου
Μεγάλος	Πολλές	Μεγάλου

### Αξιολόγηση Δυνατοτήτων του πλοίου

Η αξιολόγηση του ασαφούς συνόλου των δυνατοτήτων του πλοίου καθορίζεται με γνώμονα το ίδιο το πλοίο και την ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει ανάλογα με το είδος του.

Από προηγούμενα ασαφή σύνολα χρησιμοποιούμε και μετατρέπουμε τις εξόδους σε εισόδους οπότε στο συγκεκριμένο σύνολο για εισόδους έχουμε την προΐστορία του πλοίου και τη χωρητικότητα του πλοίου.



Εικόνα 54: Ασαφής ορισμός δυνατοτήτων πλοίου

Πίνακας 11 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τις Δυνατότητες Πλοίου

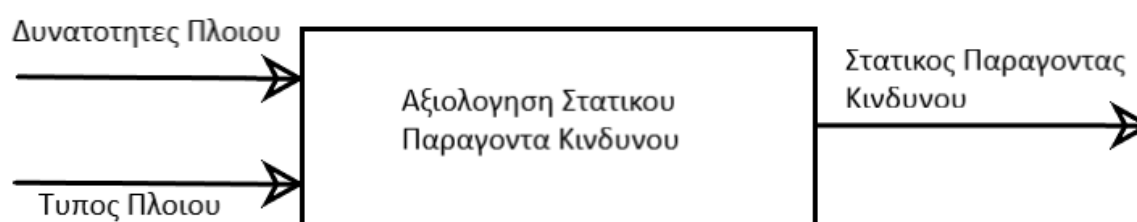
Χωρητικότητα Πλοίου	Προϊστορία Πλοίου	Δυνατότητα Πλοίου
Μικρό	Μικρό	Μικρός
Μικρό	Μεσαίο	Μικρός
Μικρό	Μεγάλο	Μικρός
Μεσαίο	Μικρό	Μεσαίος
Μεσαίο	Μεσαίο	Μεσαίος
Μεσαίο	Μεγάλο	Μεσαίος
Υψηλό	Μικρό	Μεγάλος
Υψηλό	Μεσαίο	Μεγάλος
Υψηλό	Μεγάλο	Μεγάλος

### Αξιολόγηση Στατικού παράγοντα Κινδύνου

Η αξιολόγηση του ασαφούς συνόλου του στατικού παράγοντα κινδύνου καθορίζεται από τις δυνατότητες του πλοίου και σαν σύνολο αποτελείται από δυο εισόδους όπως φαίνεται και στην αρχιτεκτονική του συστήματος (εικόνα 50), τις δυνατότητες του πλοίου και τον τύπο του πλοίου. Ο τύπος του πλοίου αποτελεί την δεύτερη είσοδο και προσδιορίζει πόσα βαρέλια μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο (tanker) έχοντας 3 βαθμούς συμμετοχής : μικρή, μεσαία, μεγάλη δυνατότητα μεταφοράς βαρελιών πετρελαίου.

**Δυνατότητες Πλοίου:** Την ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει ένα tanker οποιουδήποτε τύπου.

Για έξοδο έχουμε τον στατικό παράγοντα κινδύνου ο οποίος χαρακτηρίζεται από δυο βαθμούς συμμετοχής : μικρός , μεγάλος (παράγοντας κινδύνου).



Εικόνα 55: Αξιολόγηση στατικού παράγοντα κίνδυνου

Πίνακας 12 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τα Προϊστορίας Πλοίου

Δυνατότητες Πλοίου	Τύπος Πλοίου	Στατικός Παράγοντας Κ.
Μικρός	Μικρή	Μικρός
Μεσαίος	Μεσαία	Μεγάλος
Μεγάλος	Μεγάλη	Μεγάλος
Μικρός	Μεσαία	Μεγάλος

Μεσαίος	Μικρή	Μεγάλος
Μεγάλος	Μεγάλη	Μεγάλος
Μικρός	Μεγάλη	Μεγάλος
Μεσαίος	Μεγάλη	Μεγάλος
Μεγάλος	Μικρή	Μικρή

### Δυναμικός Παράγοντας Κινδύνου

Ο δυναμικός παράγοντας κινδύνου εξαρτάται από τις συνιστώσες των καιρικών συνθηκών και τη δεδομένη στιγμή της ημέρας. Η ταχύτητα του ανέμου, η κατάσταση της θάλασσας αλλά και η ορατότητα είναι προγνώσεις οι οποίες παρέχονται από την εθνική μετεωρολογική υπηρεσία. Για να ορίσουμε αυτούς τους παράγοντες, τους διαχωρίζουμε σε :

- Πρόγνωση καιρού
- Μετεωρολογικές συνθήκες

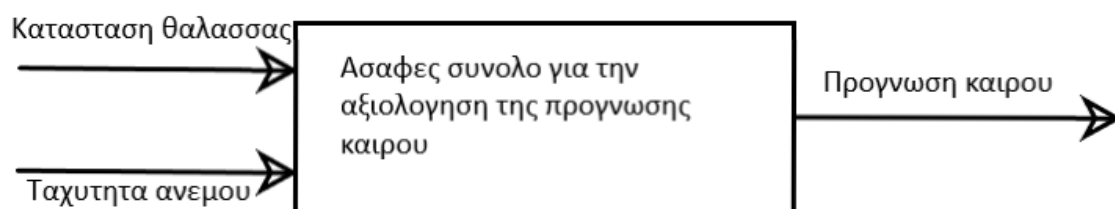
### Αξιολόγηση Πρόγνωσης Καιρού

Η αξιολόγηση της πρόγνωσης του καιρού βασίζεται στην κατάσταση της θάλασσας και στην ταχύτητα του ανέμου όπως προ είπαμε.

Για την ασαφοποίηση, την πρώτη είσοδο που είναι η Κατάσταση της θάλασσας έχουμε τρεις συναρτήσεις μέλους : ήρεμη, κυματώδης, άγρια και ορίζεται από κλίμακα μεταξύ 0 και 9 ( κλίμακα Douglas<sup>1</sup>).

Η ταχύτητα του ανέμου είναι η δεύτερη είσοδος του συστήματος και η συνάρτηση συμμετοχής της αποτελείται από τρία στοιχεία: άπνοια, αγεράκι, θύελλα. Η αριθμητική αποτίμηση που μπορεί να δοθεί είναι από 0 έως 12 και αναφερόμαστε στην κλίμακα Μποφόρ.

Η προκαθορισμένη έξοδος του συστήματος που λαμβάνουμε (Πρόγνωση Καιρού) ορίζεται από τρεις καταστάσεις : καλή , μέτρια, κακή.



Εικόνα 56: Ασαφής ορισμός πρόγνωσης καιρού

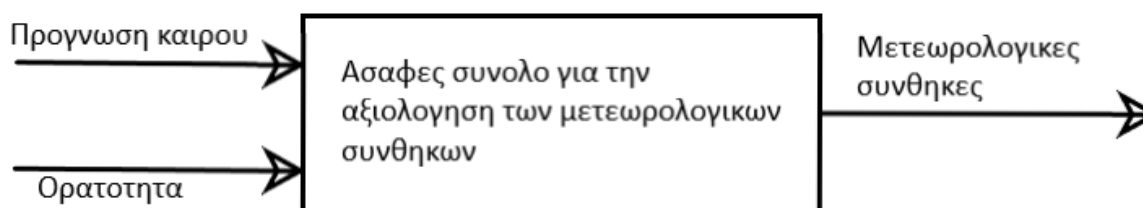
Πίνακας 13 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Πρόγνωσης Καιρού

Κατάσταση θάλασσας	Ταχύτητα ανέμου	Πρόγνωση καιρού
ήρεμη	Άπνοια	Καλή
Ήρεμη	Αγεράκι	Μέτρια
Ήρεμη	Θύελλα	Μέτρια
Κυματώδης	Άπνοια	Καλή
Κυματώδης	Αγεράκι	Μέτρια
Κυματώδης	Θύελλα	Κακή
Αγρία	Άπνοια	Μέτρια
Αγρία	Αγεράκι	Κακή
Αγρία	Θύελλα	Κακή

### Αξιολόγηση Μετεωρολογικών Συνθηκών

Για να μπορέσουμε να κάνουμε μια εκτίμηση στις μετεωρολογικές συνθήκες θα πρέπει την έξοδο που παίρνουμε από το προ υπάρχον σύστημα μας [ πρόγνωση καιρού = (κατάσταση θάλασσας, ταχύτητα ανέμου ) ] να τη μετατρέψουμε σε είσοδο. Επομένως γνωρίζουμε ότι στο νέο σύστημα η νέα είσοδο είναι η Πρόγνωση του Καιρού.

Η συνάρτηση συμμετοχής της δεύτερης εισόδου (Ορατότητα) απαρτίζεται από : ομίχλη, μηδαμινή , μέτρια , καλή.



Εικόνα 57: Ασαφής ορισμός μετεωρολογικών συνθηκών

Στον παρακάτω πίνακα υπάρχει η έξοδος και οι συναρτήσεις συμμετοχής του.

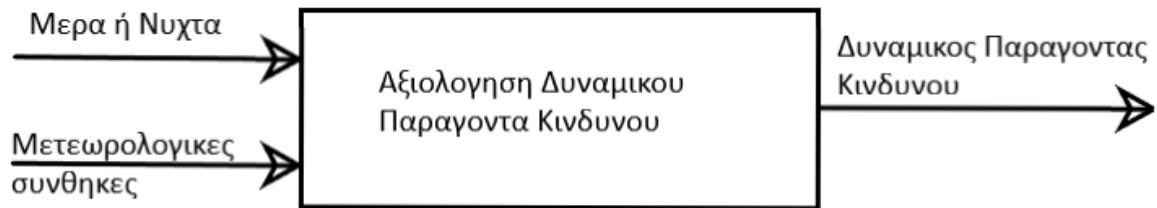
Πίνακας 14 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Μετεωρολογικών Συνθηκών

Πρόγνωση καιρού	Ορατότητα	Μετεωρολογικές συνθήκες
Καλή	Ομίχλη	Κακές
Καλή	Μηδαμινή	Μέτριες
Καλή	Μέτρια	Μέτριες
Καλή	Καλή	Καλές
Μέτρια	Ομίχλη	Κακές
Μέτρια	Μηδαμινή	Κακές
Μέτρια	Μέτρια	Μέτριες
Μέτρια	Καλή	Μέτριες
Κακή	Ομίχλη	Κακές
Κακή	Μηδαμινή	Κακές

Κακή	Μέτρια	Κακές
Κακή	Καλή	Κακές

### Αξιολόγηση Δυναμικού παράγοντα κινδύνου

Για την αξιολόγηση αυτού θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας τα αποτελέσματα από τις εξόδους των μετεωρολογικών συνθήκων αλλά και την εκάστοτε στιγμή ( μέρα ή νύχτα ). Εάν συμβαίνει αυτό τότε πολλαπλασιάζουμε την έξοδο του ασαφούς συνόλου με τον συντελεστή 1.5 , ενώ εάν είναι μέρα η έξοδος παραμένει η ίδια εκτός και αν είναι απόγευμα που πολλαπλασιάζουμε με τον συντελεστή 1.

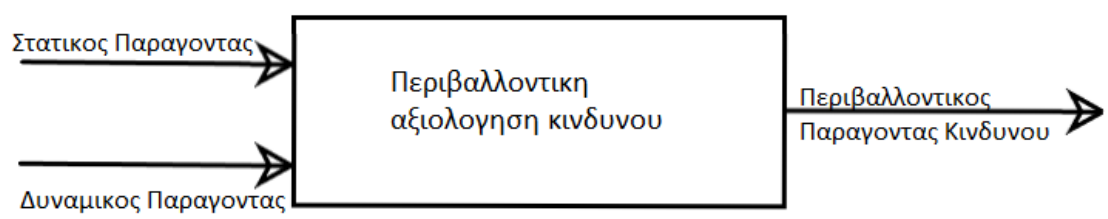


Εικόνα 58: Αξιολόγηση δυναμικού παράγοντα κινδύνου

Πίνακας 15 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Δυναμικού Παράγοντα Κινδύνου

Μετεωρολογικές συνθήκες	Μέρα ή Νύχτα	Δυναμικός Παράγοντας Κ.
Κακές	Πρωί	Μέτριος
Μέτριες	Απόγευμα	Μεγάλος
Καλές	Βραδύ	Μέτριος
Κακές	Βραδύ	Μεγάλος
Μέτριες	Πρωί	Μέτριος
Καλές	Απόγευμα	Μέτριος
Κακές	Απόγευμα	Μεγάλος
Μέτριες	Βραδύ	Μεγάλος
Καλές	Πρωί	Χαμηλός

Επιλογικά, έχει γίνει αξιολόγηση και του στατικού και του δυναμικού παράγοντα κινδύνου που μπορούν να προσδιορίσουν τον συντελεστή επικινδυνότητας από ρύπανση του περιβάλλοντος.



Εικόνα 59: Αξιολόγηση παράγοντα περιβαλλοντικού κινδύνου

Προσομοίωση και Αποτελέσματα Στατικών Παραγόντων Κινδύνου  
 Σύμφωνα με το Μνημόνιο Συνεννόησης του Παρισιού (Paris MOU) αντλούμε πληροφορίες για το πλοίο εν ονόματι ΜΥΚΟΝΟΣ και παρουσιάζονται τα εξής στοιχεία.

Released from detention - period : 11 - 2022				
Evaluation of crew performance (fire drills)		no		
<b>IMO : 9450791</b>	<b>Company</b>	Interorient Marine Services , , Marshall Islands		
<b>Name: MYKONOS</b>	<b>Classification society</b>	Lloyd's Register		
<b>Insp.date: 22-11-2022</b>	<b>Charterer</b>	Swiss Atlantic , , Geneva , CH		
<b>Number of detentions last 36 months: 2</b>	<b>Type</b>	<b>Flag</b>	<b>Gross tonnage</b>	<b>Keeldate</b>
	Bulk carrier	Marshall Islands	23456	2009
	<b>Port of detention</b>	<b>Date of release</b>	<b>Duration of detention</b>	<b>Total of deficiencies</b>
	Avonmouth	28-11-2022	7 day(s)	9
<b>Recognised Organisation</b>	<b>Certificate</b>	<b>Issued</b>	<b>Expiry</b>	<b>Last Survey</b>
Lloyd's Register	Cargo Ship Safety Equipment	15-10-2022	15-12-2022	
Lloyd's Register	Load Line	5-11-2019	22-11-2024	Singapore
Lloyd's Register	Safety Management Certificate	28-1-2022	17-3-2027	
<b>Deficiencies reason for detention</b>	<b>Action Taken</b>	<b>RO related</b>	<b>Class. (RO) related</b>	
Launching arrangements for rescue boats		no		
Minimum Safe Manning Document		no		
Records of seafarers' daily hours of work or rest		no		
ISM		no		
Emergency source of power - Emergency generator		no		
Evaluation of crew performance (fire drills)		no		

Εικόνα 60: Στοιχεία Πλοίου

Ship Risk Profile Calculator

---

**Generic Parameters**

	Weighting points to high risk profile	Eligibility to low risk profile
Type of Ship: <input type="text"/>		All types
Ship is older than 12 years: <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		All ages
Flag: <input type="text"/>		
Flag Performance: <input type="text"/>		
Flag is IMO audited: <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	Not applicable	
All Certificates issued by Flag: <input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No		
Recognized Organization: <input type="text"/>		
Performance: <input type="text"/>		
Is EU recognized: <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	Not applicable	
ISM Company Performance: <input type="text"/>		

---

**Historic Parameters from the last 36 months**

At least one inspection: <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	Not applicable	
All inspections with 5 or less deficiencies: <input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	Not applicable	
Number of detentions: <input type="text"/>		

---

**Result**

Total weighting point to high risk profile

Eligibility to high risk profile (>=5)

Eligibility to low risk profile

Ship Risk Profile

Reset

Εικόνα 61: Κενή φόρμα εισαγωγής στοιχείων για τον υπολογισμό του στατικού παράγοντα κινδύνου μέσω την πλατφόρμας ParisMOU

Generic Parameters		Weighting points to high risk profile	Eligibility to low risk profile
Type of Ship	Bulk carrier	2	All types
Ship is older than 12 years:	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	1	All ages
Flag	Cambodia		
Flag Performance:	NOT ON LIST	0	No
Flag is IMO audited:	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	Not applicable	No
All Certificates issued by Flag:	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	0	Yes
Recognized Organization:			
Performance:			
Is EU recognized:	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	Not applicable	
ISM Company Performance:	High	0	Yes
Historic Parameters from the last 36 months			
At least one inspection:	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	Not applicable	Yes
All inspections with 5 or less deficiencies:	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	Not applicable	No
Number of detentions:	None	0	Yes
Result			
Total weighting point to high risk profile		3	
Eligibility to high risk profile (>=5)		No	
Eligibility to low risk profile		No	
Ship Risk Profile			Standard Risk Ship

Εικόνα 62: Αποτελέσματα Στατικού παράγοντα κινδύνου (στο κάτω μέρος)

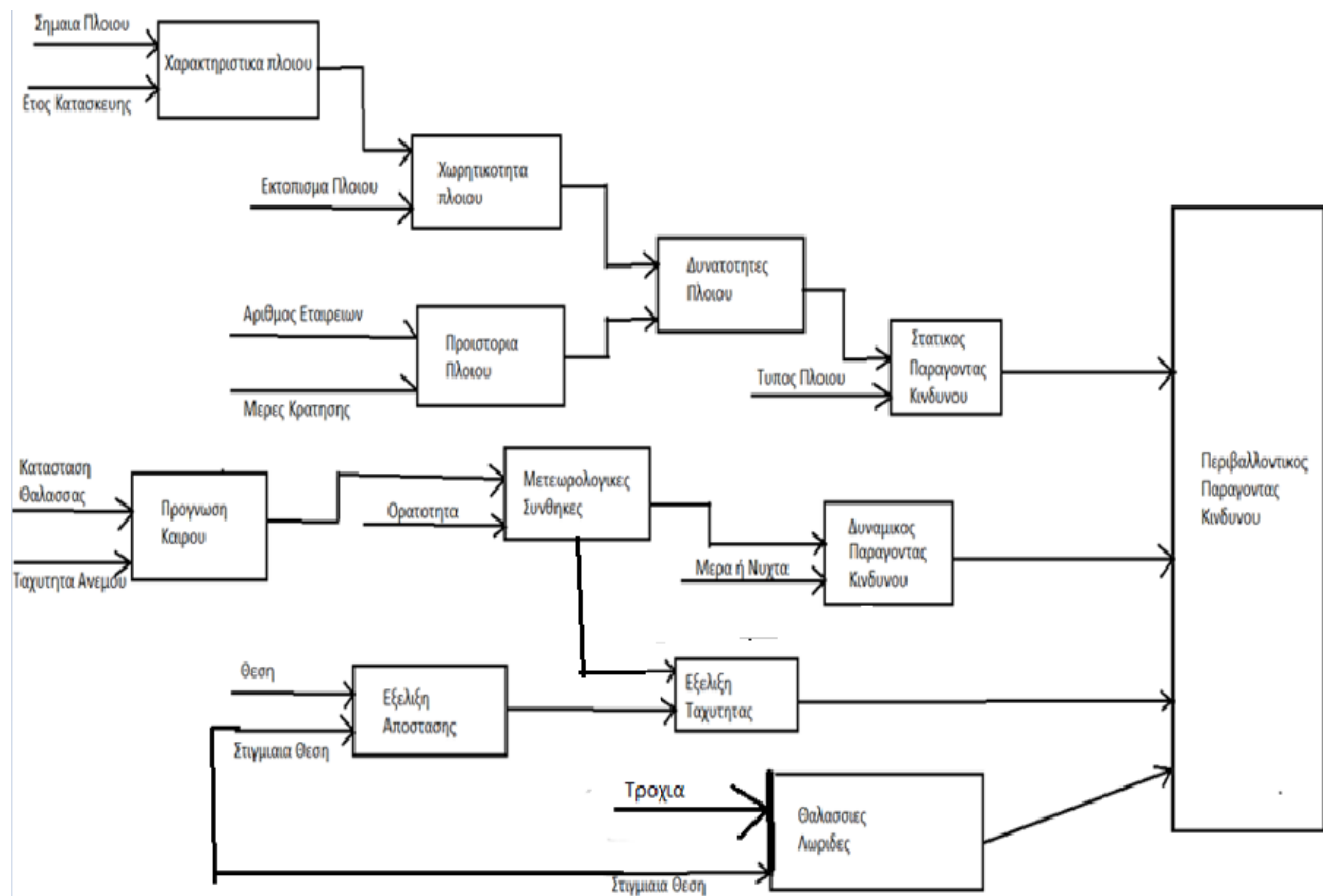
Ωστόσο για την βελτίωση του συστήματος λήψης αποφάσεων (MA.Ris.A) πρέπει να συμπεριληφθούν και άλλοι παράγοντες, όπως είναι η εξέλιξη ταχύτητας του πλοίου και η θέση του σε σύγκριση με τις θαλάσσιες λωρίδες -δεν πρέπει να παρεκκλίνει καθώς κινδυνεύει να συμπέσει σε άλλη θαλάσσια λωρίδα και να συγκρουστεί με άλλο πλοίο.

Καθώς ο απώτερος σκοπός αυτής της μελέτης είναι η πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο στην θάλασσα ορισμένοι χειρισμοί του πλοίου μπορούν να θεωρηθούν ύποπτοι για την πρόκληση κινδύνου (ζιγκ-ζαγκ ή διαδοχικές επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις).

Οι πιο συνήθεις ύποπτες συμπεριφορές είναι :

1. Η ανεπάρκεια απόστασης δυο σταθερών σημείων και του πλοίου
2. Η ξαφνική αλλαγή τροχιάς του πλοίου το οποίο συνεπάγεται και παρεμβολή σε άλλες θαλάσσιες λωρίδες

Επομένως, η αρχιτεκτονική του συστήματος τροποποιείται καθώς προσθέτουμε δυο ακόμα παραμέτρους παίρνοντας έτσι, την τελική μορφή την οποία θα μελετήσουμε και φαίνεται και παρακάτω στην εικόνα 63.



Εικόνα 63 : Νέα Αρχιτεκτονική Συστήματος Λήψης Αποφάσεων

### Αξιολόγηση Εξέλιξης Απόστασης

Η αξιολόγηση της μεταβολής της ταχύτητας είναι πολύ σημαντική αν θέλουμε να διαφυλάξουμε την ασφάλεια του περιβάλλοντος. Λαμβάνονται υπόψιν: η θέση του πλοίου και η στιγμιαία θέση του. Για παράδειγμα ενέργειες όπως διάφορες αλλαγές κατεύθυνσης και τροχιάς ή αυξομείωση της ταχύτητας μπορούν να θεωρηθούν ύποπτες.

Για πρώτη είσοδο έχουμε την στιγμιαία θέση του πλοίου όπου αποτελείται από τρεις συναρτήσεις συμμετοχής: μικρή , μεσαία , μεγάλη αλλαγή .

Για δεύτερη είσοδο έχουμε την θέση του πλοίου σε σχέση με μια προκαθορισμένη τροχιά όπου αποτελείται από συναρτήσεις συμμετοχής: μικρή , μεγάλη αλλαγή .

