

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Το λογισμικό στο Πλοίο**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΟΝΤΟΣ ΝΙΚΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΕΩΡΓΑΚΑΡΑΚΟΥ ΧΡΗΣΑΝΘΗ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2020**

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	4
Abstract .....	5
Πρόλογος .....	6
Κεφάλαιο 1: Η αρχή και η εξέλιξη στα πλοία .....	7
Κεφάλαιο 2: Η εξέλιξη κατά το 1960-1970 .....	12
Κεφάλαιο 3: Το παρόν: Ανάλυση κάποιων σύγχρονων λογισμικών .....	15
Υποενότητα 3.1: Radar Εντοπισμού .....	15
Υποενότητα 3.2: AIS .....	15
Υποενότητα 3.3: ECDIS σύμφωνα με τον IMO .....	17
Υποενότητα 3.4: Κύριες Λειτουργίες .....	17
Υποενότητα 3.5: Εμφάνισης Δεδομένων Προορισμού .....	17
Υποενότητα 3.6: Αλγόριθμοι Εντοπισμού Στόχων Ραντάρ .....	18
Υποενότητα 3.7: Έννοια Σύντηξης AIS-RADAR .....	20
Υποενότητα 3.8: Προβλήματα Σύνδεσης .....	21
Υποενότητα 3.9: Αλγόριθμοι Σύντηξης .....	22
Υποενότητα 3.10: Αριθμητικά Πειράματα .....	23
Κεφάλαιο 4: ECDIS .....	24
Υποενότητα 4.1: Λειτουργίες Εμφάνισης Ηλεκτρονικού Γραφήματος και Τύποι Γραφημάτων .....	25
Υποενότητα 4.2: Γραφήματα Ράστερ .....	26
Υποενότητα 4.3: Κανονισμοί και Εφαρμογή .....	26
Υποενότητα 4.4: Σχεδιασμός της Ανοιχτής Αρχιτεκτονικής (ECDIS) .....	26
Υποενότητα 4.5: Περιγραφή Εργασίας Σωματιδίων .....	27
Υποενότητα 4.6: Περιγραφή του Προγράμματος .....	27
Κεφάλαιο 5: Αυτόνομα Πλοία .....	29
Υποενότητα 5.1: Το αυτόνομο πλοίο σχεδιάζεται από έναν άνθρωπο .....	31
Υποενότητα 5.2: Επιρροή στο Πλήρωμα των Επανδρωμένων Πλοίων .....	33
Υποενότητα 5.3: Το Ανθρώπινο Στοιχείο στον Τηλεχειρισμό του Μη Επανδρωμένου Πλοίου .....	34
Υποενότητα 5.4: Θα χαθούν τα καλύτερα του Ανθρώπινου Στοιχείου .....	35
Υποενότητα 5.5: Κβαντικός Υπολογιστής .....	36

Υποενότητα 5.6: Τεχνητή Νοημοσύνη .....	36
Επίλογος - Συμπεράσματα .....	38
Βιβλιογραφία .....	41

## Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται μια θεωρητική και βιβλιογραφική ανασκόπηση της σύντηξης δεδομένων στόχων από ραντάρ παρακολούθησης και AIS σε ένα ECDIS. Αρχικά, δίνονται μερικές θεωρητικές πτυχές, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών ECDIS, των χαρακτηριστικών ραντάρ και AIS, ενώ παρουσιάζονται οι πιο δημοφιλείς έννοιες της σύντηξης και τα πρακτικά αποτελέσματα των αριθμητικών πειραμάτων. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση πραγματικών δεδομένων στόχων που καταγράφηκαν σε ερευνητικό σκάφος από ραντάρ και AIS. Εξετάστηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι αποκεντρωμένης σύντηξης. Στην πρώτη μέθοδο, ο πίνακας διακύμανσης υπολογίστηκε με βάση τις απαιτήσεις ακρίβειας του IMO. Στη δεύτερη μέθοδο, ο πίνακας διακύμανσης υπολογίστηκε από τις διακυμάνσεις των μετρήσεων σε κρατικούς φορείς πάνω από ένα συρόμενο παράθυρο. Στη συνέχεια, συζητούνται τα αποτελέσματα τις έρευνας και ορισμένες πτυχές του ανθρώπινου στοιχείου που σχετίζονται με την αυτόνομη τεχνολογία των πλοίων. Το ανθρώπινο στοιχείο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη φάση ανάπτυξης λογισμικού του αυτόνομου πλοίου. Η θετική πλευρά του ανθρώπινου στοιχείου είναι η ανθρώπινη δημιουργικότητα και η ικανότητα προσαρμογής σε απρόβλεπτες καταστάσεις. Η έλλειψη παρόμοιας ικανότητας προσαρμογής αποτελεί πιθανό αδύνατο σημείο του αυτόνομου πλοίου. Πρέπει να υπάρχει μεγάλη ανθεκτικότητα στο σύστημα ελέγχου του αυτόνομου πλοίου για να καταστεί μια ασφαλής εναλλακτική λύση για τις ανάγκες θαλάσσιων μεταφορών στο μέλλον.