Για έξοδο του συστήματος έχουμε την εξέλιξη της απόστασης όπου έχει για συναρτήσεις συμμετοχής: μικρή , νορμάλ, μεγάλη.



Πίνακας 16 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για την Εξέλιξη Απόστασης

Στιγμιαία θέση	Θέση	Εξέλιξη απόστασης
Μικρή	Μικρή	Μικρή
Μεσαία	Μικρή	Νορμάλ
Μεγάλη	Μικρή	Νορμάλ
Μικρή	Μεγάλη	Νορμάλ
Μεσαία	Μεγάλη	Μεγάλη
Μεγάλη	Μεγάλη	Μεγάλη

### Αξιολόγηση Εξέλιξης Ταχύτητας

Η αξιολόγηση του ασαφούς συνόλου της αναπτυσσόμενης ταχύτητας επιτρέπει παράλληλα και την αξιολόγηση της τροχιάς του πλοίου σύμφωνα με τις δυο εισόδους του συστήματος αυτού: Μετεωρολογικές Συνθήκες και Εξέλιξη Απόστασης.

Από έξοδο στο προηγούμενο σύστημα χρησιμοποιούμε τον μετεωρολογικό κίνδυνο σαν είσοδο με τις ίδιες συναρτήσεις συμμετοχής: καλή, μέτρια κακή.

Η ασαφοποίηση της εισόδου «Εξέλιξη Απόστασης» αποτελείται από τρεις συναρτήσεις συμμετοχής: μικρή, νορμάλ, μεγάλη. Εφόσον οι θέσεις υπολογίζονται μέσω συντεταγμένων γεωγραφικού μήκους και πλάτους και το εύρος είναι μεταξύ 0 και 1.

Η έξοδος που λαμβάνουμε από το σύστημα είναι η «Εξέλιξη της ταχύτητας» η οποία αποτελείται από τρεις σταθερές συναρτήσεις μέλους:

όχι ηχητική ειδοποίηση, ηχητική ειδοποίηση.

Οι συναρτήσεις συμμετοχής είναι έτσι καθώς το σύστημα A.I.S όταν αντιλαμβάνεται κάποια ύποπτη κίνηση ή ελιγμό κάνει χρήση συναγερμού στη γέφυρα του πλοίου ώστε να ειδοποιήσει τον καπετάνιο σε περίπτωση απουσίας του.

Ωστόσο για να μπορέσουμε να ορίσουμε το παραπάνω ασαφές σύνολο θα πρέπει να ορίσουμε πρώτα την Εξέλιξη της Απόστασης η οποία δεν χαρακτηρίζεται από ασάφεια. Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση :

$\Theta_{ΓΕΩ} = [\text{Πλάτος}(t-1), \text{Μήκος}(t-1)]$ , όπου  $\Theta_{ΓΕΩ}$  = θέση γεωγραφική

Οπού από αυτή την σχέση και την στιγμιαία γεωγραφική θέση του πλοίου υπολογίζουμε την ορθορομβική απόσταση με την ακόλουθη σχέση :

Απόσταση =  $60 \text{ τοξ. συν} \times [\text{συν}(\text{Πλάτος}_{\text{ΣΤΙΓΜ}}) \times \text{συν}(\text{Πλάτος}(t-1)) \times \text{συν}(\text{Μήκος}_{\text{ΣΤΙΓΜ}} - \text{Μήκος}(t-1)) + \eta\mu(\text{Πλάτος}_{\text{ΣΤΙΓΜ}}) \times \eta\mu(\text{Πλάτος}(t-1))]$

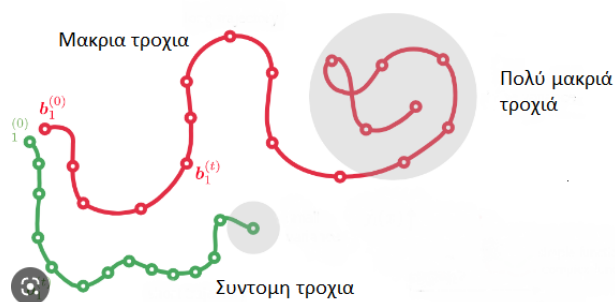
Πίνακας 17 : Ταξινόμηση συνόλου κανόνων Ανάπτυξης Ταχύτητας

Μετεωρολογικές Συνθήκες	Εξέλιξη Απόσταση	Ανάπτυξη ταχύτητας
Κακές	Μικρή	Ηχητική Ειδοποίηση
Κακές	Νορμάλ	Όχι ηχητικ. ειδοπ.
Κακές	Μεγάλη	Όχι ηχητικ. ειδοπ.
Μέτριες	Μικρή	Ηχητική Ειδοποίηση
Μέτριες	Νορμάλ	Όχι ηχητικ. ειδοπ.
Μέτριες	Μεγάλη	Όχι ηχητικ. ειδοπ.
Καλές	Μικρή	Όχι ηχητικ. ειδοπ.
Καλές	Νορμάλ	Όχι ηχητικ. ειδοπ.
Καλές	Μεγάλη	Ηχητική Ειδοποίηση

### Αξιολόγηση Θαλάσσιας Λωρίδας

Τελευταίο ασαφές σύνολο το οποίο είναι πολύ σημαντικό για την ασφάλεια του περιβάλλοντος και της ναυσιπλοΐας το οποίο αποτελείται από την στιγμιαία θέση του πλοίου και την τροχιά που διαγράφει για να φτάσει στον προορισμό του.

Σαν πρώτη είσοδο έχουμε την *στιγμιαία θέση του πλοίου* η οποία είναι κοινή και για την εξέλιξη της απόστασης και για δεύτερη είσοδο έχουμε την *τροχιά* η οποία αποτελείται από τρεις βαθμούς συμμετοχής: σύντομη, μακριά, πολύ μακριά (διαγραφή τροχιάς).



Εικόνα 64: Ειδή τροχιών πλοίου

Για έξοδο του συστήματος είναι η Θαλάσσια Λωρίδα η οποία αποτελείται από δυο βαθμούς συμμετοχής : μικρό , μεγάλο (κίνδυνο). Αυτό γιατί το σύστημα θα μας ειδοποιεί για το αν το πλοίο βρίσκεται στην λωρίδα που πρέπει να είναι ή εμπλέκεται και σε άλλες οι οποίες αποτελούν δρόμο για άλλα πλοία με κίνδυνο σύγκρουσης.

Πίνακας 18: Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για την Θαλάσσια Λωρίδα

Στιγμιαία θέση	Τροχιά	Θαλάσσια Λωρίδα
Μικρή	Σύντομη	Μικρός
Μεσαία	Σύντομη	Μικρός
Μεγάλη	Σύντομη	Μεγάλος
Μικρή	Μακριά	Μεγάλος
Μεσαία	Μακριά	Μεγάλος
Μεγάλη	Μακριά	Μεγάλος

Μικρή	Πολύ μακριά	Μεγάλος
Μεσαία	Πολύ μακριά	Μεγάλος
Μεγάλη	Πολύ μακριά	Μεγάλος

### Αξιολόγηση Περιβαλλοντικού Παράγοντα Κινδύνου

Αφού έχουν προσδιοριστεί οι παράγοντες από προηγούμενα ασαφή σύνολα, όπως βλέπουμε και από την αρχιτεκτονική του συστήματος με εισόδους :

- Στατικό Παράγοντα Κινδύνου
- Δυναμικό Παράγοντα Κινδύνου
- Εξέλιξη Ταχύτητας
- Θαλάσσια Λωρίδα

για έξοδο πετυχαίνουμε την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού παράγοντα κινδύνου. Ο βαθμός συμμετοχής αποτελείται από δυο στοιχεία: μικρός , μεσαίος, μεγάλος (περιβαλλοντικός κίνδυνος).

Πίνακας 19: Ταξινόμηση συνόλου κανόνων για τον Περιβαλλοντικό Παράγοντα Κινδύνου

Δυναμικός Π.	Στατικός Π.	Ταχύτητα	Θαλάσσια Λω.	Περιβαλλοντικός Π.
Χαμηλός	Μικρός	Ηχητική Ειδοπ.	Μικρός	Μικρός
Χαμηλός	Μικρός	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μικρός	Μικρός
Χαμηλός	Μικρός	Ηχητική Ειδοπ.	Μεγάλος	Μεσαίος
Χαμηλός	Μικρός	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μεγάλος	Μικρός
Χαμηλός	Μεγάλος	Ηχητική Ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Χαμηλός	Μεγάλος	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Χαμηλός	Μεγάλος	Ηχητική Ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Χαμηλός	Μεγάλος	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μέτριος	Μικρός	Ηχητική Ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Μέτριος	Μικρός	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Μέτριος	Μικρός	Ηχητική Ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μέτριος	Μικρός	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μέτριος	Μεγάλος	Ηχητική Ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Μέτριος	Μεγάλος	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Μέτριος	Μεγάλος	Ηχητική Ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μέτριος	Μεγάλος	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μεγάλος	Μικρός	Ηχητική Ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Μεγάλος	Μικρός	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μικρός	Μεσαίος
Μεγάλος	Μικρός	Ηχητική Ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μεγάλος	Μικρός	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μεγάλος	Μεγάλος	Ηχητική Ειδοπ.	Μικρός	Μεγάλος
Μεγάλος	Μεγάλος	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μικρός	Μεγάλος
Μεγάλος	Μεγάλος	Ηχητική Ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος
Μεγάλος	Μεγάλος	Όχι ηχητ. ειδοπ.	Μεγάλος	Μεγάλος

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> Ορισμός Περιβαλλοντικού Παράγοντα κίνδυνου με το πρόγραμμα MATLAB

### Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί το πρακτικό κομμάτι της διπλωματικής εργασίας με την βοήθεια του προγράμματος MATLAB αλλά και σε συνδυασμό όσων έχουν ειπωθεί στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο ( αρχιτεκτονική του συστήματος, πίνακες ).

Η ανάλυση των στιγμιότυπων στην συνέχεια πραγματοποιείται με σειρά από πάνω προς τα κάτω για τα επόμενα 12 ασαφή σύνολα, τα οποία και θα μας οδηγήσουν στην εύρεση του περιβαλλοντικού παράγοντα κινδύνου που διατρέχει ένα πλοίο (Tanker) πριν από κάθε ταξίδι. Με σκοπό την αποφυγή της θαλάσσιας ρύπανση.

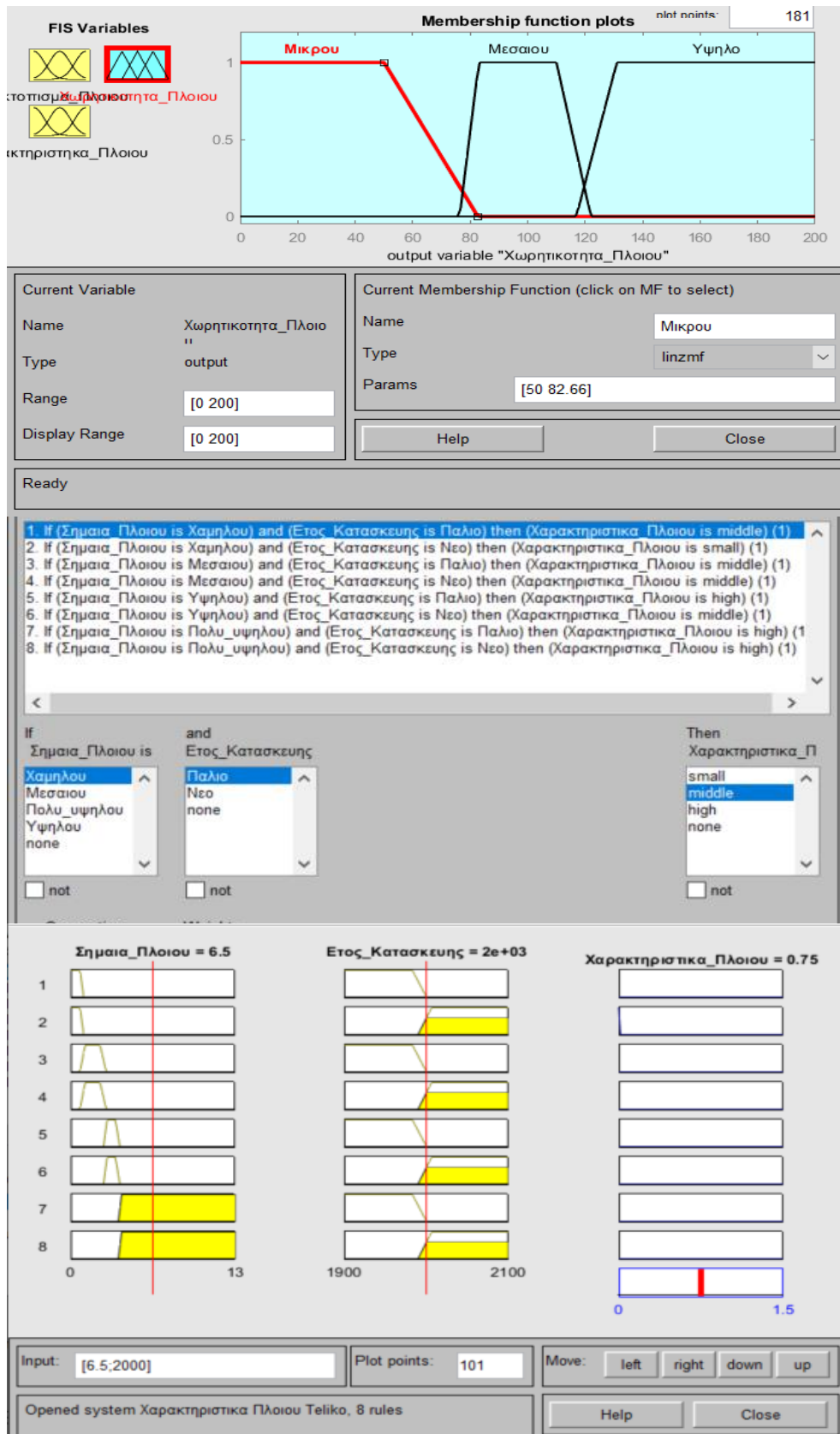
Το παράδειγμα από το οποίο θα ληφθούν και θα χρησιμοποιηθούν πραγματικά δεδομένα, ώστε να γίνει ο ορισμός του περιβαλλοντικού παράγοντα κινδύνου θα είναι από την ( Electronic Quality Shipping Information System ) και FleetMon . Στόχο έχουν την παροχή πληροφοριών για την εκάστοτε ναυτιλιακή εταιρεία και το πλοίο που είτε είναι ιδιόκτητο του είτε έχει αναλάβει να διαχειριστεί για την μεταφορά πάσης φύσεως φορτιού . Επίσης δείχνουν σε ζωντανή μετάδοση της πορείας και της τροχιάς που διαγράφει το πλοίο .

Το πλοίο για το οποίο θα εξάγουμε τον περιβαλλοντικό παράγοντα κινδύνου είναι το tanker εν ονόματι TANKER No.230 για την ημέρα 1/3/2023 με :

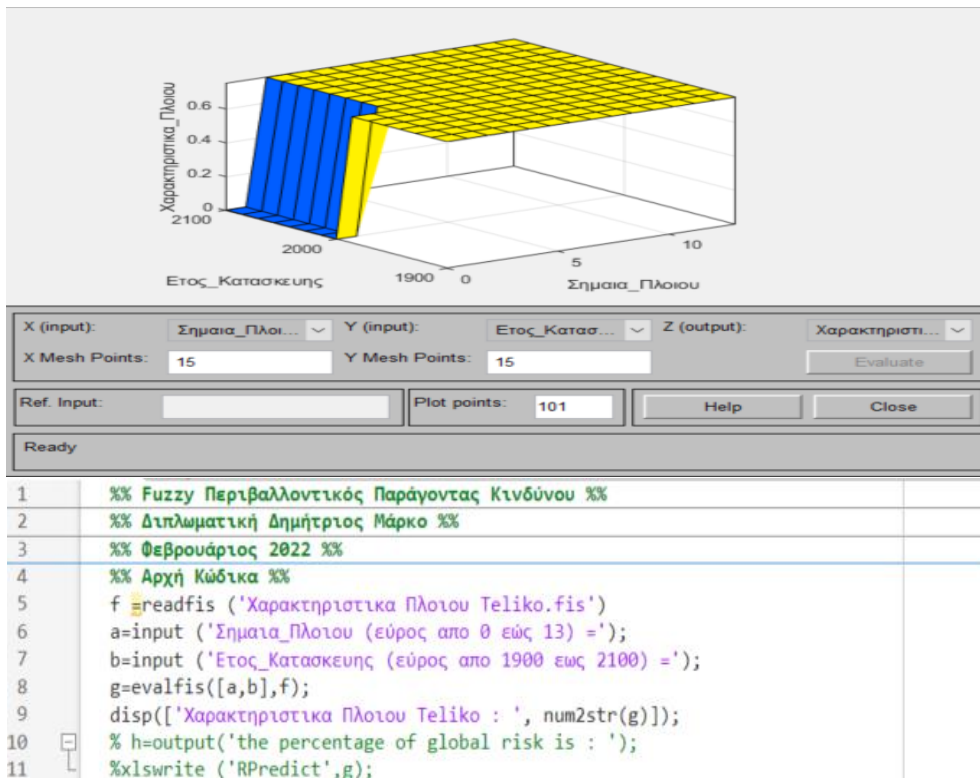
1. σημαία Σιγκαπούρης
2. έτος κατασκευής 2010
3. ταχύτητα 10 ( μέση ταχύτητα )
4. εκτοπίσματος 160359 τόνοι
5. Εταιρεία 1
6. Μέρες κράτησης 0
7. Κατάσταση θάλασσας ήρεμη
8. Ταχύτητα ανέμου 3-4 μποφόρ
9. Ορατότητα μέτρια προς καλή
10. Σύντομη τροχιά (από το σημείο A στο B )



Εικόνα 65 : Ασαφές σύνολο χαρακτηριστικά πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων



Εικόνα 66 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων



#### Command Window

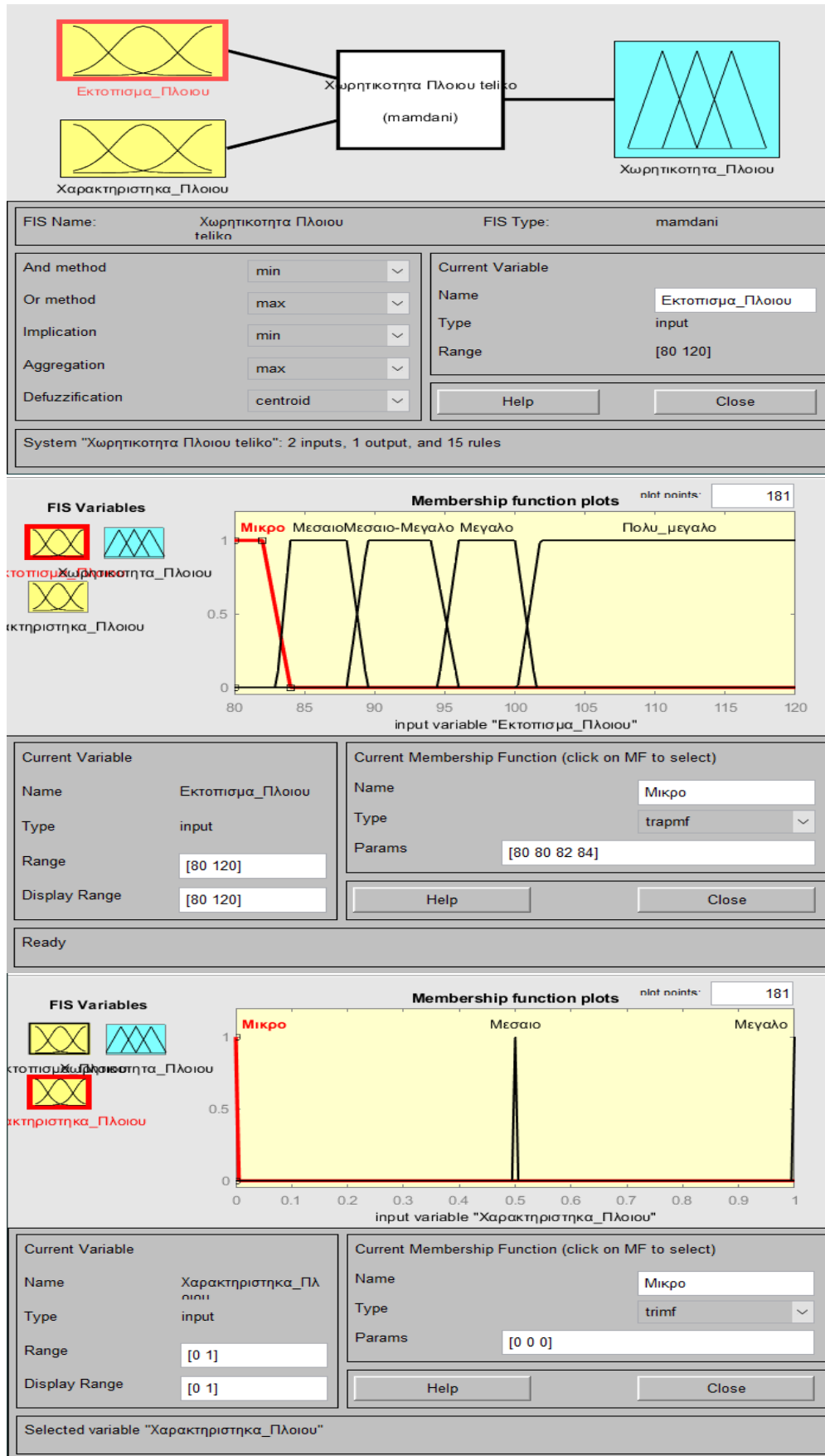
```

Σημια_Πλοίου (εύρος απο 0 έως 13) = 1
Ετος_Κατασκευής (εύρος απο 1900 εως 2100) = 2010
.
.
.
Χαρακτηριστικά Πλοίου Teliko : 0

```

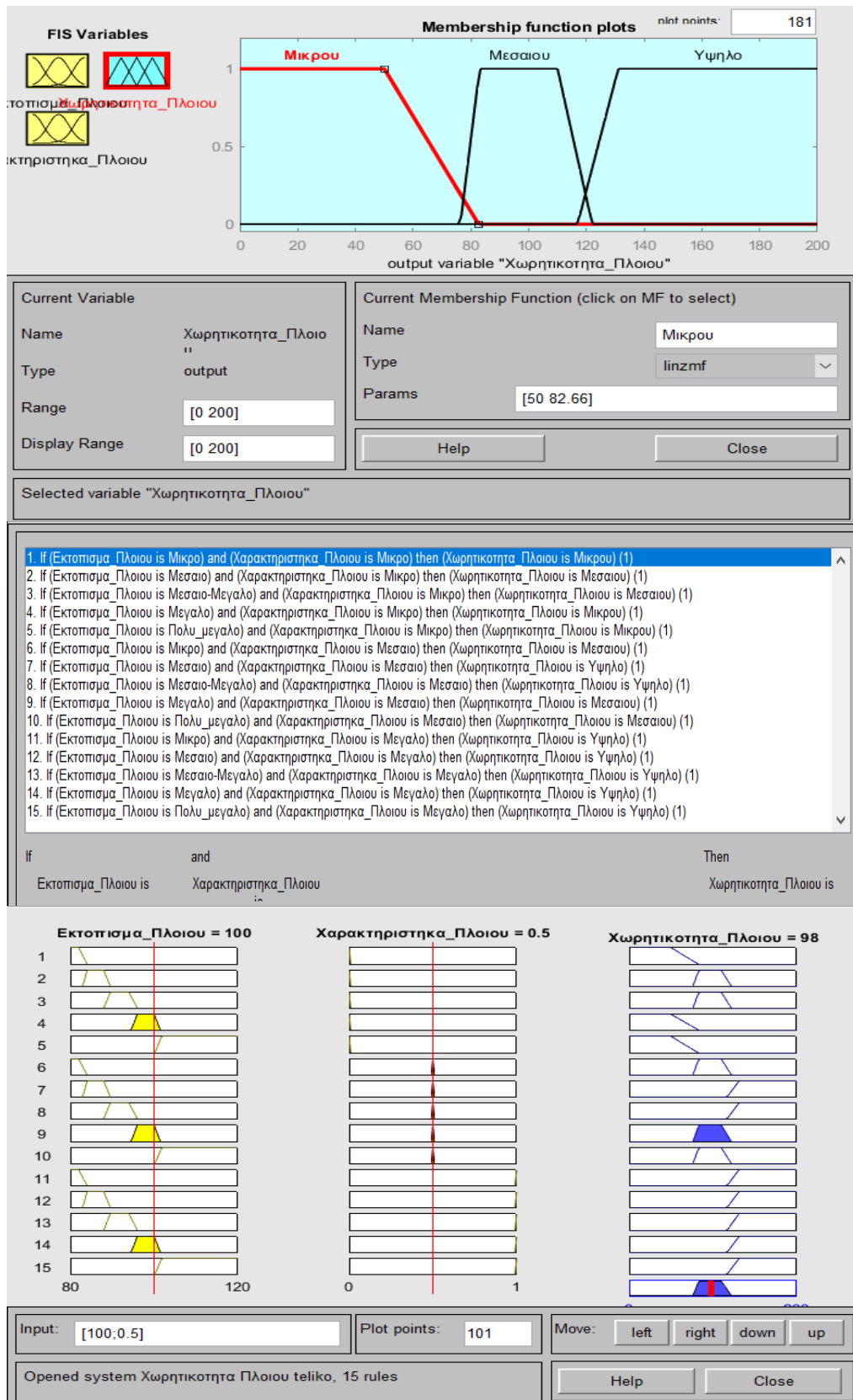
Εικόνα 67 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, χαρακτηριστικά πλοίου ,με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ( είσοδοι και έξοδοι ). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουμε τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει τους κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 8. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει τα χαρακτηριστικά του πλοίου όπου είναι  $\theta$  .