Λέξεις κλειδιά: αυτόνομο πλοίο, λογισμικά προγράμματα, AIS, ECDIS, RADAR

## **Abstract**

This paper presents a theoretical and literature review of the fusion of target radar data and AIS data into an ECDIS. First, some theoretical aspects are given, including ECDIS functions, radar features, and AIS, while presenting the most popular concepts of fusion and the practical results of numerical experiments. The literature review used real target data recorded on a research vessel by radar and AIS. Two different methods of decentralized fusion were considered. In the first method, the variance table was calculated based on the IMO accuracy requirements. In the second method, the variance table was calculated from the fluctuations of the measurements in state bodies over a sliding window. Next, the research results and some aspects of the human element related to autonomous ship technology are discussed. The human component plays an important role in the software development phase of the autonomous ship. The positive side of the human element is human creativity and the ability to adapt to unpredictable situations. The lack of such adaptability is a possible weak point of the autonomous ship. There must be great resilience in the autonomous ship control system to become a safe alternative to maritime transport needs in the future.

**Keywords:** stand-alone ship, software programs, AIS, ECDIS, RADAR

# Πρόλογος

## Ο ΠΡΩΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

Η Data Saab ανέπτυξε την πρώτη της τρανζίστορ μηχανή, την D21, η οποία παραδόθηκε στα τέλη του 1962. Όλο το λογισμικό συστημάτων είχε αναπτυχθεί από το μηδέν συμπεριλαμβανομένου του προγράμματος χρηστών τους, Algol-Genius, το οποίο έγινε μια μεγάλη επιτυχία.



Εικόνα 1. The Data Saab D 21 courtesy of Stockholm Technical Museum

Η ιδέα του έργου Shipborne Computer ήταν να αναπτυχθεί και να δημιουργηθεί ένα θαλάσσιο έργο για ερευνητικούς λόγους. Το Σουηδικό Ίδρυμα Ερευνών Πλοίων ανέλαβε την ευθύνη χρηματοδότησης και λειτουργίας του έργου, ενώ ένα σουηδικό βυτιοφόρο επιλέχθηκε ως κατάλληλη πλατφόρμα για παράδοση από την Kockum Shipyard στο Malmö. Αυτό το εκτεταμένο ερευνητικό πρόγραμμα ήταν η ναυαρχίδα της ανάπτυξης της τεχνολογίας, η οποία εφαρμόστηκε γρήγορα στα σύγχρονα σκάφη κατά την επόμενη δεκαετία. Η τεχνολογία υπολογιστών και ο αυτοματισμός σκαφών γενικά ήταν σε πρώιμο στάδιο. Εξαιτίας αυτού, όλοι όσοι δούλευαν με ηλεκτρονικά και τον έλεγχο των διαδικασιών εκείνη την εποχή ήταν αρχάριοι.

# Κεφάλαιο 1

## Η ΑΡΧΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

Ο υπολογιστής ήταν ένα Control Data Corporation 1700, του οποίου ο σουηδός εκπρόσωπος, μέλος της ASEA (σήμερα ABB), παρείχε κυρίως το υλικό και την υποστήριξη λογισμικού. Η ASEA επικεντρώθηκε στον έλεγχο της διαδικασίας και δημιούργησε συνεργασίες με αμερικανικές εταιρείες προμήθειας υπολογιστών, εκ των οποίων η μία ήταν η Control Data Corporation στην Καλιφόρνια.

Η μηχανή, η οποία έλαβε το όνομα ASEA 1700, ήταν ένα κομμάτι 80 cbf που εγκαταστάθηκε στο δωμάτιο ελέγχου του πλοίου για την αναστολή αποσβεστήρων δόνησης. Για προστασία του ηλεκτρικού δικτύου του σκάφους, η ισχύς του προμήθευσε μέσω περιστροφικού μετατροπέα 3,6 kW. Για την αποθήκευση δεδομένων και την εκτέλεση προγραμμάτων, το μηχάνημα ήταν εξοπλισμένο με τρεις βασικές μονάδες μνήμης των 16 kb. Εκείνη την εποχή ο προγραμματισμός αναπτύχθηκε σε ένα "μηχανή φιλικό" κώδικα που έθεσε μεγάλες απαιτήσεις για τους προγραμματιστές που έπρεπε να αποκτήσουν τις γνώσεις για την διαδικασία. Ωστόσο, ο χώρος μνήμης δεν ήταν επαρκής για να χειριστεί όλες τις προγραμματισμένες περιοχές τεχνολογίας, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τριών ξεχωριστών προγραμμάτων:

- Έλεγχος πλοήγησης και διεύθυνσης του σκάφους
- Αυτοματοποίηση των μηχανημάτων τουρμπίνας και ο έλεγχός του από τη γέφυρα
- Έλεγχος της διαδικασίας διακίνησης φορτίου, δηλαδή φόρτωση και εκφόρτωση του σκάφους.

Τα τρία προγράμματα λογισμικού αποθηκεύτηκαν σε κυλίνδρους με διάτρητη ταινία χαρτί που φορτώθηκαν μέσω ενός συμβατού αναγνώστη. Αυτό θα μπορούσε να πάρει χρόνο, και αν κάτι πήγαινε στραβά, έπρεπε να ξεκινήσει από την αρχή.

Εικόνα 3. Satellite navigation system testing



Ένας δορυφορικός δέκτης πρώτης γενιάς είχε αγοραστεί από την Magnavox. Έδωσε μια ακριβή θέση, αλλά μόνο κάθε 90 λεπτά στην καλύτερη περίπτωση. Τα σήματα που επεξεργάστηκε ο δέκτης προήλθαν από μικρότερο αριθμό δορυφόρων που είχαν τροχιακό χρόνο περίπου 90 λεπτών. Μεταξύ των ακριβών θέσεων που έλαβε, ο υπολογιστής πραγματοποίησε μια νεκρή εκτίμηση που παρείχε τη θέση συνεχώς. Αυτή η διαδικασία περιλάμβανε, επίσης, πλοήγηση του Μεγάλου Κύκλου, δηλαδή τη συνεχή ενημέρωση της σωστής πορείας για να φτάσει στο επόμενο σημείο του πλοίου, λαμβάνοντας υπόψη το σχήμα της γης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ένα σημαντικό χρονικό κέρδος που, στην επακόλουθη σειρά σκαφών, θα μπορούσε να μετατραπεί σε οικονομικό κέρδος. Το πρόγραμμα περιλάμβανε, ακόμη, έναν αυτόματο πιλότο που είχε νέες, μη δοκιμασμένες λειτουργίες. Ήταν εξοπλισμένο με ένα πολύ ευαίσθητο γυροσκόπιο ποσοστού που αισθανόταν με υψηλή ακρίβεια τις δευτερεύουσες αποκλίσεις από την προοριζόμενη σειρά μαθημάτων και θα μπορούσε γρήγορα να διορθώσει τη σειρά μαθημάτων με τις μικρές μετακινήσεις πηδαλίου. Τα δεξαμενόπλοια είχαν αυξηθεί σε μέγεθος με την πάροδο των ετών (πάνω από 100.000dwt), τείνοντας να γίνουν ασταθή, με αποτέλεσμα οι συμβατικοί αυτόματοι πιλότοι δυσκολεύονταν να επιτύχουν μια σταθερή πορεία με τις υπερβολικές κινήσεις πηδαλίου.

Η αλλαγή της πορείας ενός πλήρως φορτωμένου βυτιοφόρου κατά την επίτευξη ενός σημείου στην ανοικτή θάλασσα θα μπορούσε να επιβραδύνει δραστικά την ταχύτητα. Μέσω μιας αυτόματα ελεγχόμενης αλλαγής πορείας, η οποία πραγματοποιήθηκε, για παράδειγμα, με βάση μια



προκαθορισμένη ακτίνα στροφής, ο χρόνος και τα χρήματα θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν. Αυτό το χαρακτηριστικό στη συνέχεια τροποποιήθηκε, έχοντας μεγάλη αποτελεσματικότητα.