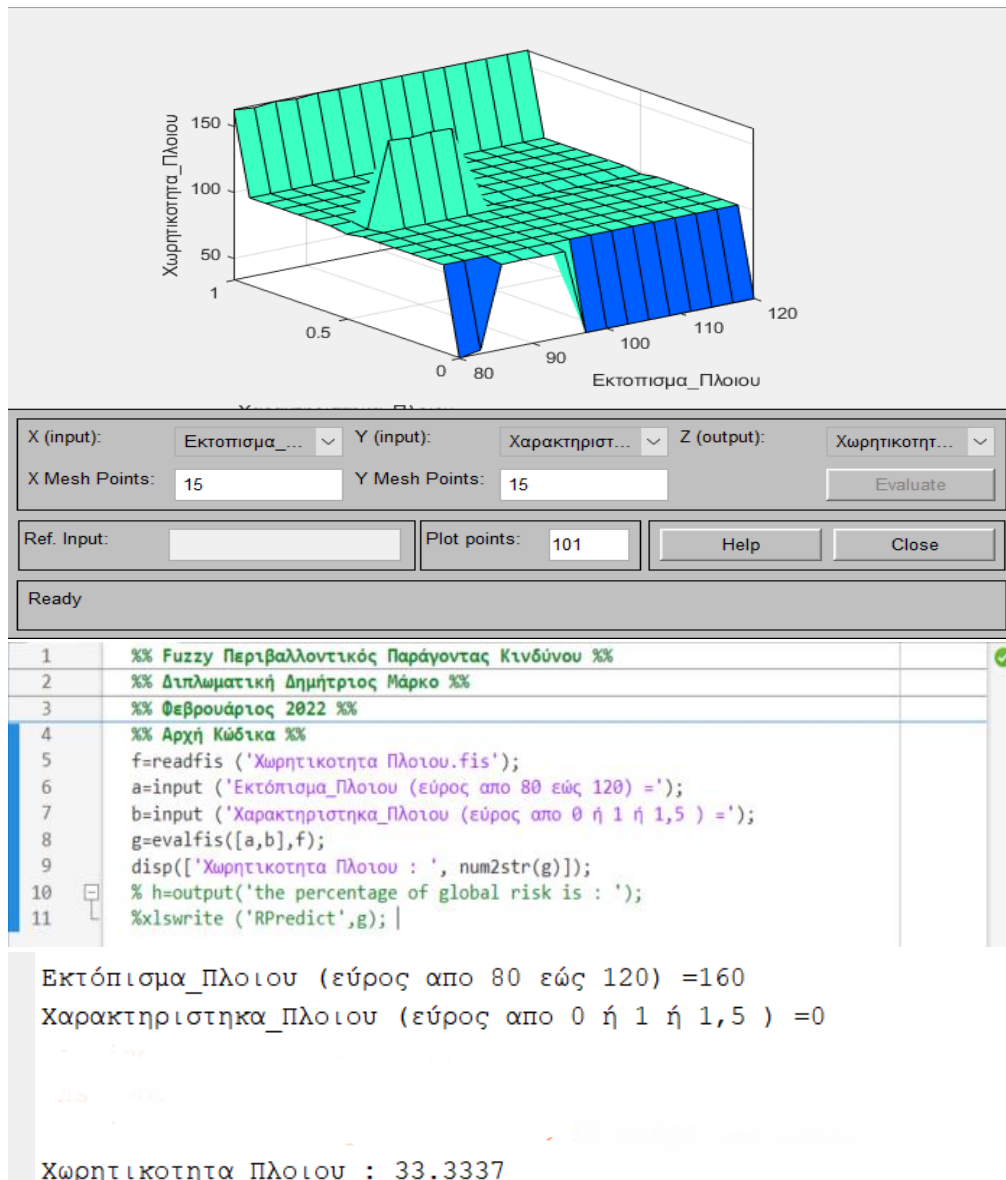


Εικόνα 68 : Ασαφές σύνολο χωρητικότητα πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων



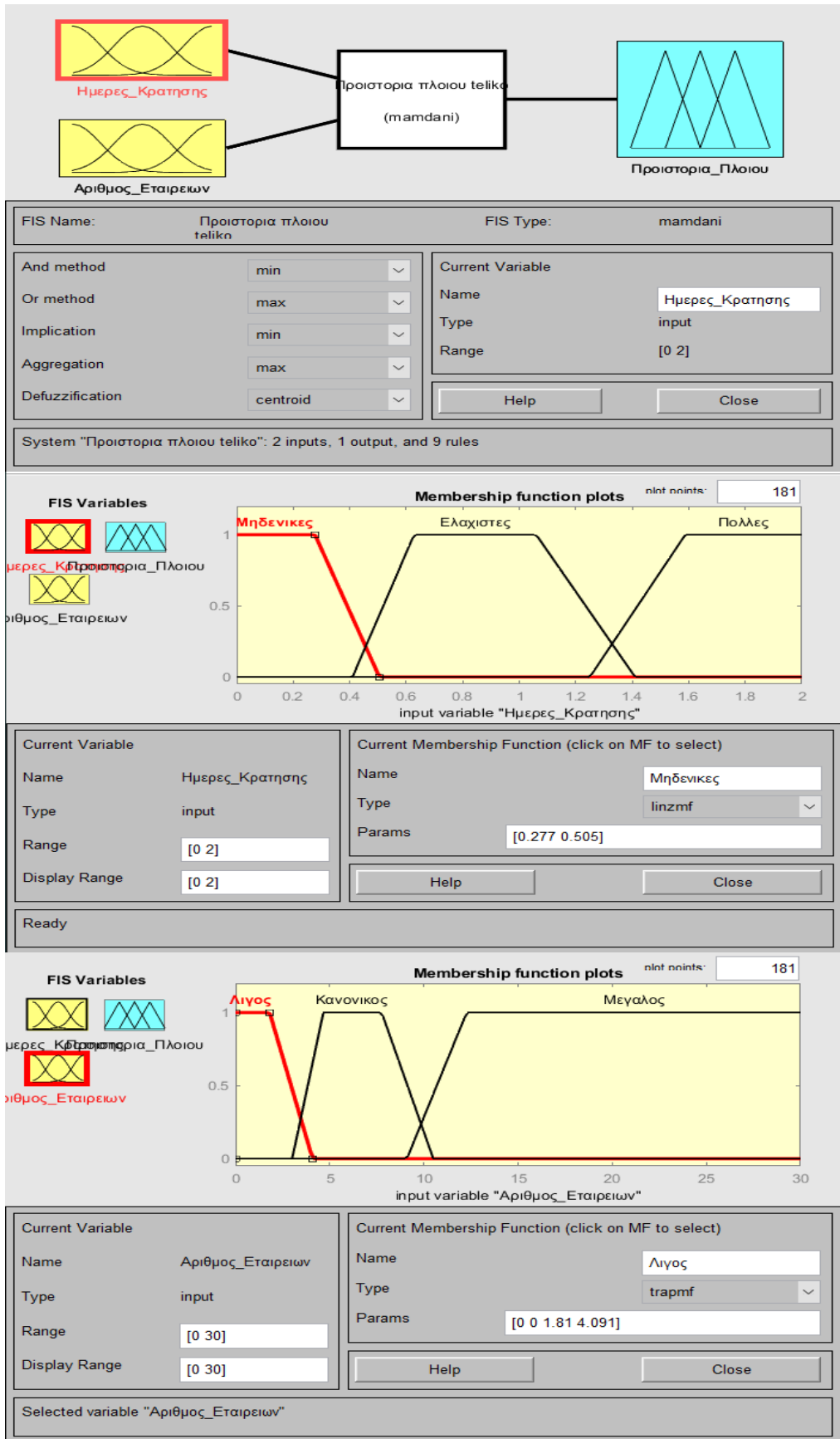


Εικόνα 69 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

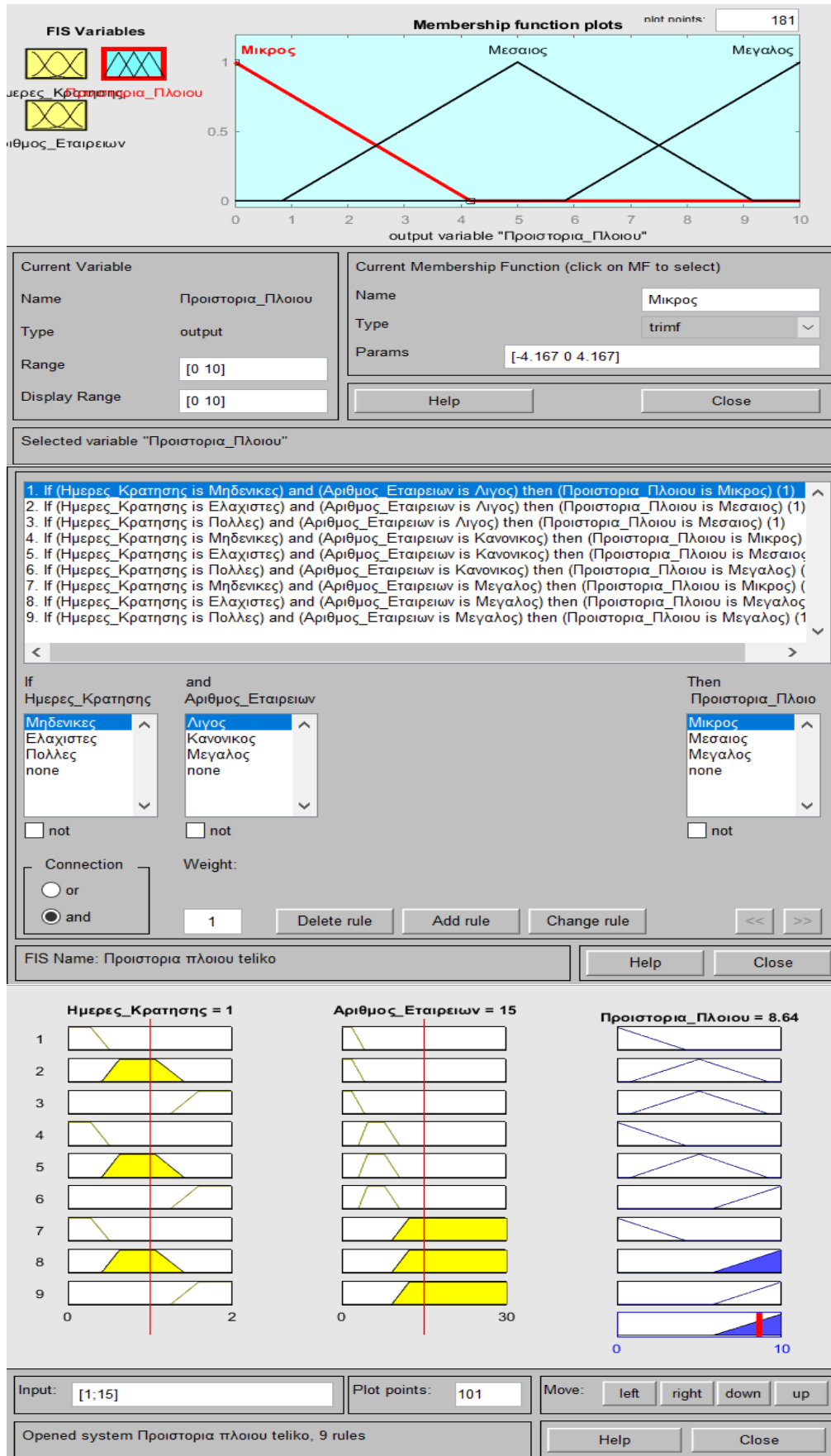


Εικόνα 70 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

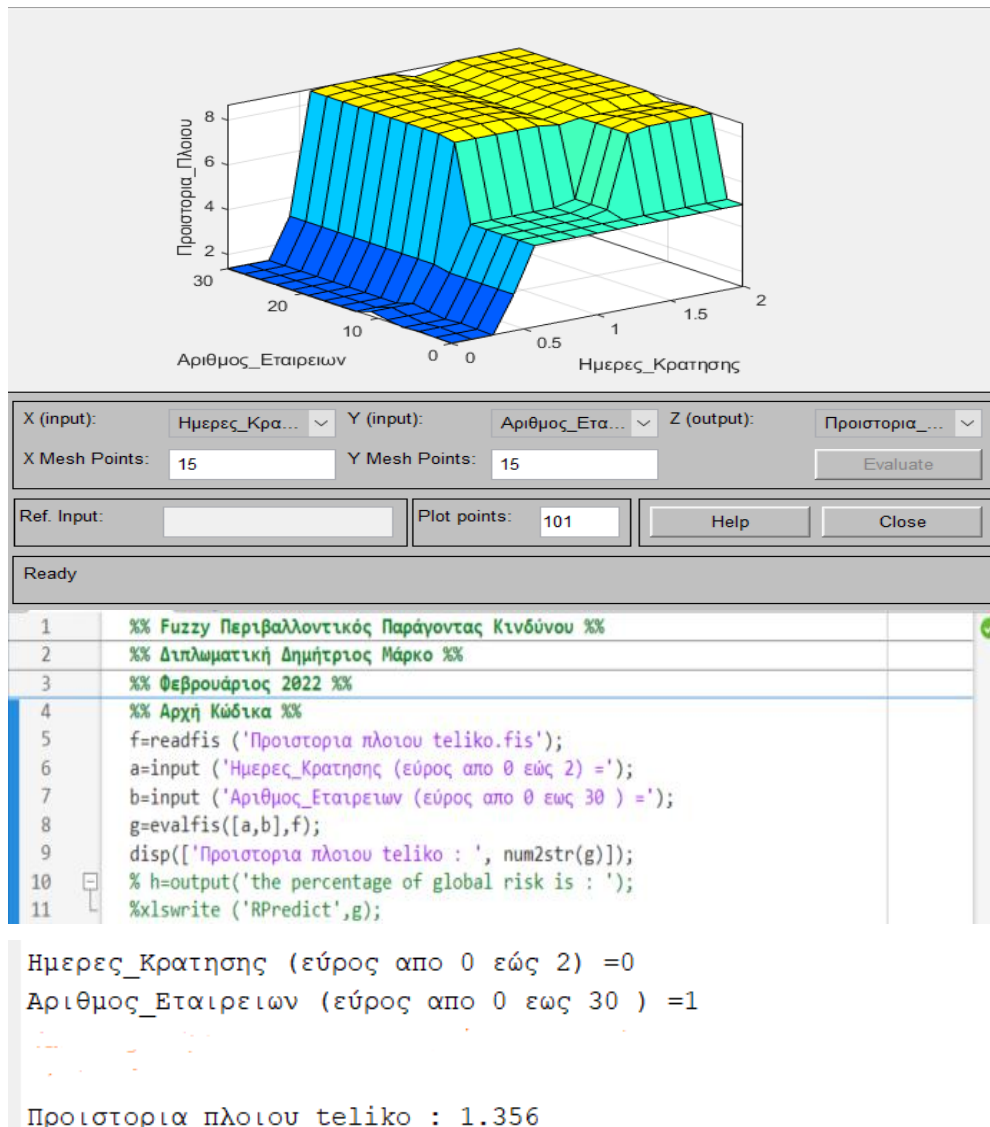
Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, χωρητικότητα πλοίου, με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ( είσοδοι και έξοδοι ). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 9. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικα του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει την χωρητικότητα του πλοίου όπου είναι **33.3337** .



Εικόνα 71 : Ασαφές σύνολο προϊστορία πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων

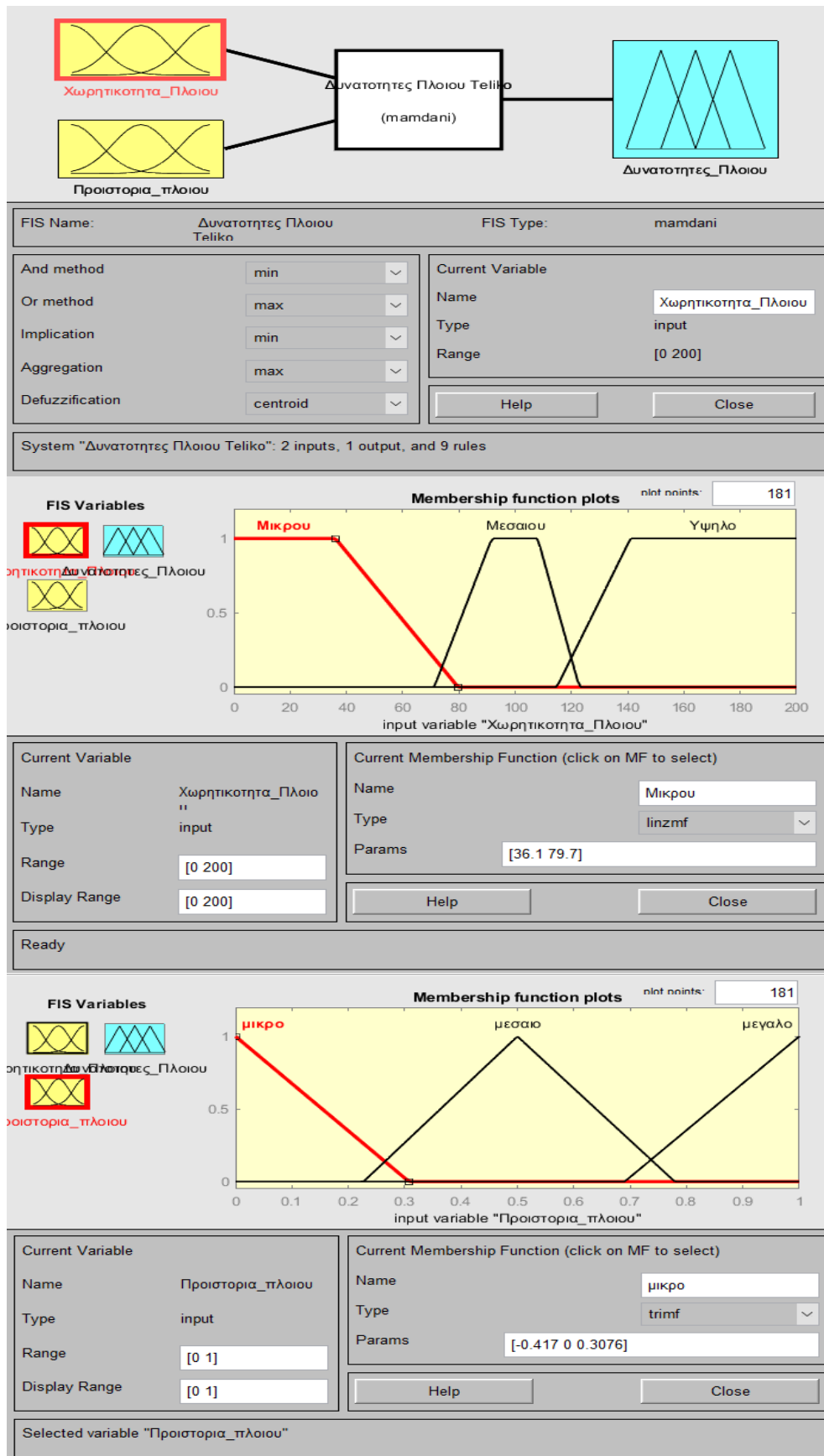


Εικόνα 72 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

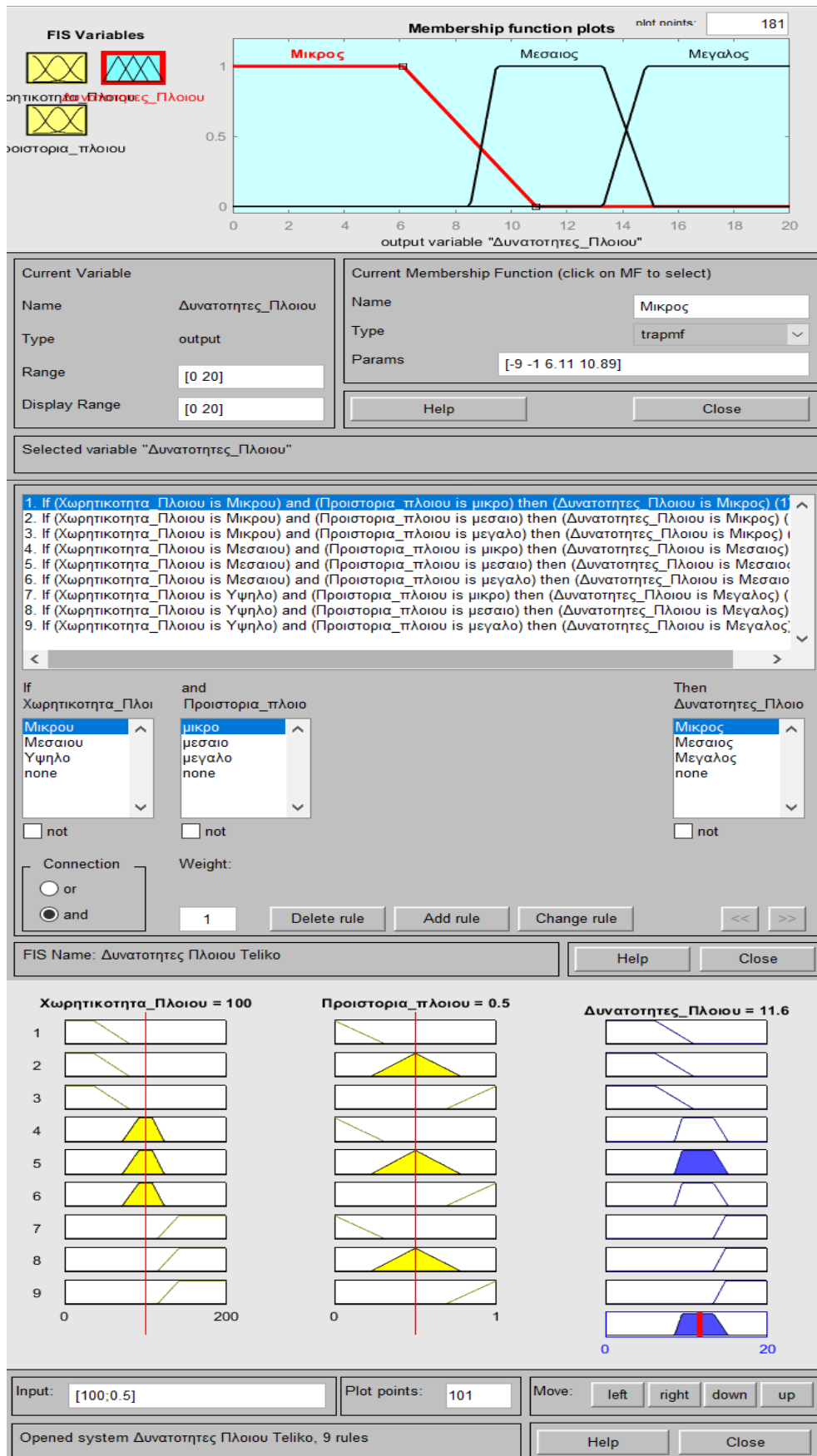


Εικόνα 73 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

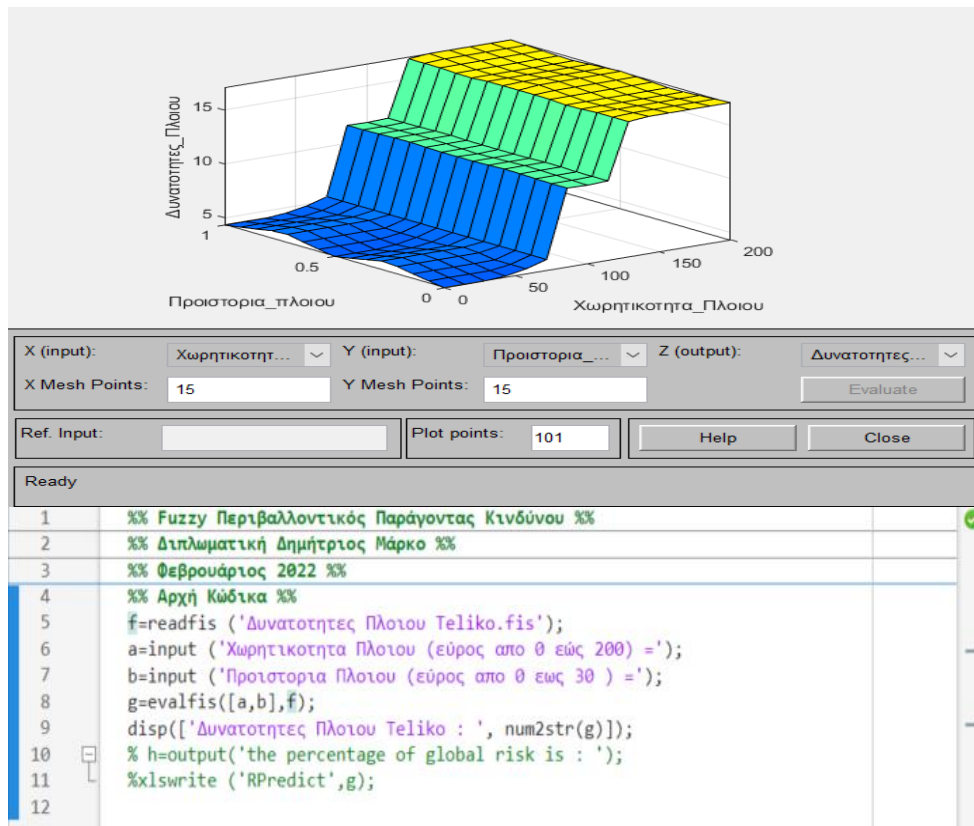
Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, προΐστορία πλοίου ,με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ( είσοδοι και έξοδοι ). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθηκών που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 10. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικα του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει την προΐστορία του πλοίου όπου είναι **1.356** .



Εικόνα 74 : Ασαφές σύνολο δυνατότητες πλοίου και ασαφοποίηση εισόδων



Εικόνα 75 : Ασαφопоίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

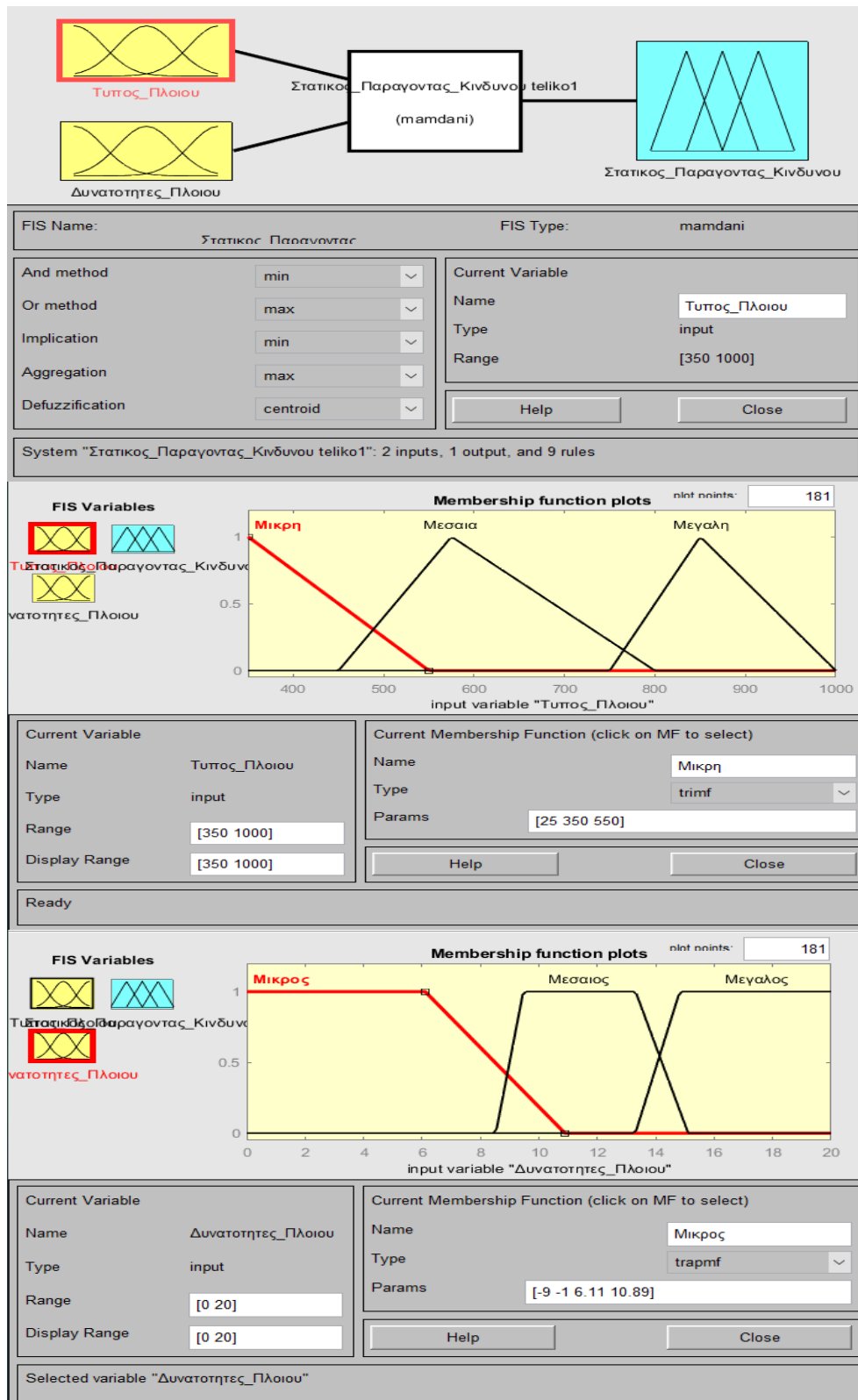


Δυνατότητες Πλοίου Teliko : 5.2155

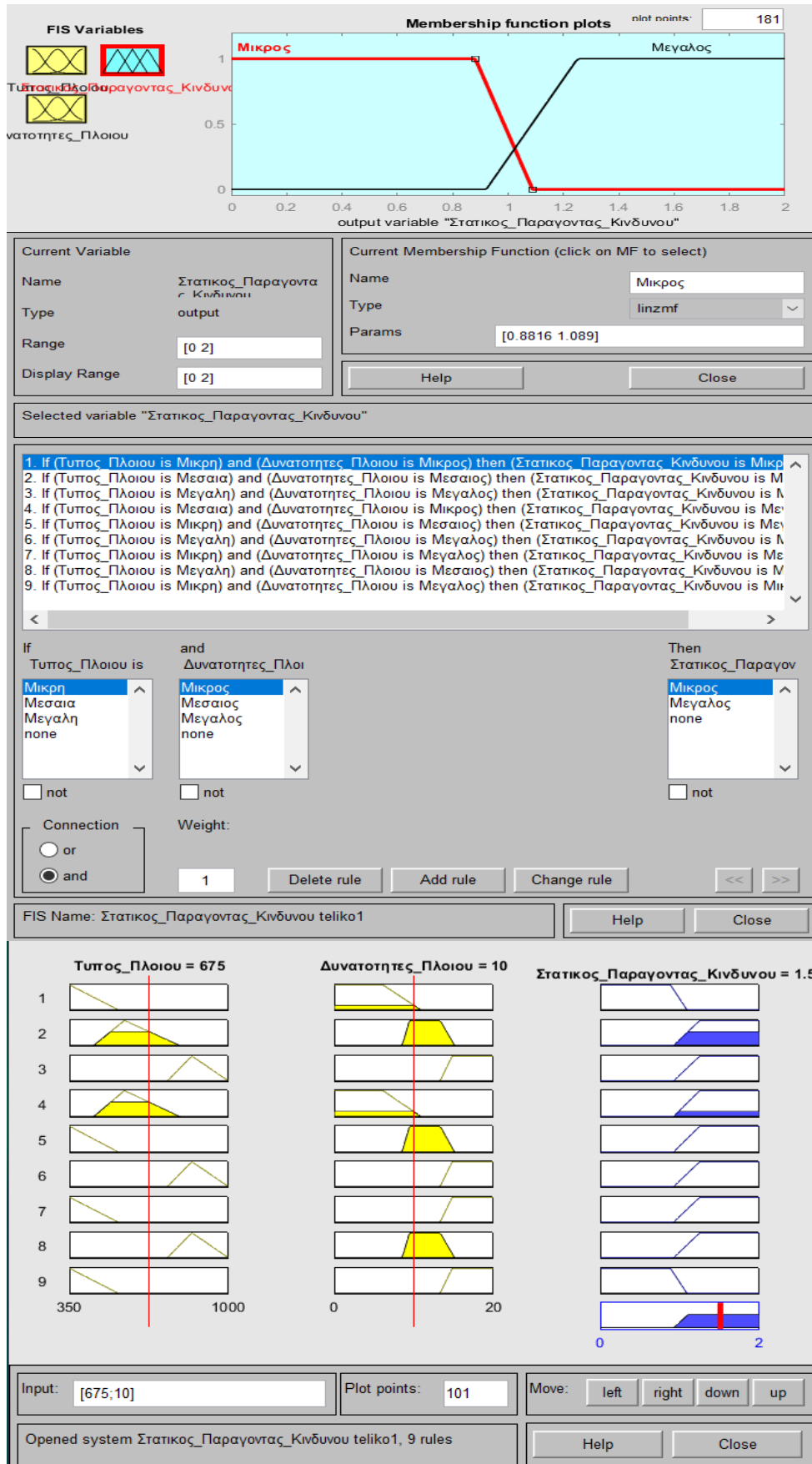
Εικόνα 76 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, δυνατότητες πλοίου, με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί (είσοδοι και έξοδοι). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθηκών που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 11. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει τις δυνατότητες του πλοίου όπου είναι **5.2155**.