Ένας πηδαλιούχος που πρόκειται να οδηγήσει ένα μεγάλο βυτιοφόρο σε σχετικά ρηχά νερά απαιτεί εμπειρία και κατανόηση της έκτασης του πλοίου. Αλλά, αν ο υπολογιστής μπορούσε να υπολογίσει και να προβλέψει το αποτέλεσμα μιας δεδομένης κίνησης του πηδαλίου και να το παρουσιάσει σε μια οθόνη, θα ήταν επικερδές. Δυστυχώς, αυτό το σύστημα λειτούργησε μόνο εν μέρει, καθώς μας έλειπε η χωρητικότητα μνήμης και η ταχύτητα του επεξεργαστή για την εκτέλεση των απαιτούμενων υπολογισμών, έτσι ώστε αυτό το υπό-έργο δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί. Λίγα χρόνια αργότερα, σε ένα εντελώς διαφορετικό έργο ονομαζόμενο Salén, έγινε κατανοητό ότι μια τέτοια προ-αποφασιστικότητα ήταν πιο δύσκολη από ό, τι φανταζόταν λόγω των επιπτώσεων της ταχύτητας και του βάθους του πλοίου, μεταξύ άλλων.

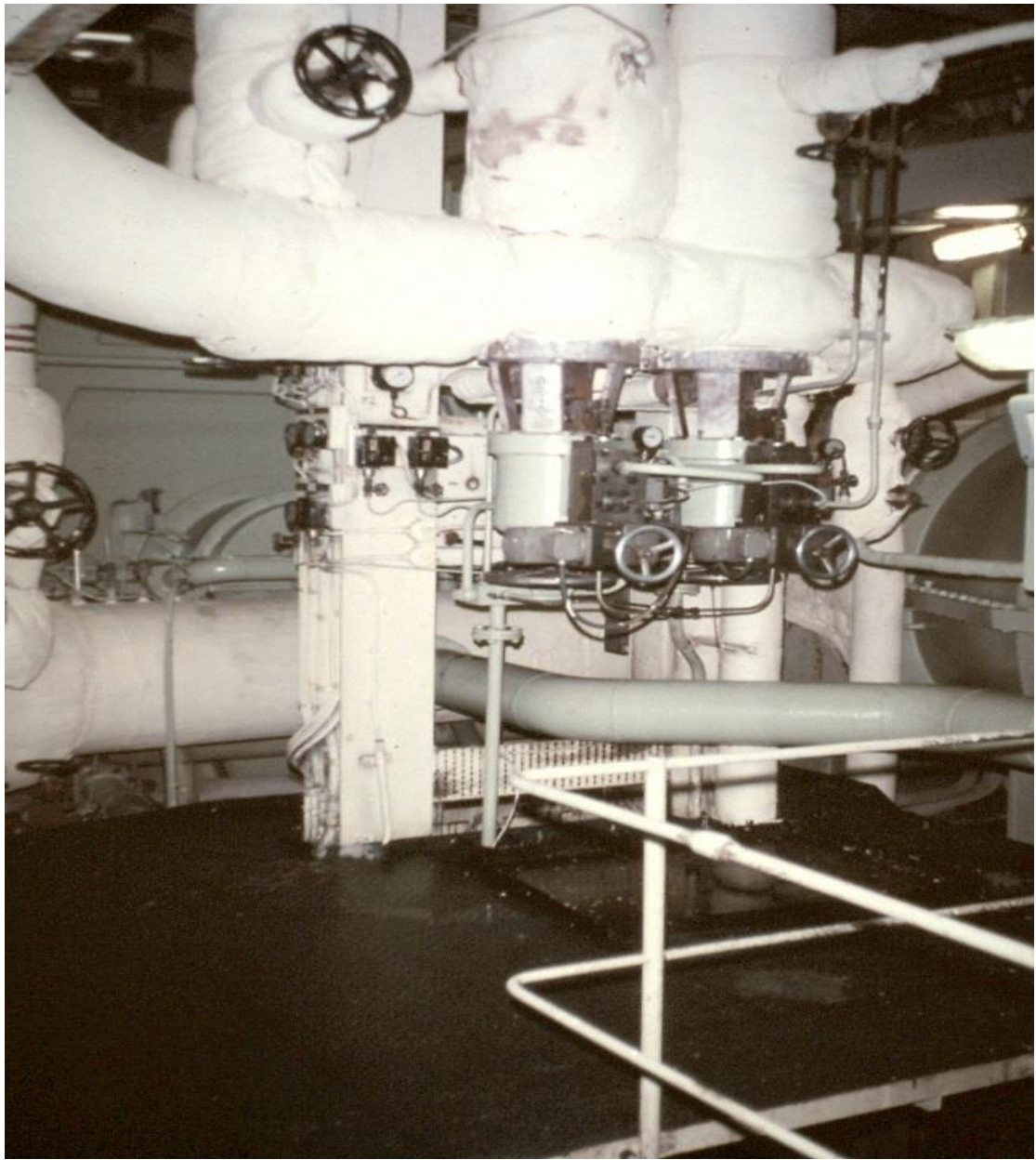
Για τον έλεγχο του κύκλου ατμού των μηχανημάτων στροβίλων, η εταιρεία Kockum (1840) είχε αναπτύξει ένα αξιοσημείωτο και μοναδικό ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου. Το σύστημα, το οποίο έζησε για πολλά χρόνια, παρείχε στο έργο λειτουργίες που κατέστησαν δυνατή την εναλλαγή λειτουργιών ελέγχου χωρίς ραφή σε "λειτουργία του υπολογιστή" και πίσω. Ήταν μια μεγάλη εμπειρία όταν ο υπολογιστής έλεγχε ολόκληρο τον κύκλο ατμού.