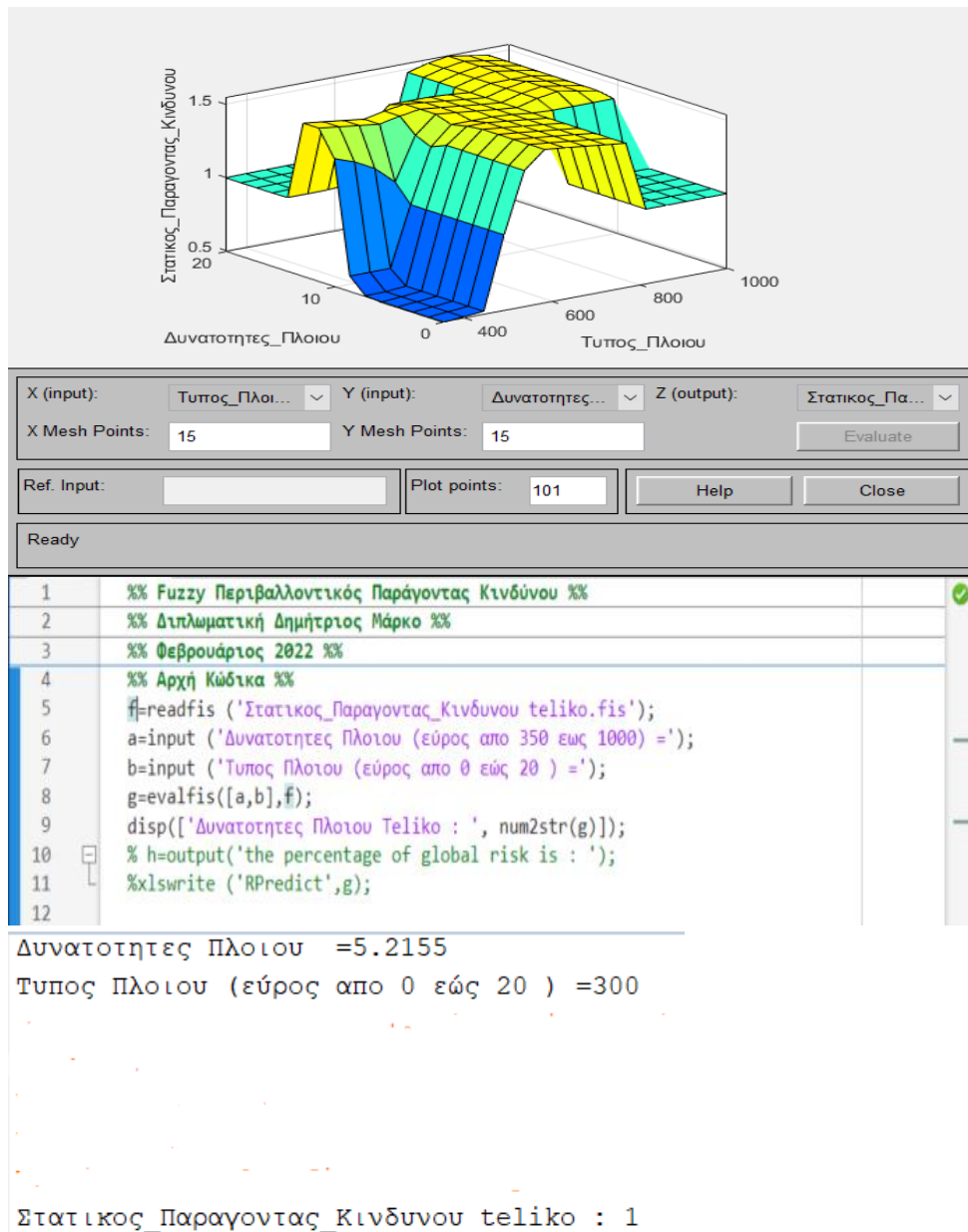




Εικόνα 77 : Ασαφές σύνολο στατικός παράγοντας κινδύνου και ασαφопоίηση εισόδων

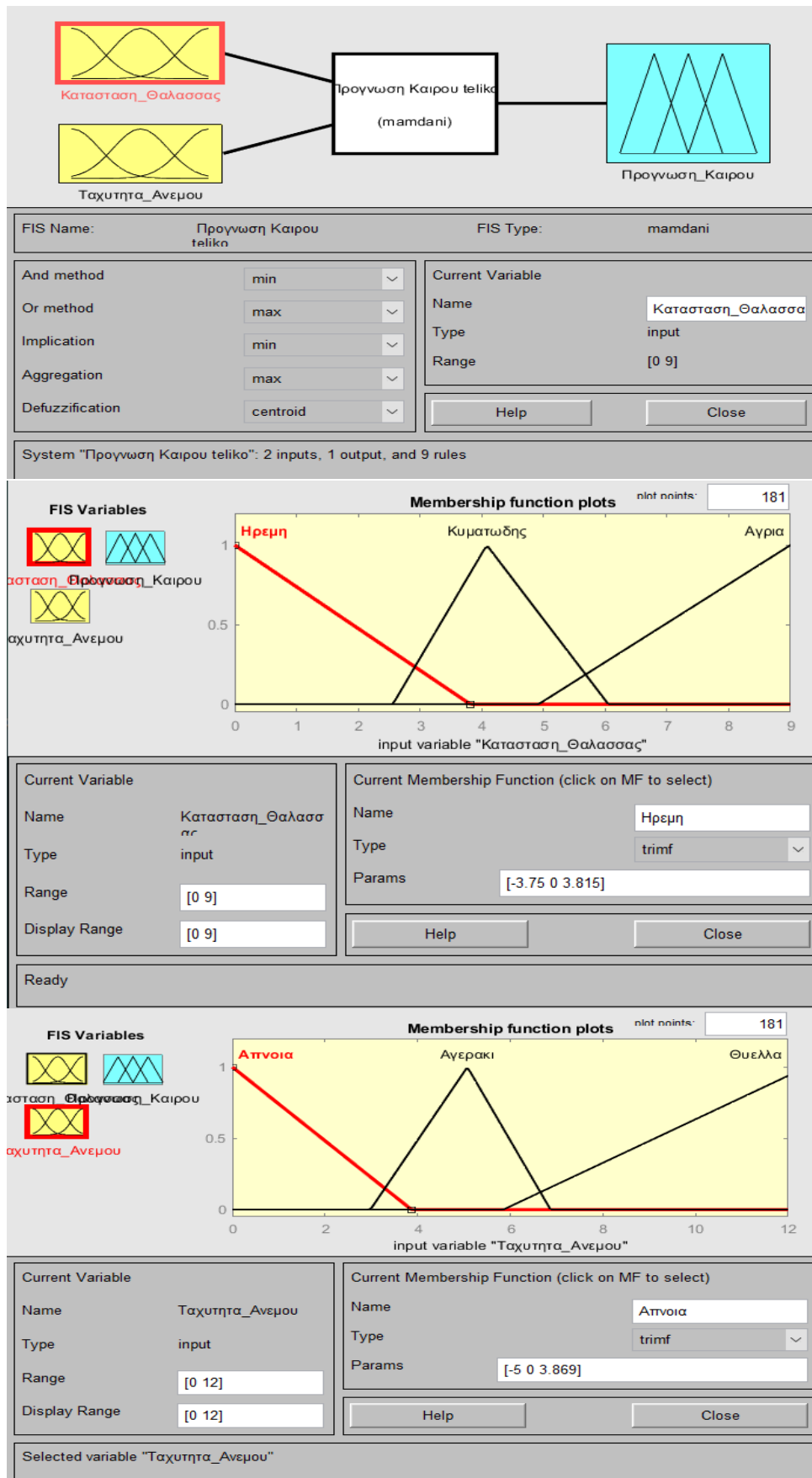


Εικόνα 78 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

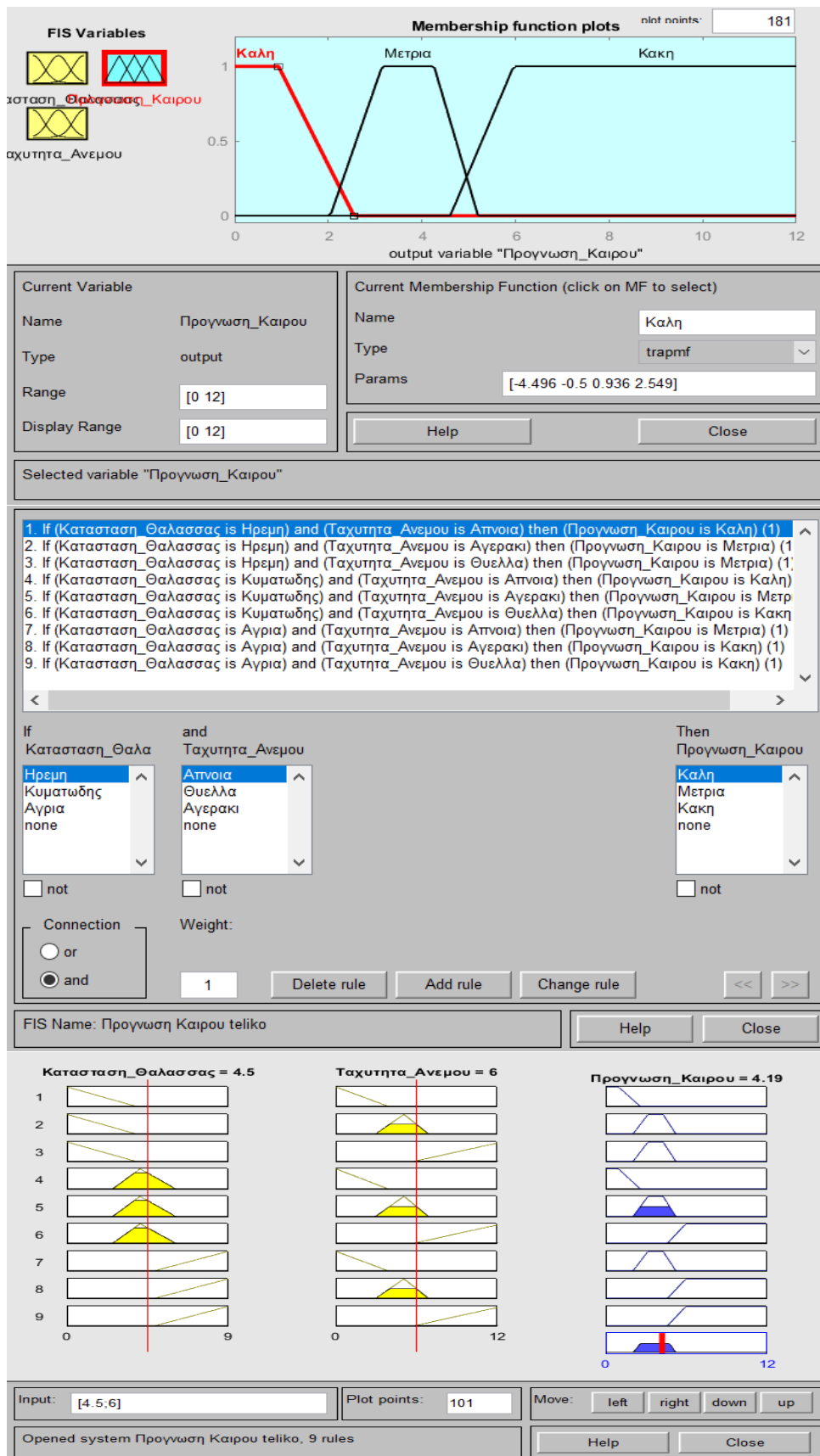


Εικόνα 79 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

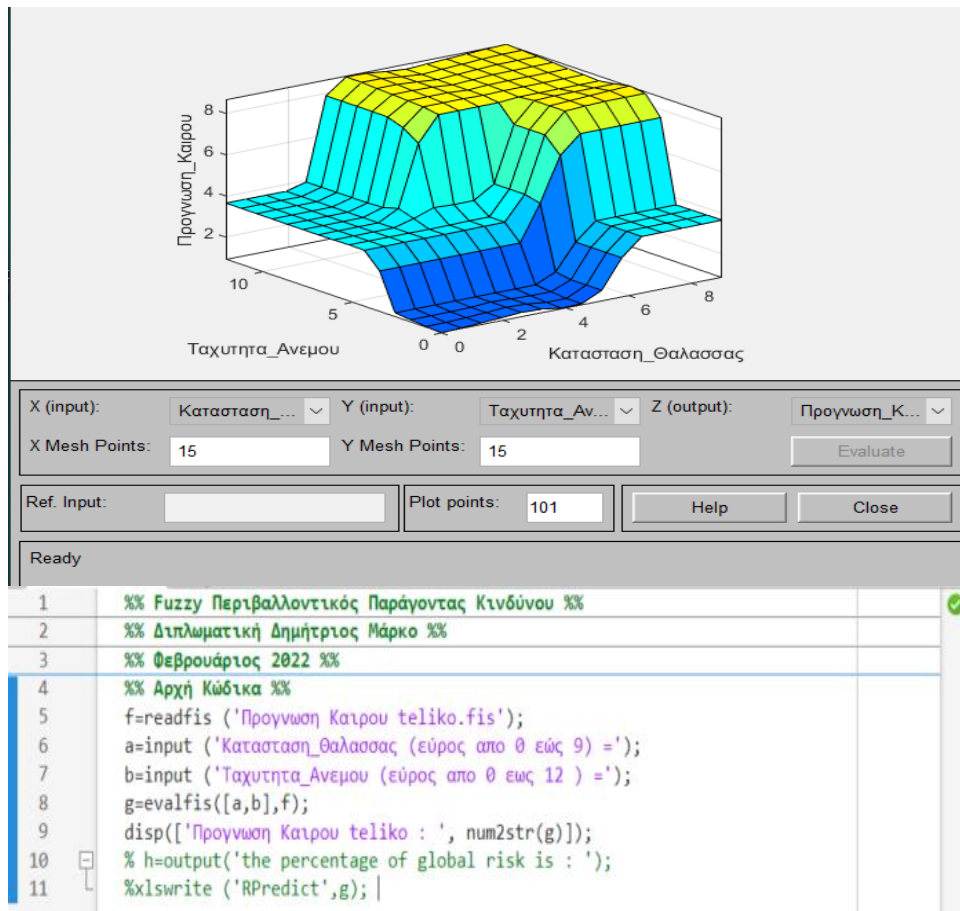
Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, στατικός παράγοντας κινδύνου ,με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ( είσοδοι και έξοδοι ). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 12. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικα του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει τον στατικό παράγοντα κινδύνου όπου είναι **1** .



Εικόνα 80 : Ασαφές σύνολο πρόγνωση καιρού και ασαφοποίηση εισόδων



Εικόνα 81 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων



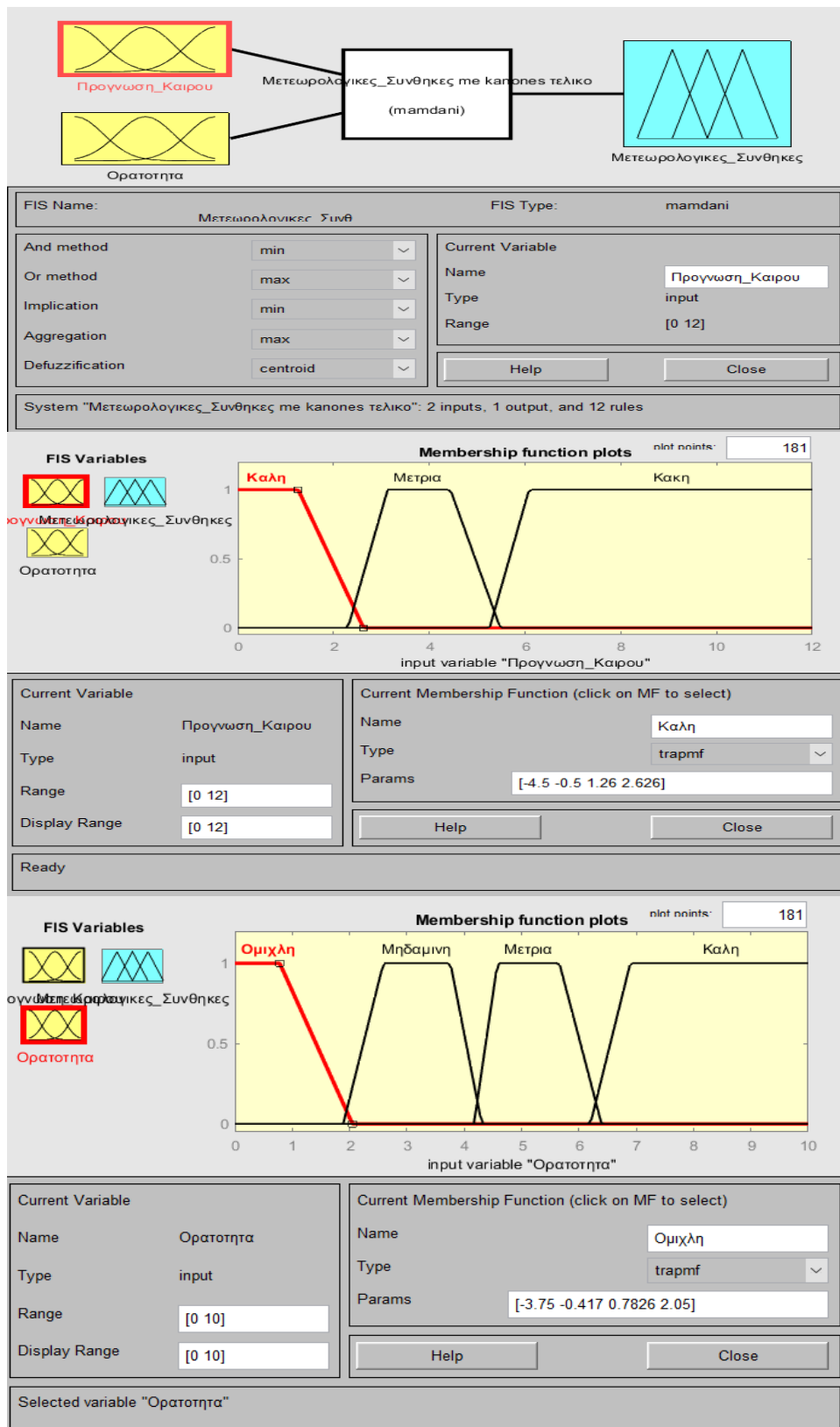
Κατασταση\_Θαλασσας (εύρος απο 0 έως 9) =3

Ταχυτητα\_Ανεμου (εύρος απο 0 εως 12 ) =5

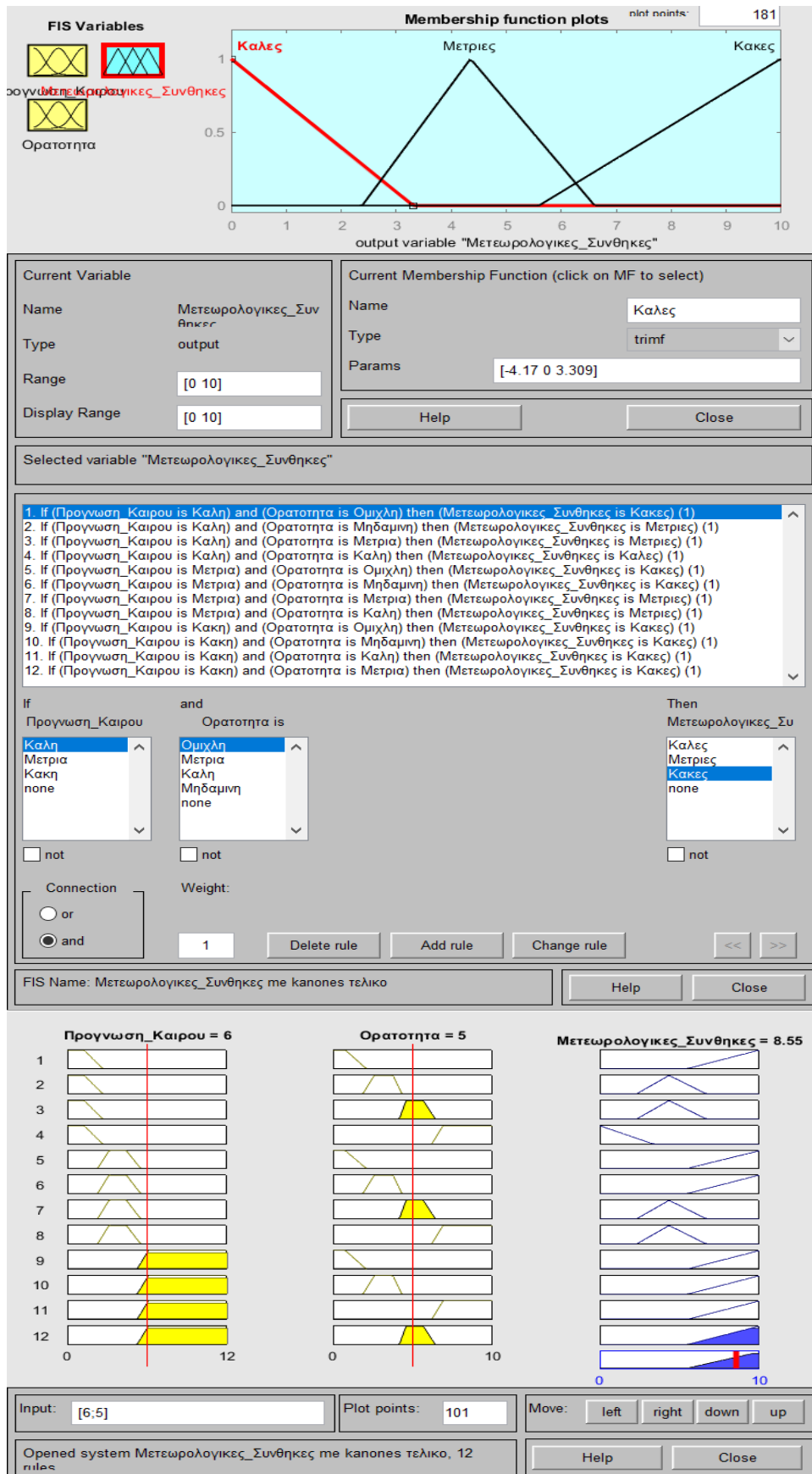
Προγνωση Καιρου με κανones : 3.7708

Εικόνα 82 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, πρόγνωση καιρού ,με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ( είσοδοι και έξοδοι ). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 13. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει την πρόγνωση καιρού όπου είναι **3.7708** .

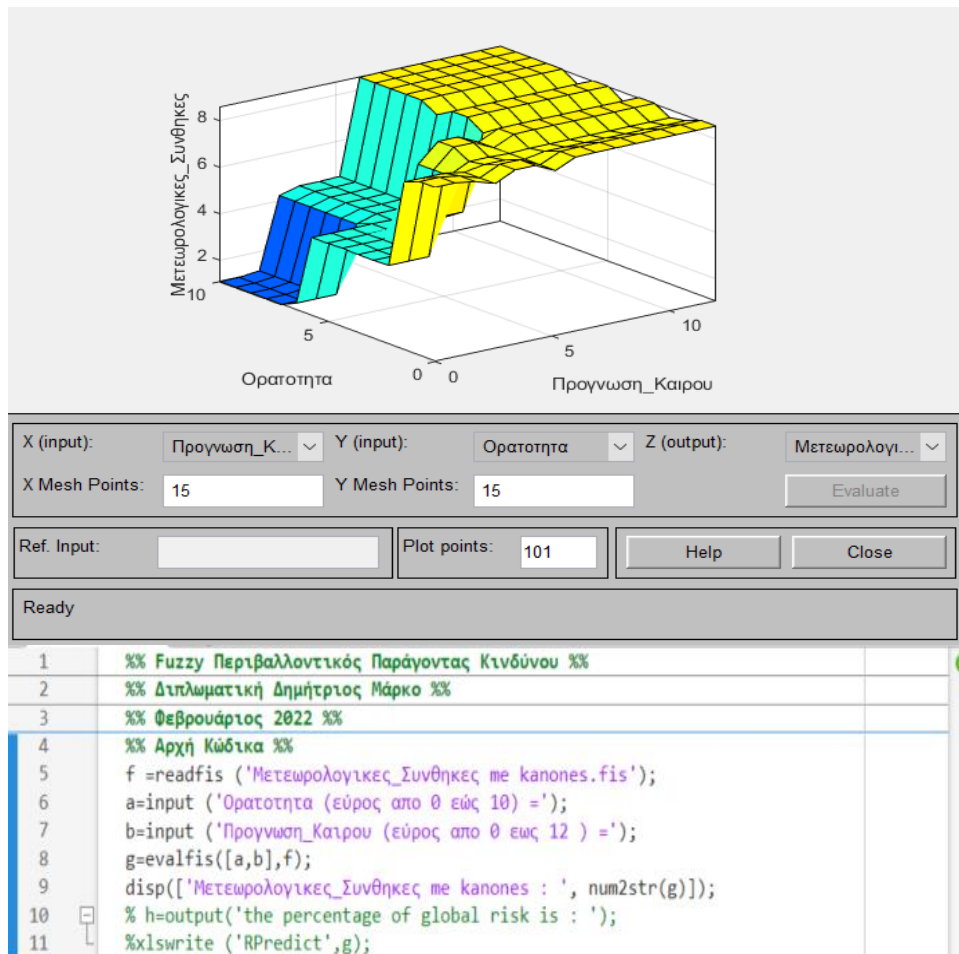


Εικόνα 83 : Ασαφές σύνολο μετεωρολογικές συνθήκες και ασαφοποίηση εισόδων



Εικόνα 84 : Ασαφопоίηση εξόδου και πίνακας κανόνων





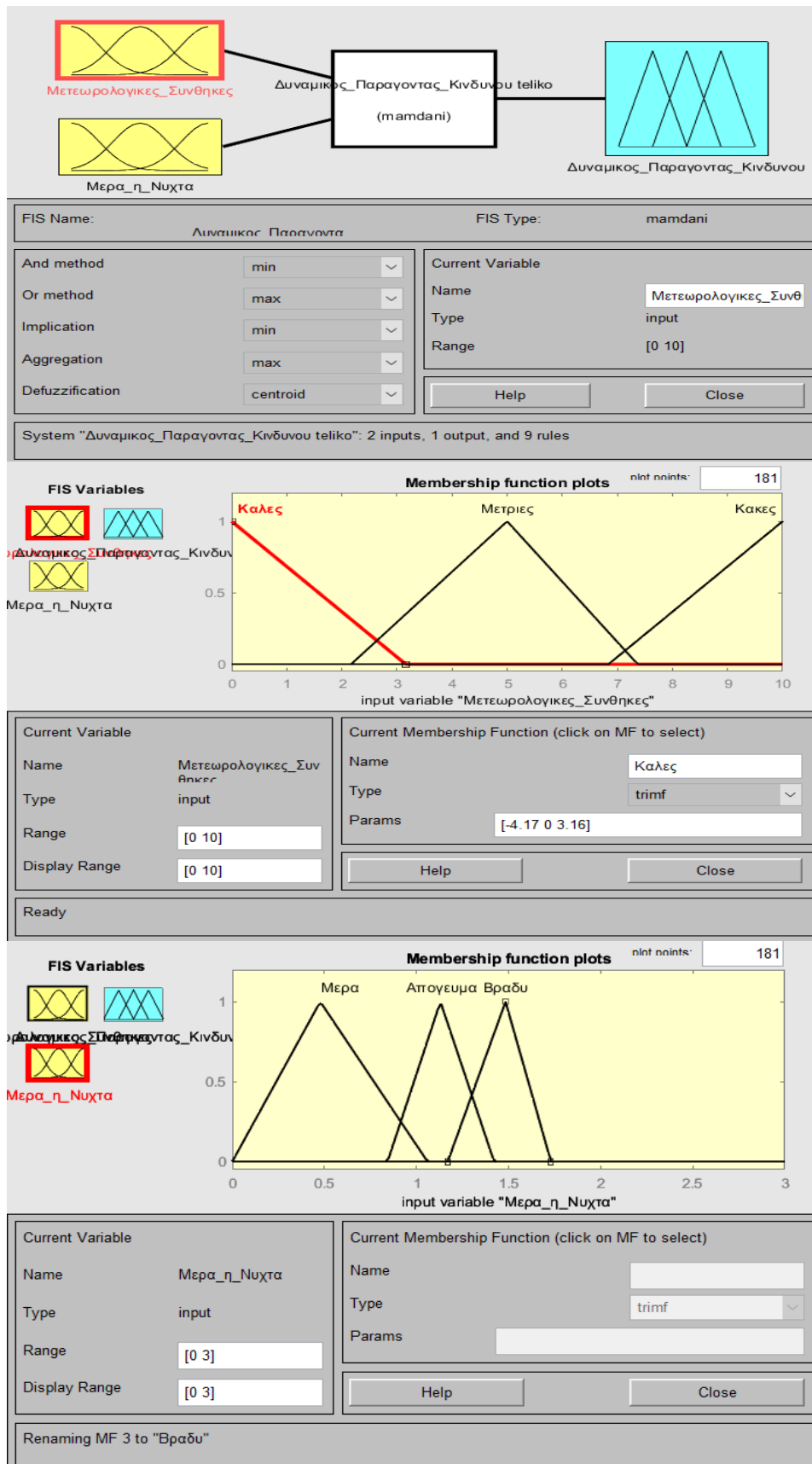
Ορατοτητα (εύρος απο 0 εώς 10) =6

Προγνωση\_Καιρου (εύρος απο 0 εως 12 ) =3.7708

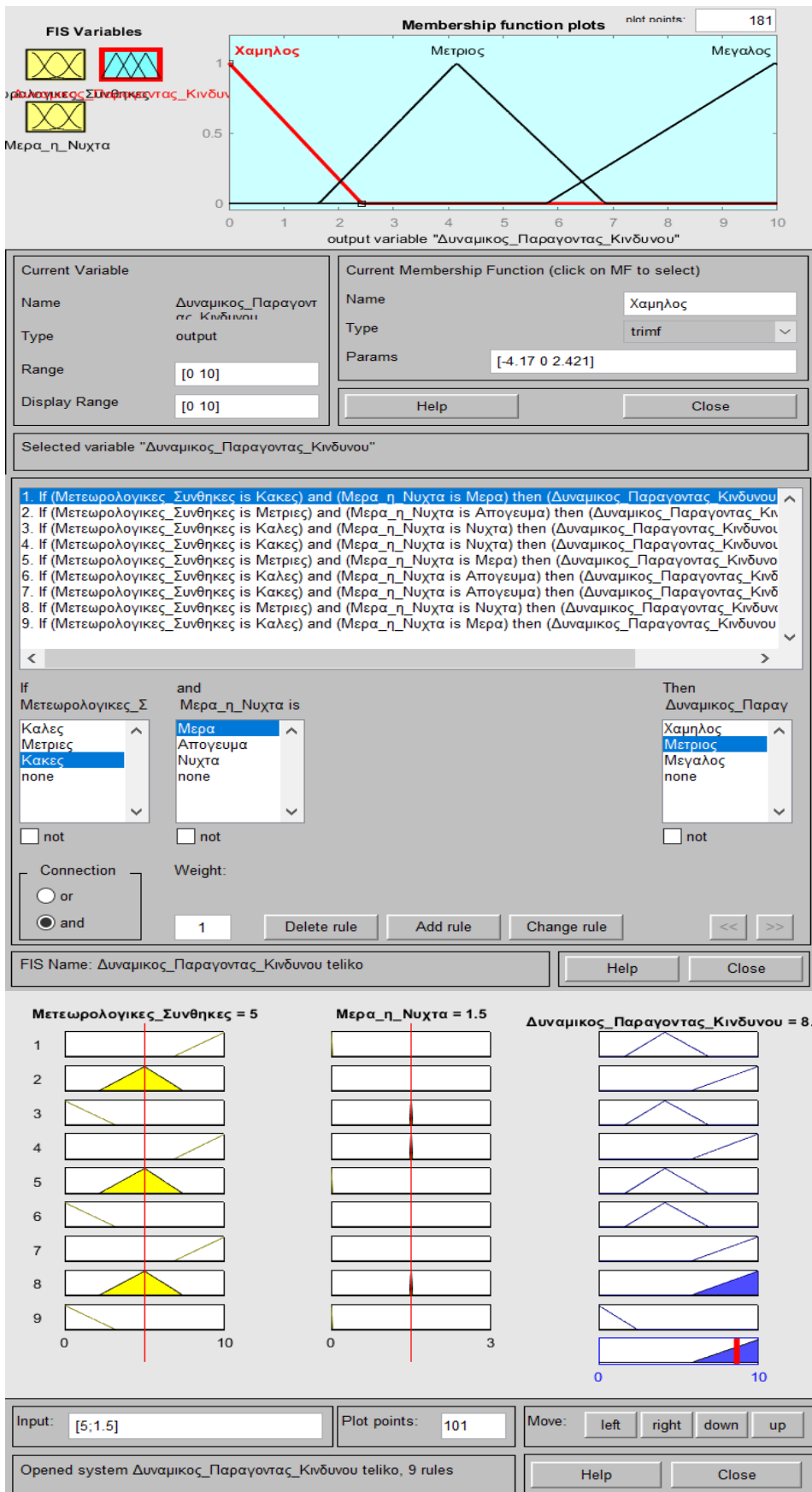
Μετεωρολογικες\_Συνθηκες με kanones : 8.6469

Εικόνα 85 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

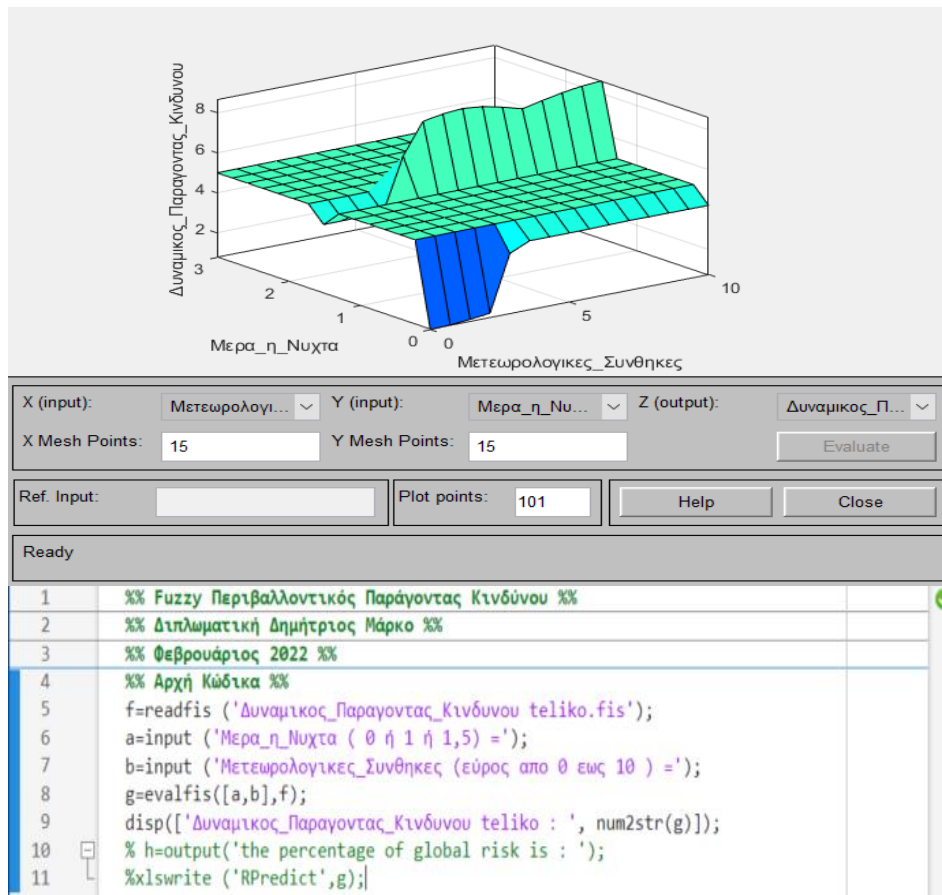
Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, μετεωρολογικές συνθήκες, με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί (είσοδοι και έξοδοι). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 14. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασισμένο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει τις μετεωρολογικές συνθήκες όπου είναι **8.6469**.