Εικόνα 4. Explaining how the turbine machinery is controlled from the engine control room



Όπως και στα περισσότερα πλοία εκείνη την εποχή, τα μηχανήματα τουρμπίνας ελέγχονταν από τη γέφυρα χρησιμοποιώντας ένα σύστημα που αναπτύχθηκε από την ASEA. Το σύστημα λειτουργούσε σε δύο βαλβίδες ελέγχου, μία για τις κύριες τουρμπίνες και μία για την αντίστροφη τουρμπίνα. Η εναλλαγή μεταξύ ASEA και "λειτουργίας υπολογιστή" ήταν διατεταγμένη με παρόμοιο τρόπο όπως και για το σύστημα που έλεγε τον κύκλο ατμού. Όταν λειτούργησε από τον υπολογιστή αρκετές ημέρες με ένα αφύλακτο μηχανοστάσιο, αυτό το υπό-έργο ήταν σε μεγάλο βαθμό πλήρης.

Το τρίτο λογισμικό σχεδιάστηκε για τον έλεγχο της φόρτωσης και εκφόρτωσης του πλοίου. Το σύστημα ελέγχου φορτίου και η τεχνολογία στην οποία βασίστηκε μπορεί να μην κέντρισαν το ενδιαφέρον στα σκάφη δεξαμενών Salén, με αποτέλεσμα η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν αρκετά συμβατική. Για παράδειγμα, αποδείχθηκε αρκετά προβληματική για την αξιόπιστη αναγνώριση των θέσεων βαλβίδων. Το έργο περιλάμβανε τα εξής: α) Έλεγχος αντλιών λαδιού και έρματος με φορτίο υπό ποικίλες ροές και επίπεδα δεξαμενής, β) αυτόματη ρύθμιση βαλβίδων για διάφορες ακολουθίες φόρτωσης και εκφόρτωσης, και γ) παρακολούθηση και έλεγχος της αντοχής του σκάφους (ροπή κάμψης και δυνάμεις διάτμησης) κατά τη διάρκεια της διακίνησης φορτίου.



## Κεφάλαιο 2

### Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΤΑ ΤΟ 1960-1970

Ο αυτόματος χειρισμός φορτίο ήταν ανεπιτυχής, καθώς ήταν δύσκολο να κατασκευαστούν οι διεπαφές στις βαλβίδες για να λειτουργήσουν κατάλληλα. Από την άλλη, αυτό που έγινε ονομαζόταν "Loadmaster Online", δηλαδή ένα μέσο διανομής φορτίου που συνδέεται με το σύστημα που μετρά όλα τα επίπεδα δεξαμενή, υπολογίζοντας συνεχώς και παρουσιάζοντας τότε το πλοίο είναι εκτεθειμένο από την άποψη της δύναμης και κάμψης. Γρήγορα έγινε ένα πρότυπο για όλα τα πλοία δεξαμενής.