Εικόνα 86 : Ασαφές σύνολο δυναμικός παράγοντας κινδύνου και ασαφопоίηση εισόδων



Εικόνα 87 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων



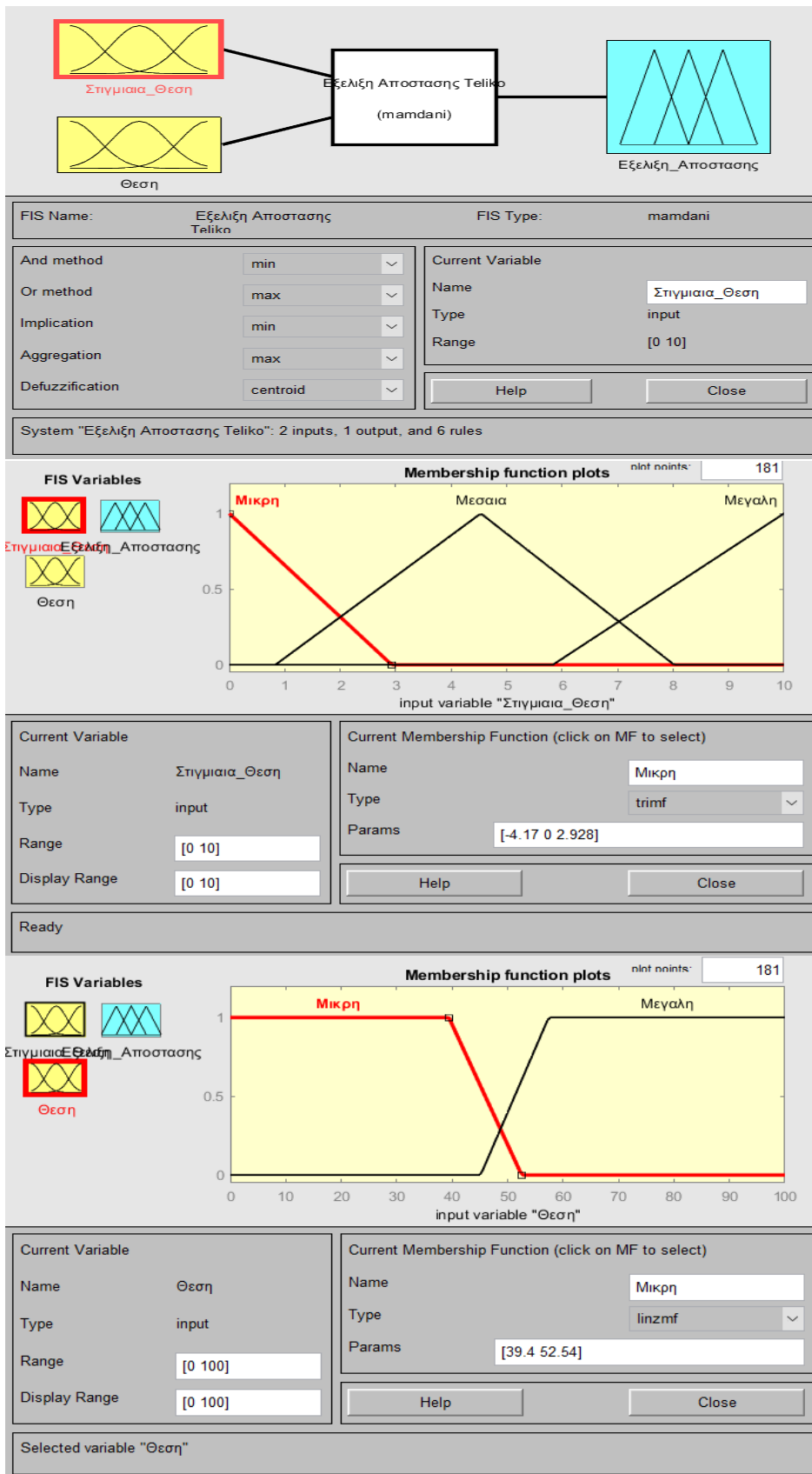
Μερα\_η\_Νυχτα ( 0 ή 1 ή 1,5 ) = 0

Μετεωρολογικες\_Συνθηκες (εύρος απο 0 εως 10 ) =8.6469

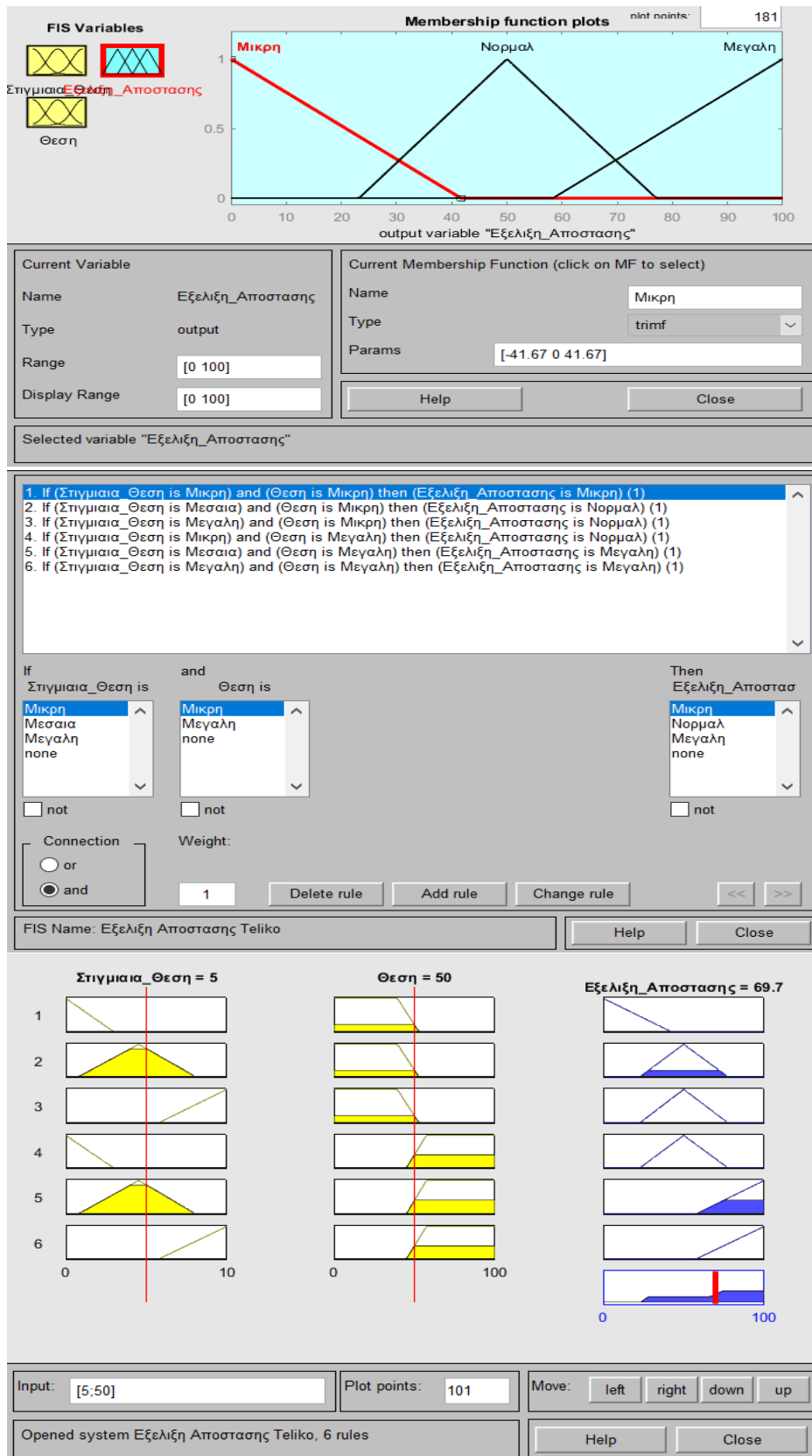
Δυναμικός\_Παράγοντας\_Κινδύνου\_teliko : 5

Εικόνα 88 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

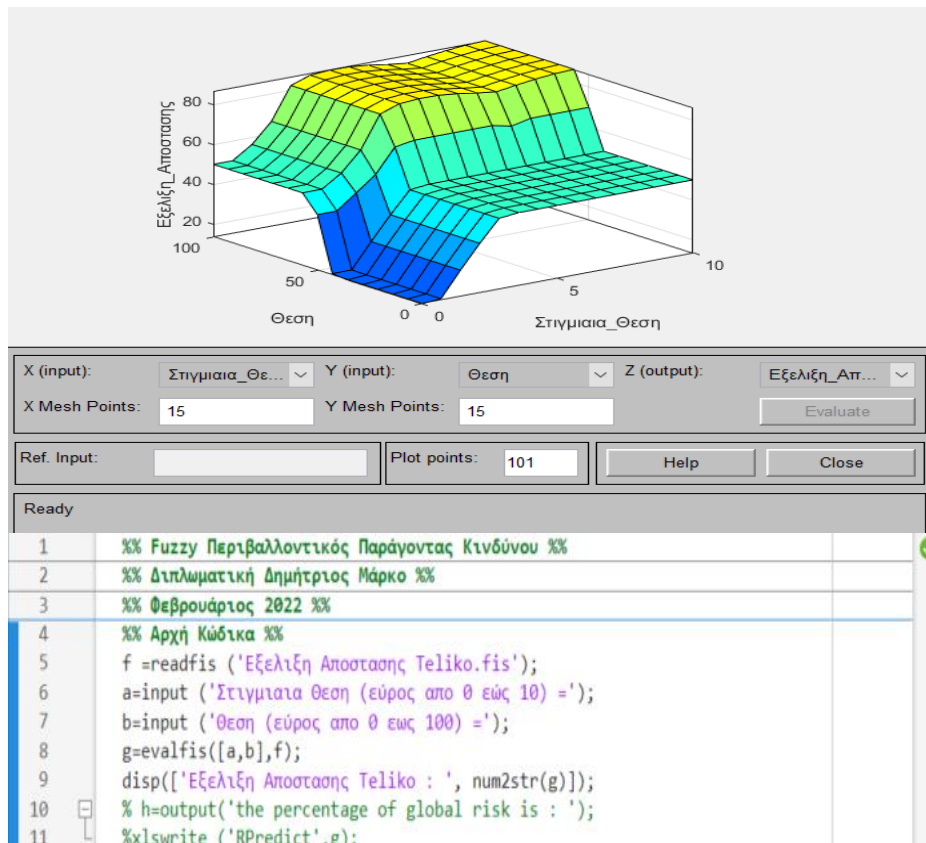
Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, δυναμικός παράγοντας κινδύνου ,με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ( είσοδοι και έξοδοι ). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 15. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασισμένο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει τον δυναμικό παράγοντα κινδύνου όπου είναι 5 .



Εικόνα 89 : Ασαφές σύνολο εξέλιξη απόστασης και ασαφοποίηση εισόδων



Εικόνα 90 : Ασαφопоίηση εξόδο και πίνακας κανόνων

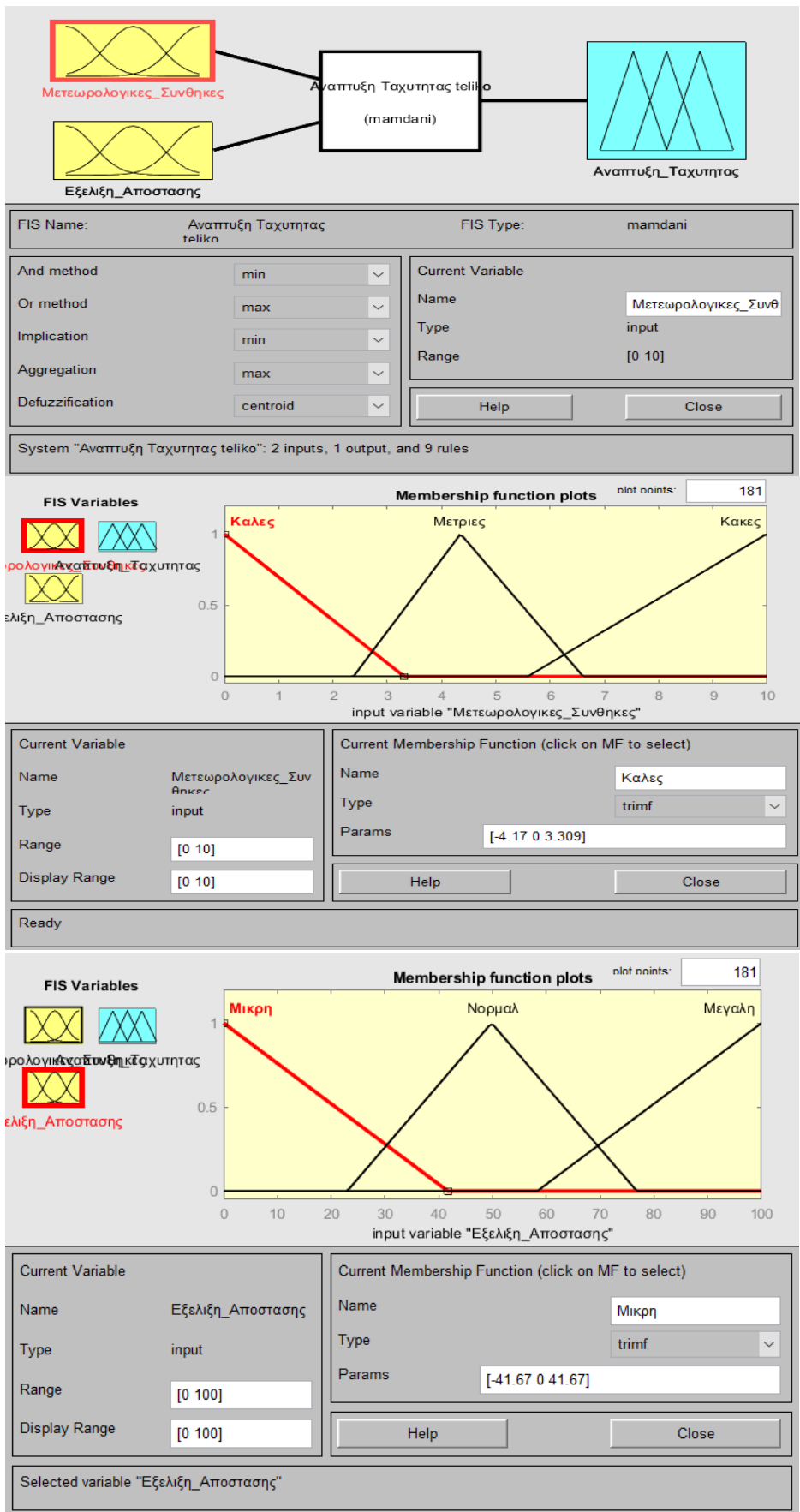


Στιγμιαία Θεση (εύρος απο 0 εώς 10) =2  
 Θεση (εύρος απο 0 εως 100) =20

Εξελιξη Απόστασης Teliko : 36.1545

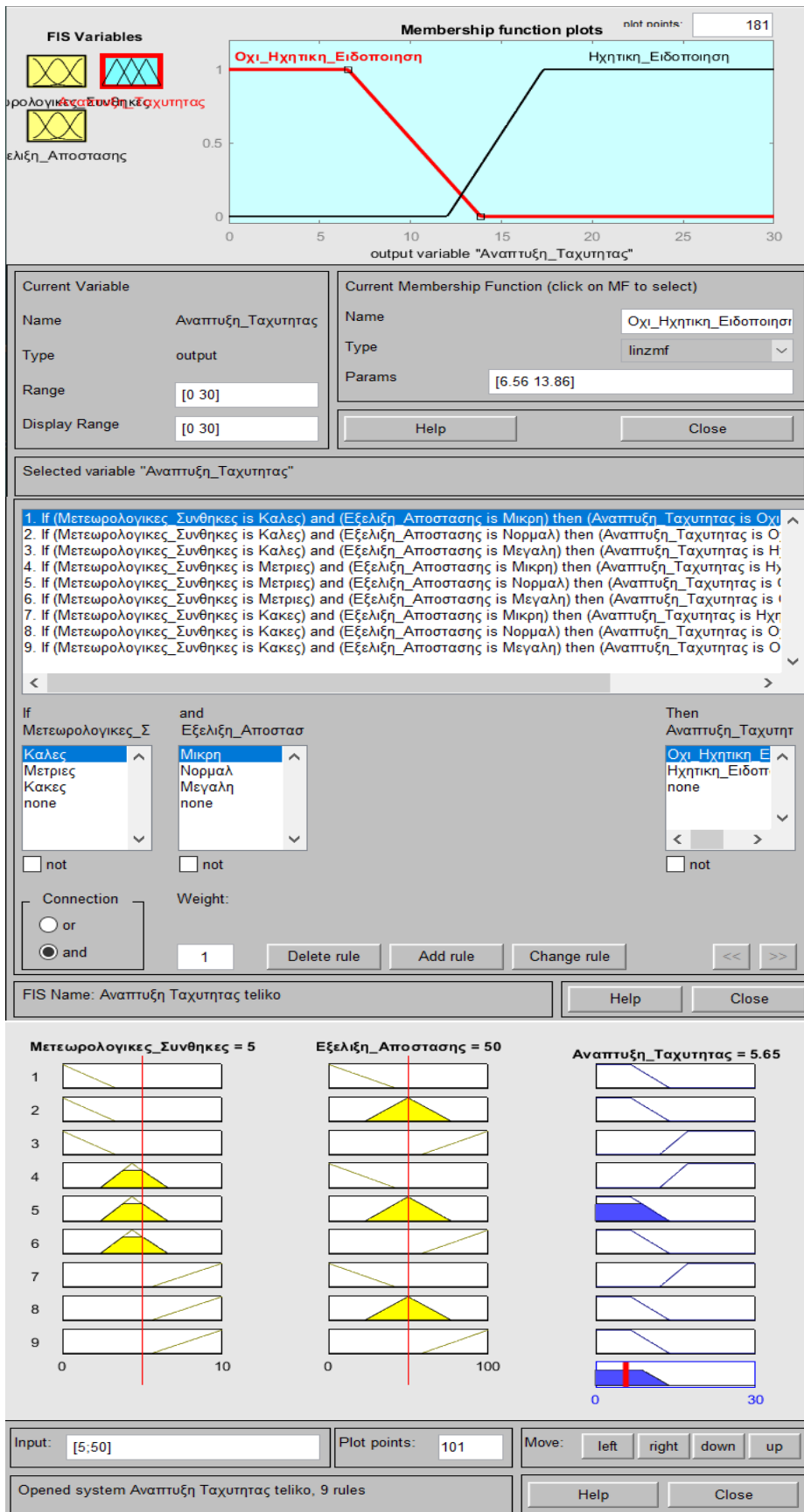
Εικόνα 91 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, εξέλιξη απόστασης , με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί ( εισοδοι και έξοδοι ). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 16. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικα του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει την εξέλιξη απόστασης όπου είναι **36.1545** .