Η λειτουργία με ένα αφύλακτο μηχανοστάσιο άρχισε να συζητείται κατά τη διάρκεια των μέσων της δεκαετίας του 1960. Η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου επί του σκάφους, η ασφαλέστερη παρακολούθηση των μηχανημάτων και οι καλύτερες ευκαιρίες για τον σχεδιασμό της συντήρησης επί του σκάφους, τράβηξαν το ενδιαφέρον του Σκανδιναβού πλοιοκτήτη. Οι Νορβηγοί πήραν προβάδισμα, καθώς ο νηογνώμονας DNV συμμετείχε στο θέμα σε πρώιμο στάδιο. Φυσικά, η λειτουργία με ανεπιτήρητο μηχανοστάσιο απαιτούσε νέους κανονισμούς, και η Σουηδία υστερούσε. Οι ναυτιλιακές εταιρείες Salén είχαν όλα τα πλοία τους στο Lloyd's νητείς και επιπλέον είχαν τη σουηδική ναυτιλιακή διοίκηση, η οποία ήταν πιθανώς καλή σε πολλά. Αλλά "αφύλακτο μηχανοστάσιο;". Το τεχνικό τμήμα της Salén άρχισε να συνεργάζεται εντατικά τόσο με το Lloyd's Register όσο και με τη Ναυτιλιακή Διοίκηση της Σουηδίας για την ανάπτυξη κανονισμών, και τα τέσσερα δεξαμενόπλοια που παραδόθηκαν πριν από το 1967 πιστοποιήθηκαν για αφύλακτους μηχανοστασίου, UMS, μετά από μια περίοδο λειτουργίας. Η Sea Sovereign έπλεε με αφύλακτα μηχανοστάσια τρεις ημέρες αφότου έφυγε από το ναυπηγείο με την αυτοματοποίηση εγκεκριμένη για UMS. Διεθνώς, ήταν μόνο οι Νορβηγοί, που κατάλαβαν περί τίνος πρόκειται και που συνειδητοποίησαν ότι η αυξημένη χρήση της αυτοματοποίησης με τη συμμετοχή της τεχνολογίας των υπολογιστών ήταν ένα σημαντικό στοιχείο μιας συνεχιζόμενης ανάπτυξης στη ναυτιλία. Ίσως δεν ήταν πολλές ναυτιλιακές εταιρείες που ενδιαφέρονταν, αλλά υπήρχε μια κινητήρια δύναμη με τη μορφή της DNV. Άλλα σουηδικά ναυπηγεία και πλοιοκτήτες έλαβαν τις εκθέσεις με έντονο ενδιαφέρον. Για τα ναυπηγεία, αυτό οφειλόταν πιθανώς στην έλλειψη κατανόησης μεταξύ των διεθνών πελατών.

Το πλήρες σχέδιο παρουσιάστηκε σε μια κύρια έκθεση που δημοσιεύθηκε το 1970. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια του επόμενου έτους δημοσιεύθηκαν έξι εκθέσεις. Η κύρια έκθεση διανεμήθηκε σε σουηδικές ναυτιλιακές εταιρείες και ναυπηγεία, καθώς και σε άλλους ενδιαφερόμενους φορείς του Σουηδικού Ιδρύματος Ναυπηγικής Βιομηχανίας. Το ενδιαφέρον για το έργο ήταν αρχικά πολύ

χαμηλό, επειδή δεν είχε γίνει κατανοητό το ερευνητικό κίνητρο, καθώς και ότι ο υπολογιστής που εγκαταστάθηκε εξέφραζε το μέλλον. Το 1971, ο Επενδυτής της Σουηδίας αποφάσισε να ξεκινήσει μια εταιρεία με έδρα το Västerås, καθήκον της οποίας θα ήταν να ενσωματώσει τις λειτουργίες υπολογιστών της ASEA και της LM Ericsson. Η εταιρεία ονομάστηκε ASEA LME Automation, και διορίστηκε ένας νέος και φιλόδοξος Διευθύνων Σύμβουλος, ο οποίος οργάνωσε την εταιρεία σε τμήματα με εξειδίκευση σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς, εκ των οποίων ήταν το "Marin".