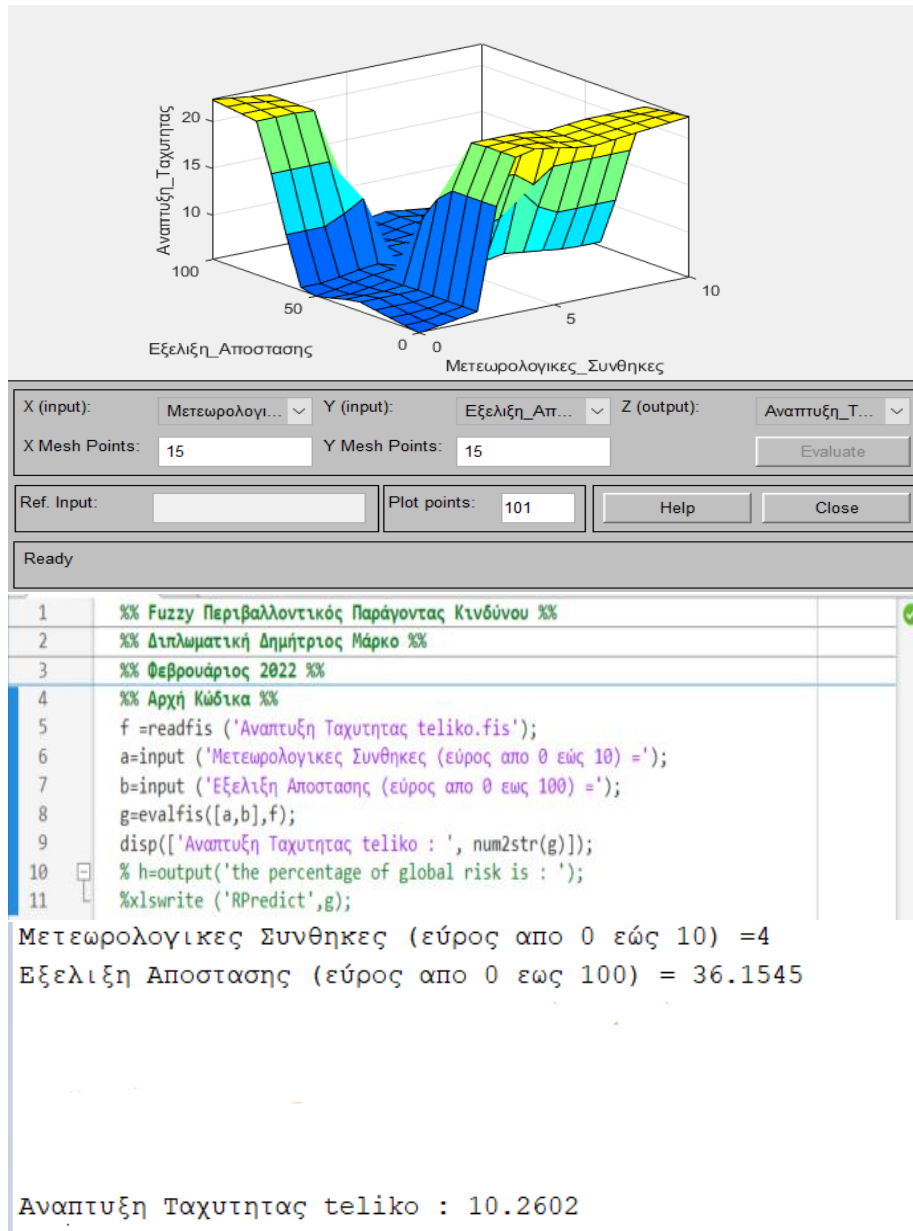


Εικόνα 92 : Ασαφές σύνολο εξέλιξη ταχύτητας και ασαφοποίηση εισόδων



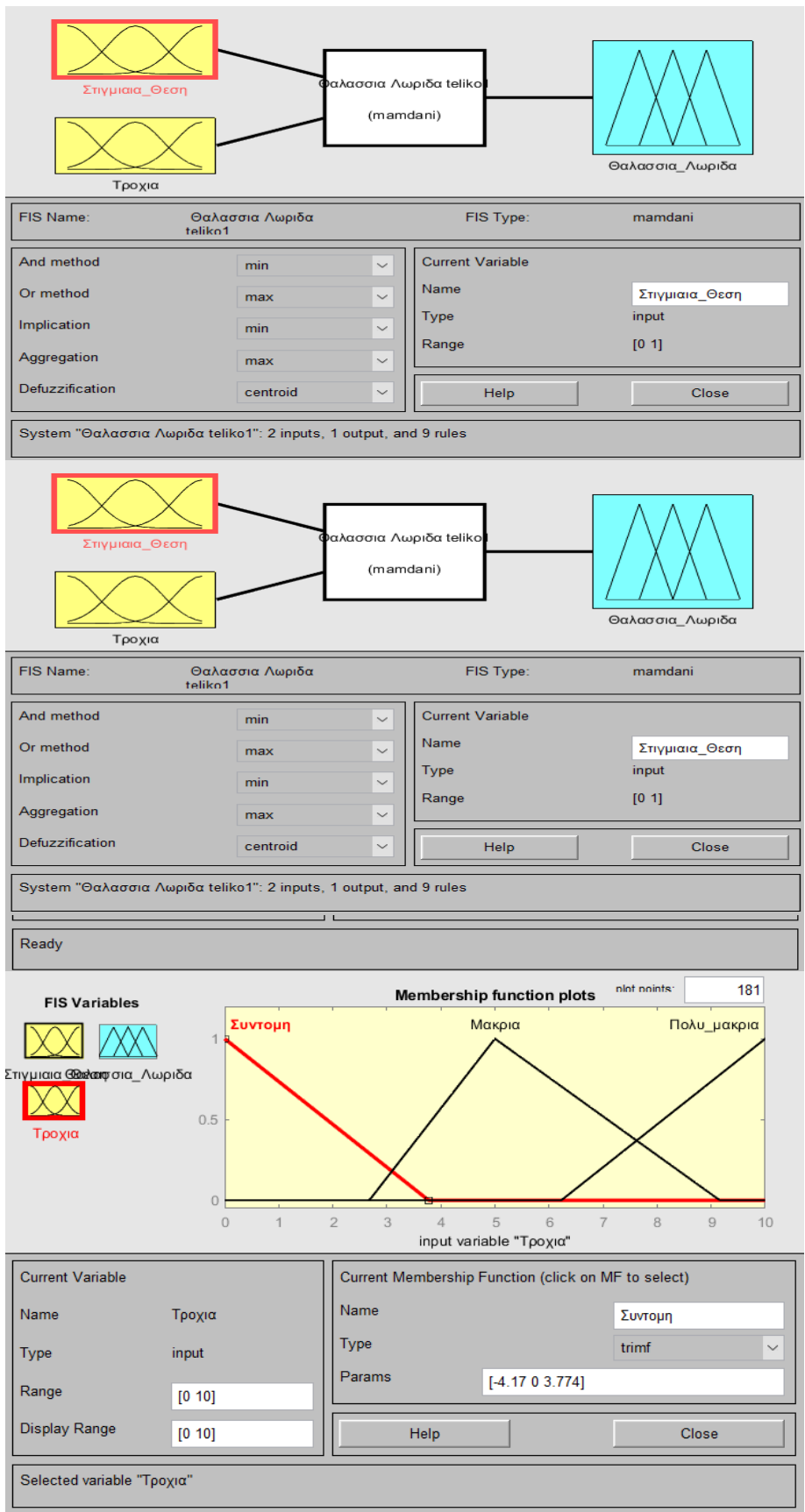


Εικόνα 93 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων

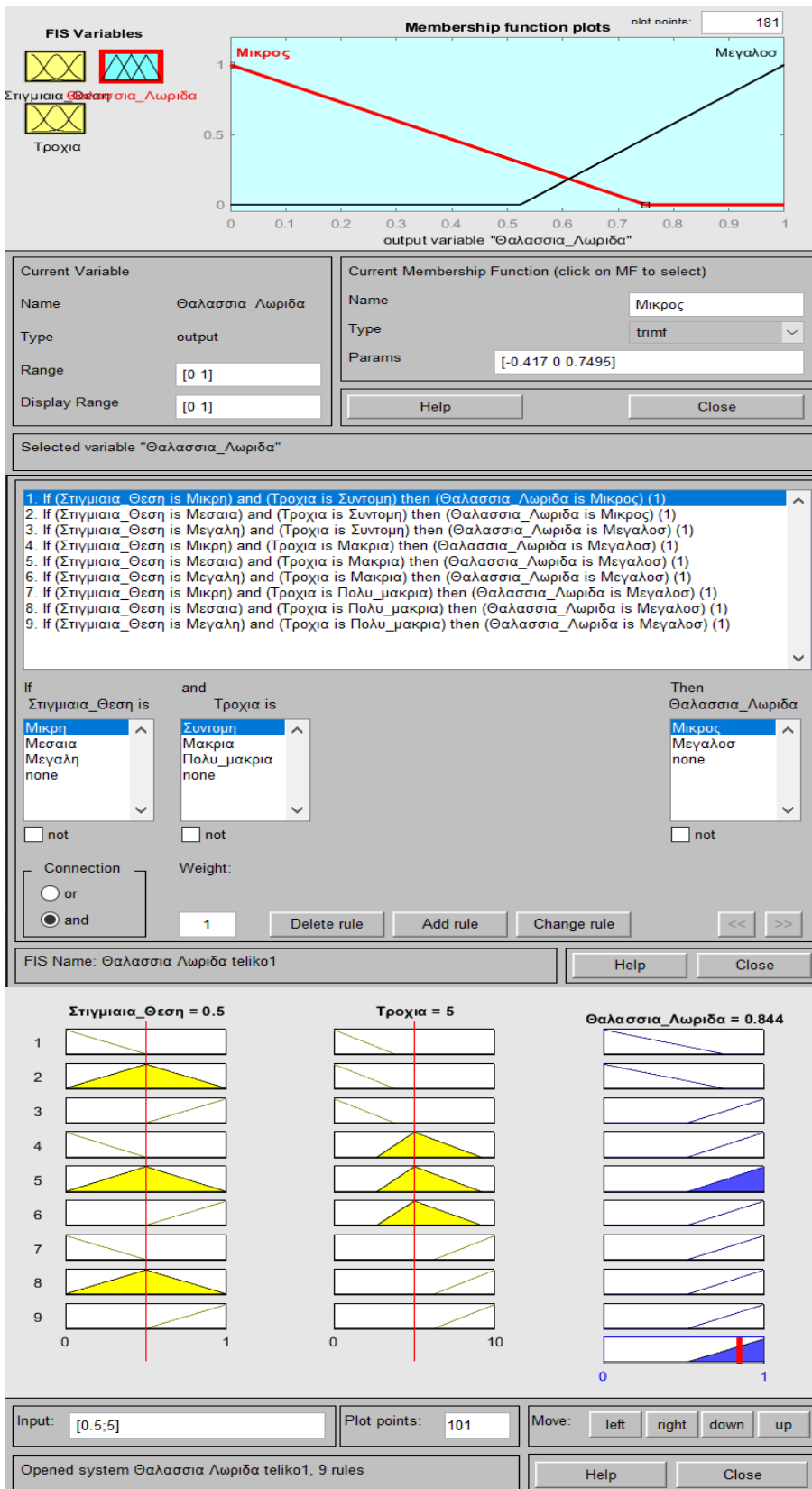


Εικόνα 94 : Κώδικας και αποτελέσματα παραδείγματος πραγματικών δεδομένων

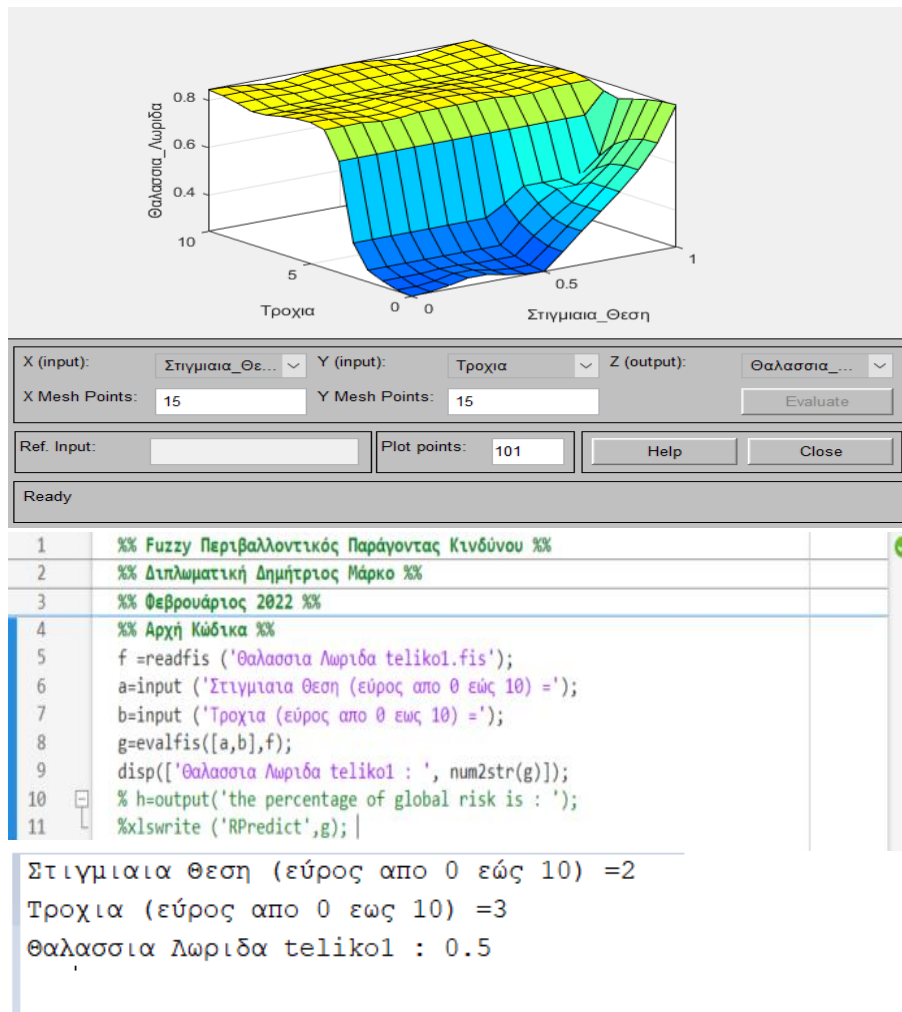
Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, ανάπτυξη ταχύτητας, με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί (είσοδοι και έξοδοι). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθηκών που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 17. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει την ανάπτυξη ταχύτητας όπου είναι **10.2602**. Το οποίο επαληθεύει και την μέση ταχύτητα που έχουμε από τα στοιχεία των ιστοτόπων.



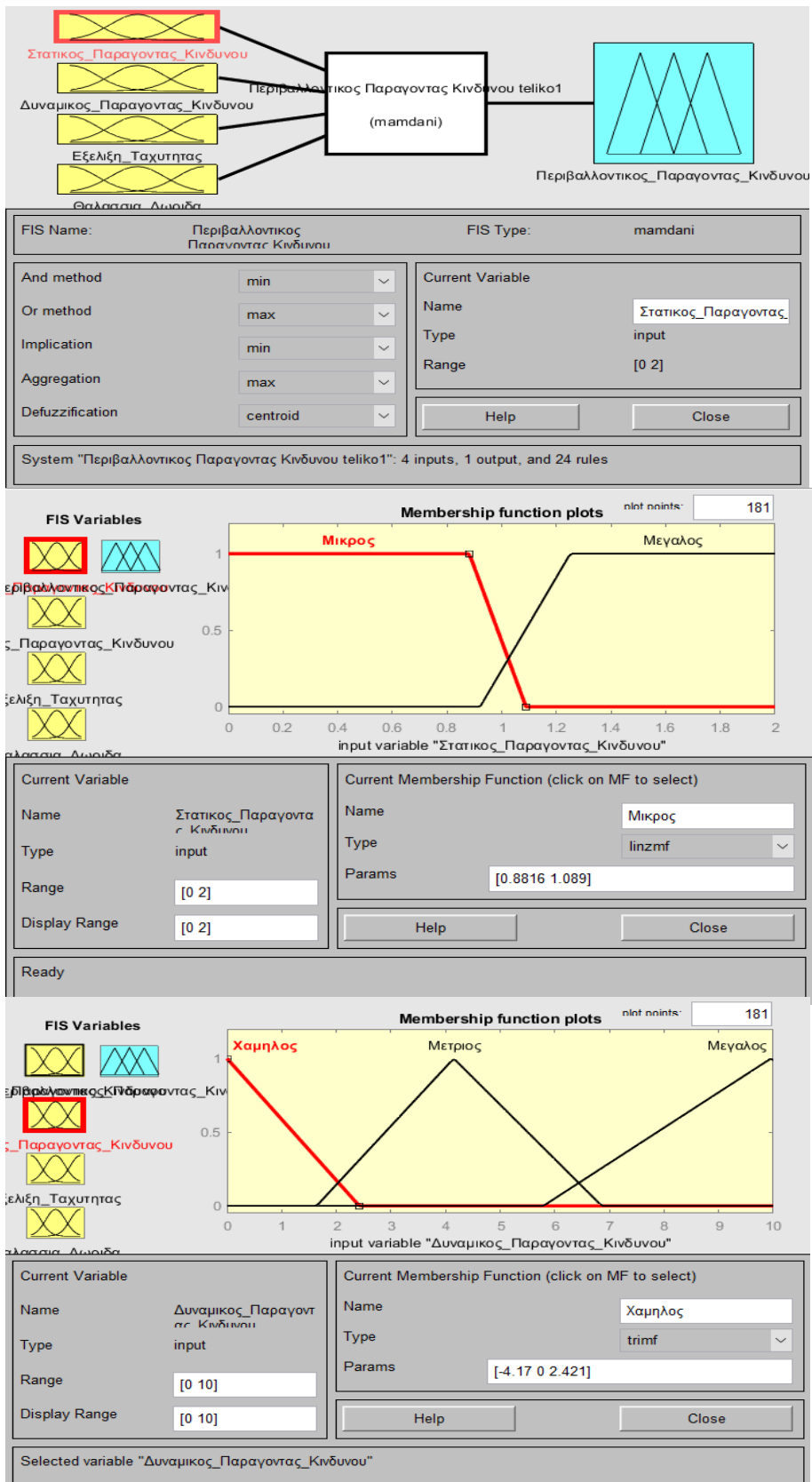
Εικόνα 95 : Ασαφές σύνολο θαλάσσια λωριδα και ασαφοποίηση εισόδων



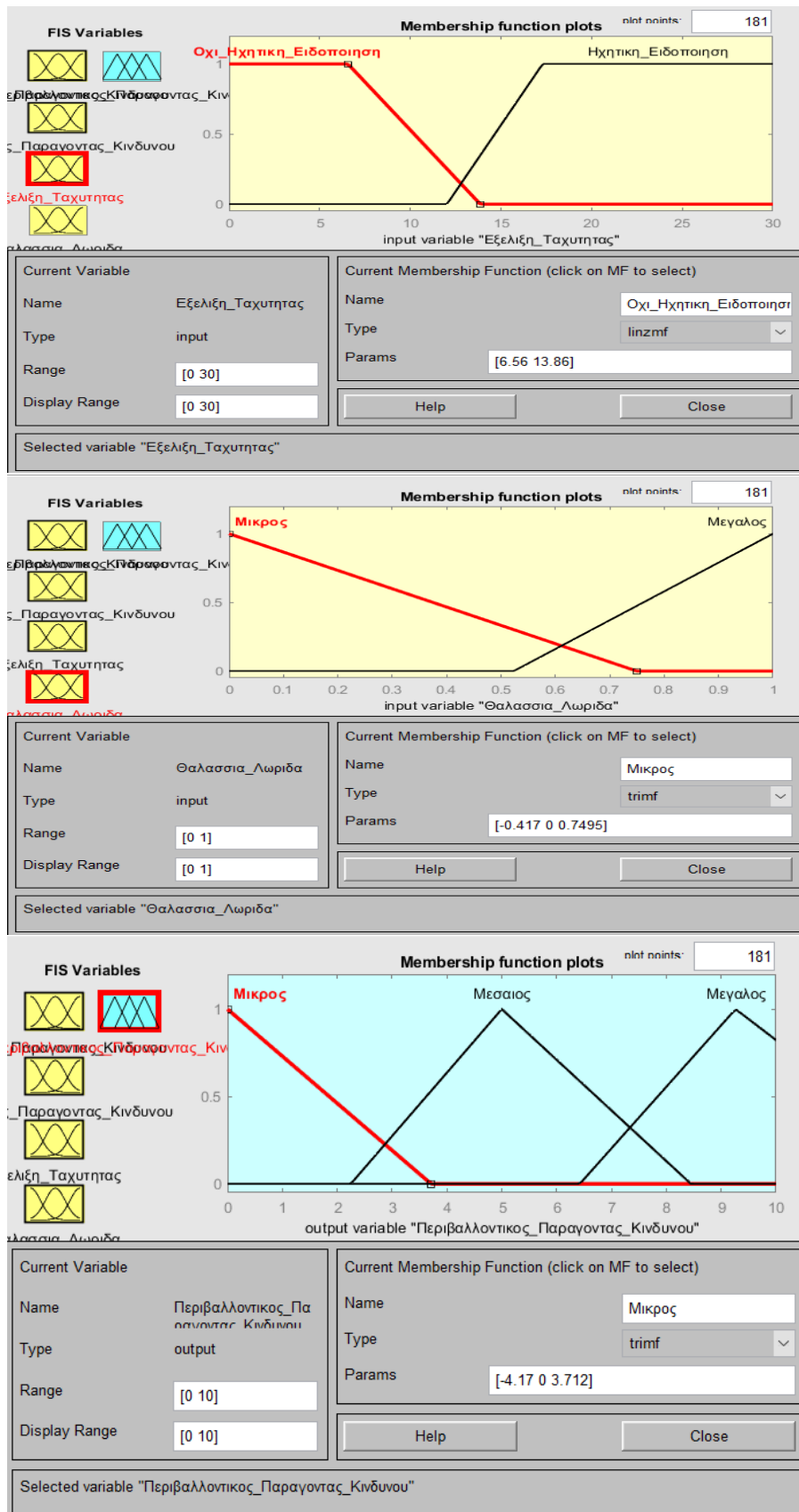
Εικόνα 96 : Ασαφοποίηση εξόδου και πίνακας κανόνων



Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, θαλάσσια λωρίδα, με τις παραμέτρους που έχουν τεθεί (είσοδοι και έξοδοι). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 18. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει την θαλάσσια λωρίδα όπου είναι **0.5**.



Εικόνα 98 : Ασαφές σύνολο περιβαλλοντικός παράγοντας κινδύνου και ασαφοποίηση εισόδων



Εικόνα 99 : Ασαφопоίηση εισόδων και έξοδος του ασαφές συνόλου







```

1 %% Fuzzy Περιβαλλοντικός Παράγοντας Κινδύνου %%
2 %% Διπλωματική Δημήτριος Μάρκο %%
3 %% Φεβρουάριος 2022 %%
4 %% Αρχή Κώδικα %%
5 f=readfis('Περιβαλλοντικός Παραγοντας Κινδυνου teliko.fis');
6 a=input('Στατικός Παράγοντας Κινδύνου (εύρος απο 0 εώς 10) =');
7 b=input('Δυναμικός Παράγοντας Κινδύνου (εύρος απο 0 εως 10) =');
8 c=input('Εξέλιξη Ταχύτητας (εύρος απο 0 εως 10) = ');
9 d=input('Θαλάσσια Λωρίδα (εύρος απο 0 εως 10) =');
10 e=evalfis([a,b,c,d],f);
11 disp(['Περιβαλλοντικός Παραγοντας Κινδυνου teliko : ', num2str(g)]);

```

```

Στατικός Παράγοντας Κινδύνου (εύρος απο 0 εώς 10) =1
Δυναμικός Παράγοντας Κινδύνου (εύρος απο 0 εως 10) =5
Εξέλιξη Ταχύτητας (εύρος απο 0 εως 10) = 10.2602
Θαλάσσια Λωρίδα (εύρος απο 0 εως 10) =0.5
Περιβαλλοντικός Παραγοντας Κινδυνου teliko : 0.5

```

Εικόνα 101 : Κώδικας και αποτέλεσμα περιβαλλοντικού παράγοντα κινδύνου παραδείγματος πραγματικών δεδομένων, για το πλοίο

Αρχικά παρατηρούμε το ασαφές σύνολο, περιβαλλοντικός παράγοντας κινδύνου, τις παραμέτρους που έχουν τεθεί (είσοδοι και έξοδοι). Μετα με μια πιο συγκροτημένη ματιά διακρίνουν τις συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο που έχουμε θέσει. Έπειτα γίνεται μια παράθεση της βάσης κανόνων στην οποία έχουμε θέσει κανόνες ώστε να καλύπτει όλο το φάσμα των συνθήκων που μπορεί να προκύψουν με βάση τον πίνακα 19. Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση των κανόνων και ένα γράφημα βασιζόμενο σε αυτό. Τέλος έχει δημιουργηθεί ο γενικός κώδικας του ασαφούς συνόλου όπου μετα προσθέτουμε τα πραγματικά δεδομένα και αποδίδει τον περιβαλλοντικό παράγοντα κινδύνου όπου είναι **0.5**. Κάτι το οποίο σημαίνει ότι είναι μικρός ο περιβαλλοντικός παράγοντας κινδύνου, στην ουσία ήταν ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας.

## Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με δυο πολύ σημαντικά ζητήματα. Αρχικά, έγινε μια προσπάθεια εντοπισμού των προβλημάτων και των τρόπων μόλυνσης που θαλάσσιου περιβάλλοντος από τον κλάδο της Ναυτιλίας (θαλάσσια κυκλοφορία κ.α.) και στη συνέχεια εξετάστηκαν οι παράγοντες που καθορίζουν τον περιβαλλοντικό παράγοντα ώστε πριν από κάθε απόπλου να υπάρχει μια ενδεικτική εικόνα κινδύνου.

Για την επίτευξη αυτού, σημαντικό κομμάτι της εργασίας αποτέλεσε η ανάλυση της θαλάσσια κυκλοφορίας κατά τις θαλάσσιες μεταφορές. Από την αρχαιότητα η ναυτιλία θεωρούνταν το πιο διαδεδομένο μέσο για τη μεταφορά πρώτων υλών και αγαθών. Τα διαφορετικά είδη αγαθών οδήγησαν στην διαφοροποίηση των πλοίων ανάλογα με το είδος μεταφοράς αγαθών και τις διαδρομές που θα ακολουθήσουν. Παράλληλα, το νομικό καθεστώς που υφίσταται γενικά αλλά και σε ατυχηματικές περιπτώσεις σε διεθνή και εθνικά ύδατα επιδέχεται συνεχώς ανανεώσεις και διορθώσεις από τα συμβαλλόμενα μέρη ώστε να καλύπτει, να βελτιώνει και να περιορίζει τις παραβάσεις που λαμβάνουν χώρα στην θάλασσα. Με σημαντικότερο για την συνεισφορά του το Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας (IMO).

Στο δεύτερο τμήμα γίνεται μια εκτενής ανάλυση της ασαφούς λογικής που αποτελεί βασικό εργαλείο για την κατανόηση του προβλήματος που πραγματεύεται η εργασία αυτή - καθώς δίνει την δυνατότητα ορισμού της ανακρίβειας ποσοτικά για κάθε μια κατάσταση η ένα γεγονός. Έπειτα γίνεται διεξοδική ανάλυση στο σύστημα MA.Ris.A σε ό,τι αφορά τα ασαφή σύνολα από τα οποία αποτελείται, τους κανόνες και τον βαθμό συμμετοχής κάθε μεταβλητής.

Αυτά τα δυο μέρη συνδυάζονται ιδανικά στο τελευταίο μέρος όπου παρουσιάζονται αληθινά δεδομένα ενός πλοίου κατά την διάρκεια ενός ταξιδιού που έχει αναλάβει. Έτσι επιτυγχάνουμε την παρουσίαση του περιβαλλοντικού παράγοντα κινδύνου και την ενδεχομένη αποτροπή κάποιου ατυχήματος σε περίπτωση μεγάλου κινδύνου λαμβάνοντας υπόψιν το σύστημα λήψης αποφάσεων και όλα τα παραπάνω που έχουν αναλυθεί.

Η διπλωματική παρουσιάζει ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να ενσωματωθεί μελλοντικά στο σύστημα AIS και να φανεί εξαιρετικά χρήσιμο διότι θα μπορεί να υπολογίζει ανά πάσα στιγμή τον κίνδυνο καθώς πρέπει να λάβουμε υπόψιν πως ο δυναμικός παράγοντας ο οποίος μεταβάλλεται ανάλογα το ημισφαίριο που βρίσκεται το πλοίο. Έτσι η ανανέωση των πληροφοριών αυτών κρίνεται επιτακτική.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω που φτάσατε έως εδώ και να εμπλουτίσατε την ήδη υπάρχουσα γνώση σας.

## Αναφορές

- Delautre, S., Veritas, B., Eliopoulou, E., & Mikelis, N. (2015). The Influence of Regulations on the Safety Record of the Aframax Tankers. *ResearchGate*.
- Agency, E. E. (2007, 9 12). *Water and marine environment*. Ανάκτηση από European Union: <https://www.eea.europa.eu/themes/water/intro>
- Balmat, J.-F., Lafont, F., Maifret, R., & Pessel, N. (2011). A decision-making system to maritime risk assessment. *Ocean Engineering*, 171-176.
- Balmat, J.-F., Lafont, F., Maifret, R., & Pessel, N. (2009). MARitime RiSk Assessment (MARISA), a fuzzy approach to define an individual ship risk factor. *Ocean Engineering*, 1278-1286.
- Blej, M., & Azizi, M. (January 2016). Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Fuzzy Real Time Scheduling. *ResearchGate*.
- Cullinane, S. H. (χ.χ.). *The Geometry of Logic: Finite Geometry and the 16 Boolean Connectives*. Ανάκτηση από [http://finitegeometry.org/sc/16/logic.html?fbclid=IwAR1prDbUIq\\_jK6k0dQnlO2RklvfDJSgk\\_tQGLNN4MX1HT7Sg2szRRtmRmtc](http://finitegeometry.org/sc/16/logic.html?fbclid=IwAR1prDbUIq_jK6k0dQnlO2RklvfDJSgk_tQGLNN4MX1HT7Sg2szRRtmRmtc)
- Dernoncourt, F. (2013, Ιανουάριος). *Introduction to fuzzy logic*.
- Fernandez Arguedas, V., Pallotta, G., & Vespe, M. (2018). Maritime Traffic Networks: From Historical Positioning Data to Unsupervised Maritime Traffic Monitoring. *IEEE Access*.
- Hellmann, M. (January 2001). Fuzzy Logic Introduction. *ResearchGate*.
- Huanhuan , L., Xujie, R., & Zaili , Y. (2022). Data-driven Bayesian network for risk analysis of global maritime accidents. *ScienceDirect*, 18. Ανάκτηση από Data-driven Bayesian network for risk analysis of global maritime accidents.
- IMO. (1954). *INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF TE POLLUTION OF THE SEA BY OIL (OILPOL)*. International Maritime Organization.
- IMO. (1972). *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/COLREG.aspx>
- IMO. (1973). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. Ανάκτηση από [https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- IMO. (1974). *Safety of Life at Sea ( SOLAS )*. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS.aspx>

- IMO. (1993). *The International Safety Management (ISM)*. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/ourwork/humanelement/pages/ISMCode.aspx>
- JEONG-SEOK, L., HYEONG-TAK, L., & IK-SOON, C. (2022). Maritime Traffic Route Detection Framework Based on Statistical Density Analysis From AIS Data Using a Clustering Algorithm. *IEEE Access*.
- Kluska, J. (χ.χ.). *Analytical Methods in Fuzzy Modeling and Control*. Ανάκτηση από Studies in Fuzziness and Soft Computing.
- Le Tixerant M., L. G. (2018). *How can Automatic Identification System (AIS) data be used for maritime spatial planning?* ResearchGate.
- Marine Pollution*. (2022). Society, National Geographic.
- MARPOL (The International Convention for Prevention of Marine Pollution For Ships): The Ultimate Guide. (4, June 2022). *Marine Insight*. Ανάκτηση από <https://www.marineinsight.com/maritime-law/marpol-convention-shipping/>
- Novak, V., Mockor, J., & Perfilieva, I. (1999). Mathematical Principles of Fuzzy Logic. *ResearchGate*.
- Paris MoU. (χ.χ.). <https://www.parismou.org/>. Ανάκτηση από Paris MoU on Port State Control: <https://www.parismou.org/inspections-risk/ship-risk-profile/ship-risk-calculator>
- Ross, T. J. (1995). *Fuzzy Logic With Engineering Applications*. 3η Έκδοση .
- Shahzad , F.-R., Alp , A., Yingqian , Z., Ehsan , S., & de Jong, E. (2020). A group risk assessment approach for the selection of pharmaceutical product shipping lanes. *ScienceDirect*.
- Sheng-Long, K., & Ki-Yin, C. (2017). Study on fuzzy GIS for navigation safety of fishing boats. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 84-93.
- Shengming , Z., Terndrup Pedersen, P., & Villavicencio, R. (2019). Probability of ship collision and grounding. *ScienceDirect*.
- SHIPATLAS BY MARITIME OPTIMA. (χ.χ.). <https://www.maritimeoptima.com/shipatlas>. Ανάκτηση από <https://www.maritimeoptima.com/shipatlas/sea-route-calculator>
- United States Coast Guard . (1989). *Oil Pollution Act of 1990 (OPA)*. National Pollution Funds Center .
- Wang, J. (2018, December 4). Maritime risk modelling and decision making. *LJMU Research Online*, σσ. pp. 3-19. Ανάκτηση από <https://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/9757/>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. 338-353.
- Zadeh, L. A. (2008, February 8). Is there a need for fuzzy logic? *ScienceDirect*.

- ΑΡΙΣΤ. Β. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ, Ν. Γ. (2015). *ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ – ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Βλάχος, Γ. (1999). *Εμπορική ναυτιλία και θαλάσσιο περιβάλλον*. Εκδόσεις Σταμούλης.
- Δημαρακης, Α., & Ντουνη, Χ. (1993). *ΑΠΟΦΥΓΗ ΣΥΓΚΤΟΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ*. ΑΘΗΝΑ: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Δήμου, Ι. (2015). Ισορροπία πλοίου στη θάλασσα. *Διάλεξη 4η*. Ανάκτηση από [https://eclass.hna.gr/modules/document/file.php/TOM2110/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82/2015.10\\_L.04.pdf](https://eclass.hna.gr/modules/document/file.php/TOM2110/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82/2015.10_L.04.pdf)
- Ζαχαρια, Π. (2020). Σημειώσεις μαθηματος Τεχνητη Νοημοσυνη. Ζ' εξαμηνου. *UniWA eclass Σημειώσεις διδασκοντος*.
- Ιωάννου, Κ., & Στρατή, Α. (2000). *Δίκαιο της Θάλασσας*. Εκδόσεις Σάκκουλας .
- Κοινοβούλιο, Ε. (2010, 10 20). *Απειλή για την τροφική αλυσίδα της θάλασσας*. Ανάκτηση από Κοινοβουλευτική ερώτηση - E-9003/2010: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-7-2010-9003\\_EL.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-7-2010-9003_EL.html)
- ΚΟΛΛΙΝΙΑΤΗ, Ι. Ε. (2016). *ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ-ΚΟΠΩΣΕΙΣ*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Λιναρδάτος, Γ., & Λιναρδάτος, Δ. (Αθήνα 2014). Ραντάρ. Εκπαιδευτικό κείμενο ΑΕΝ. *Έκδοση Ευγενιδείου Ιδρύματος*, σελ. 25-79.
- Παλληκάρης, Α., Κατσούλης, Γ., & Δαλακλής, Δ. (Αθήνα 2014). Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα. Εκπαιδευτικό κείμενο ΑΕΝ. *Έκδοση Ευγενιδείου Ιδρύματος*, σελ. 131-319.
- Σαμαρακου, Μ. (2014). Ασαφης Λογικη - Θεωρια Κλασσικων και Ασαφων Συνολων ( Ενοτητα 6 ). *Σημειώσεις διδασκοντος ( Τμημα Ενεργειακης Τεχνολογιας ) ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ*.
- Χυτηρογλου, Μ., Μπιτζούνη, Δ., Μπαζάκη - Δρακούλη, Β., & Βασδέκη, Μ. (2019, Ιουλίου 25). *ΑΡΕΙΟΣ ΠΑΓΟΣ ΝΟΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ*. Ανάκτηση από Απόφαση 1406 / 2019 (Ε' ΠΟΙΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ): [http://www.areiospagos.gr/nomologia/apofaseis\\_DISPLAY.asp?cd=XHLX533J5YAXCK6EX6NI6OGC4ZGQ5K&apof=1406\\_2019&info=%D0%CF%C9%CD%C9%CA%C5%D3%20-%20%20%C5](http://www.areiospagos.gr/nomologia/apofaseis_DISPLAY.asp?cd=XHLX533J5YAXCK6EX6NI6OGC4ZGQ5K&apof=1406_2019&info=%D0%CF%C9%CD%C9%CA%C5%D3%20-%20%20%C5)

## Πηγές εικόνων

Εικόνα 1 :

[https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fcrackittoday.com%2Fgkwiki%2Fbiosphere-reserves-of-india-upsc-notes-current-affairs%2F%3Ffbclid%3DIwAR1OxIKdxmw61jLj--V0l1bB3MeUE536U\\_ivl9rCvgM1bJJZ9Zq4V2L\\_bPA&h=AT31ZuVQTLzsKYYOodYXnmVN7bcSIV3Tq520sLBGsVgkNn-dajhd4MsusdWzW-El76gTPi8nXE7cXvHLf6fh236j0iE53sXTYt7aDcDmIJWhRvo7kWPWLqEz6iltLiRe33Ge7A](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fcrackittoday.com%2Fgkwiki%2Fbiosphere-reserves-of-india-upsc-notes-current-affairs%2F%3Ffbclid%3DIwAR1OxIKdxmw61jLj--V0l1bB3MeUE536U_ivl9rCvgM1bJJZ9Zq4V2L_bPA&h=AT31ZuVQTLzsKYYOodYXnmVN7bcSIV3Tq520sLBGsVgkNn-dajhd4MsusdWzW-El76gTPi8nXE7cXvHLf6fh236j0iE53sXTYt7aDcDmIJWhRvo7kWPWLqEz6iltLiRe33Ge7A)

Εικόνα 2 : <https://www.theguardian.com/environment/2022/sep/06/water-issues-oceans-coastlines-marine-coastal-biodiversity>

Εικόνα 3 : <https://www.nbcnews.com/id/wbna37221379>

Εικόνα 4 : <https://apictures.club/effects-of-water-pollution-on-aquatic-life>

Εικόνα 5 : <https://www.theguardian.com/environment/2010/jun/30/biologists-find-oil-spill-deadzones>

Εικόνα 6 : [https://w.slideshare.net%2FMaanasGopinath%2Fmarpol-27888635%3Ffbclid%3DIwAR2f1SA9x\\_wATawGed7dBYZlFdf9dBKSS4OQ-WtrBuL7RnGRINi0OHTFcfg&h=AT31ZuVQTLzsKYYOodYXnmVN7bcSIV3Tq520sLBGsVgkNn-dajhd4MsusdWzW-El76gTPi8nXE7cXvHLf6fh236j0iE53sXTYt7aDcDmIJWhRvo7kWPWLqEz6iltLiRe33Ge7A](https://w.slideshare.net%2FMaanasGopinath%2Fmarpol-27888635%3Ffbclid%3DIwAR2f1SA9x_wATawGed7dBYZlFdf9dBKSS4OQ-WtrBuL7RnGRINi0OHTFcfg&h=AT31ZuVQTLzsKYYOodYXnmVN7bcSIV3Tq520sLBGsVgkNn-dajhd4MsusdWzW-El76gTPi8nXE7cXvHLf6fh236j0iE53sXTYt7aDcDmIJWhRvo7kWPWLqEz6iltLiRe33Ge7A)

Εικόνα 7 : <https://www.intresco.com/ISM-ISPS-Management>

Εικόνα 8 : [https://www.eef.edu.gr/media/3751/nautiliaki\\_politiki\\_pdf\\_2018.pdf](https://www.eef.edu.gr/media/3751/nautiliaki_politiki_pdf_2018.pdf)

Εικόνα 9 :

[https://eclass.hna.gr/modules/document/file.php/TOM2110/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82/2015.10\\_L.04.pdf](https://eclass.hna.gr/modules/document/file.php/TOM2110/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82/2015.10_L.04.pdf)

Εικόνα 10 :

[https://eclass.hna.gr/modules/document/file.php/TOM2110/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82/2015.10\\_L.04.pdf](https://eclass.hna.gr/modules/document/file.php/TOM2110/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82/2015.10_L.04.pdf)

Εικόνα 11 :

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Ais\\_dcu\\_bridge.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Ais_dcu_bridge.jpg)

Εικόνα 12 :

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Ais\\_dcu\\_bridge.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Ais_dcu_bridge.jpg)

Εικόνα 13 : Εκπαιδευτικό κείμενο ΑΕΝ. Έκδοση Ευγενιδείου Ιδρύματος, σελ. 25-79.

Εικόνα 14 έως 31 : [https://www.eef.edu.gr/media/2518/e\\_j00058.pdf](https://www.eef.edu.gr/media/2518/e_j00058.pdf)

Εικόνα 32 έως 37 : <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9721300>

Εικόνα 38 : <https://web.fsktm.um.edu.my/~cschan/doc/IJCAI2.pdf>

Εικόνα 39 : <https://web.fsktm.um.edu.my/~cschan/doc/IJCAI2.pdf>

Εικόνα 40 : <https://images.app.goo.gl/DWSkbKvnbqTtQdwi7>

Εικόνα 41 : <https://web.fsktm.um.edu.my/~cschan/doc/IJCAI2.pdf>

Εικόνα 42 :

[https://www.researchgate.net/publication/220467426\\_Fuzzy\\_Interpolative\\_Reasoning\\_for\\_Sparse\\_Fuzzy-Rule-Based\\_Systems\\_Based\\_on\\_the\\_Areas\\_of\\_Fuzzy\\_Sets/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/220467426_Fuzzy_Interpolative_Reasoning_for_Sparse_Fuzzy-Rule-Based_Systems_Based_on_the_Areas_of_Fuzzy_Sets/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)

Εικόνα 43 : Εικόνα από παρουσίαση eclass μαθηματος Τεχνητη Νοημοσυνη ( Ζαχαρια,2020)

Εικόνα 44 :

<https://cse.iitkgp.ac.in/~dsamanta/courses/archive/sca/Archives/Chapter%201%20Fuzzy%20set.pdf>

Εικόνα 44a – 44b – 44c :

[https://www.researchgate.net/publication/220467426\\_Fuzzy\\_Interpolative\\_Reasoning\\_for\\_Sparse\\_Fuzzy-Rule-Based\\_Systems\\_Based\\_on\\_the\\_Areas\\_of\\_Fuzzy\\_Sets/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/220467426_Fuzzy_Interpolative_Reasoning_for_Sparse_Fuzzy-Rule-Based_Systems_Based_on_the_Areas_of_Fuzzy_Sets/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)

Εικόνα 45 :

[https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F220467426\\_Fuzzy\\_Interpolative\\_Reasoning\\_for\\_Sparse\\_Fuzzy-Rule-Based\\_Systems\\_Based\\_on\\_the\\_Areas\\_of\\_Fuzzy\\_Sets%2Ffigures%3Flo%3D1%26utm\\_source%3Dgoogle%26utm\\_medium%3Dorganic%26fbclid%3DIwAR3luB5pNrJFgZWYXM3Oi7xErHkUoyrQRaVkmI70uwlPH5iF2GwHnmNzFJA&h=AT31ZuVQTLzsKYYOoDYXnmVN7bcSIV3Tq520sLBGsVgkNn-dajhd4MsusdWzW-El76gTPi8nXE7cXvHLf6fh236j0iE53sXTYt7aDcDmIJWhRvo7kWPWLqEz6iltLiRe33Ge7A](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F220467426_Fuzzy_Interpolative_Reasoning_for_Sparse_Fuzzy-Rule-Based_Systems_Based_on_the_Areas_of_Fuzzy_Sets%2Ffigures%3Flo%3D1%26utm_source%3Dgoogle%26utm_medium%3Dorganic%26fbclid%3DIwAR3luB5pNrJFgZWYXM3Oi7xErHkUoyrQRaVkmI70uwlPH5iF2GwHnmNzFJA&h=AT31ZuVQTLzsKYYOoDYXnmVN7bcSIV3Tq520sLBGsVgkNn-dajhd4MsusdWzW-El76gTPi8nXE7cXvHLf6fh236j0iE53sXTYt7aDcDmIJWhRvo7kWPWLqEz6iltLiRe33Ge7A)

Εικόνα 46 : <https://electronicsarea.com/boolean-algebra-introduction-rules/>

Εικόνα 47 :

[https://%3A%2F%2Fimages.app.goo.gl%2FSjgWhfZkBPiyNWsL6%3Ffbclid%3DIwAR2QehDQcn8IVmNh\\_Vds21f9ZIDxtxrNeDwasYw7CYiMmYa0CT5lujRgijU&h=AT09AY7WYYD6WG2A72yXcQeGb0NcE5-D1qzHIsEhQuRaws5\\_POTzJvrc7XgTBwmRJI-VcEJqtUVbyVDWGfoM1oJ9jCwxtddVbht0xLOZEqBL8F7f0ibCbW1snU7zuC3TV5Eag](https://%3A%2F%2Fimages.app.goo.gl%2FSjgWhfZkBPiyNWsL6%3Ffbclid%3DIwAR2QehDQcn8IVmNh_Vds21f9ZIDxtxrNeDwasYw7CYiMmYa0CT5lujRgijU&h=AT09AY7WYYD6WG2A72yXcQeGb0NcE5-D1qzHIsEhQuRaws5_POTzJvrc7XgTBwmRJI-VcEJqtUVbyVDWGfoM1oJ9jCwxtddVbht0xLOZEqBL8F7f0ibCbW1snU7zuC3TV5Eag)

Εικόνα 48 :

[https://www.researchgate.net/publication/356344175\\_Review\\_of\\_Fuzzy\\_Systems\\_through\\_various\\_jargons\\_of\\_technology/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/356344175_Review_of_Fuzzy_Systems_through_various_jargons_of_technology/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)

Εικόνα 49 :

[https://www.researchgate.net/publication/356344175\\_Review\\_of\\_Fuzzy\\_Systems\\_through\\_various\\_jargons\\_of\\_technology/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/356344175_Review_of_Fuzzy_Systems_through_various_jargons_of_technology/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)

Εικόνα 50 έως 59 : Εικόνα Συγγραφέα

Εικόνα 60 : <https://www.parismou.org/detentions-banning/current-detentions>

Εικόνα 61 : <https://www.parismou.org/inspections-risk/ship-risk-profile/ship-risk-calculator>

Εικόνα 62 : <https://www.parismou.org/inspections-risk/ship-risk-profile/ship-risk-calculator>

Εικόνα 63 : <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2010.10.012>

Εικόνα 64 : [10.1109/ACCESS.2018.2882581](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2882581)

Εικόνα 65 έως 101 : Εικόνα Συγγραφέα