Στη χερσαία βιομηχανία η διαδικασία είχε εισαχθεί, αλλά η εισαγωγή νέας τεχνολογίας, όπως αυτή στο συντηρητικό θαλάσσιο περιβάλλον, κινήθηκε με αργούς ρυθμούς. Ωστόσο, μέσω της συνεργασίας με την Kockum, η Salén Shipping Companies αναδείχθηκε νικήτρια. Η Stal Laval, η οποία εκείνη την εποχή ήταν θυγατρική της ASEA, είχε αναπτύξει έναν ατμοστρόβιλο (τύπου AP) που ήταν ιδιαίτερα κατάλληλος για δεξαμενόπλοια που μεγάλωναν σε μέγεθος κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960 και πλησίαζε τις 200.000 dwt σε χωρητικότητα φορτίου. Τα μηχανήματα AP (αεραντλία/ εμβολοφόρα αντλία ευρείας χρησιμοποιήσεως) ήταν κάτι σαν επανάσταση στον τομέα, επειδή σχεδιάστηκε για τον αυτόματο έλεγχο του κύκλου ατμού. Επιπλέον, τα μηχανήματα AP είχαν εξοπλιστεί με δύο πολύ προηγμένες ειδικές βαλβίδες ελέγχου πιλοτικής βαλβίδας που είχαν προετοιμαστεί για τον έλεγχο των μηχανημάτων από τη γέφυρα. Με τα πνευματικά της εποχής, έφτασαν σε κατανάλωση καυσίμου κάτω από 210g / Hkh, η οποία ήταν χαμηλότερα από ό, τι οι ανταγωνιστές θα μπορούσαν να διαχειριστούν.

Η ASEA, η οποία βρισκόταν στο θαλάσσιο περιβάλλον εδώ και χρόνια και αναπτύσσει τώρα ηλεκτρονικές λύσεις για θαλάσσιες εφαρμογές, ανέπτυξε, κατόπιν αιτήματος της Kockums, ένα σύστημα ελέγχου το οποίο, με τη βοήθεια των εξαιρετικών βαλβίδων ελέγχου της Stal Laval, κατέστησε δυνατή τη λειτουργία των μηχανημάτων από τη γέφυρα. Αυτό αποτέλεσε ένα σημαντικό βήμα προόδου στην ανάπτυξη των πλοίων με αφύλακτο μηχανοστάσιο. Ο κύκλος ατμού ρυθμίστηκε χρησιμοποιώντας την πνευματική τεχνολογία ελέγχου από την εταιρεία Honeywell, αλλά οι λέβητες ατμού που εφοδίασαν το μηχανοστάσιο με τον έξοχος-θερμαμένο ατμό σε 61 φραγμός και 510Γ απαιτούσαν, επίσης, τη νέα προηγμένη τεχνολογία ελέγχου. Δεν υπήρχαν τέτοια συστήματα εκείνη την εποχή, έτσι ο Kockums με τον Jerk Oldenburg στην πρώτη γραμμή ανέπτυξε τα συστήματα που χρειαζόνταν. Αυτή ήταν η αρχή μιας συνεργασίας μεταξύ της Salén Shipping Companies και της Kockum για την αυτοματοποίηση, η οποία είχε ως αποτέλεσμα μια σειρά συστημάτων που κατέστησαν δυνατή την επιτυχή λειτουργία των στροβίλων με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Η Salénredererna AB είχε παραγγείλει τέσσερα μεγάλα δεξαμενόπλοια για παράδοση από την Kockums κατά τη διάρκεια του 1966-67. Τα σκάφη αυτά αποδείχθηκαν εξαιρετικά επιτυχημένα και περιλάμβαναν το Sea Sovereign, ένα νέο ρεκόρ μεγέθους, ήταν λίγο πάνω από 210.000 dwt με ισχύ πρόωσης 30.000 HP.

Στο πλαίσιο της συνεργασίας μεταξύ των ναυτιλιακών εταιρειών Kockums και Salén, οι επενδύσεις στον αυτόματο έλεγχο των διαδικασιών επιταχύνθηκαν σημαντικά τα επόμενα έτη, με απόρροια τέσσερα ακόμη δεξαμενόπλοια παραδόθηκαν κατά την διάρκεια του 1971-1972. Αυτά ήταν 256.000 dwt το καθένα. Σε αυτά τα σκάφη, εγκαταστάθηκε ένας υπολογιστής που πληρούσε τις στρατιωτικές απαιτήσεις που αναπτύχθηκαν από τη Norwegian Kongsberg. Ένας ιδιαίτερα καθαρός και καλά αεριζόμενος χώρος χτίστηκε στο κατάστρωμα πλοήγησης πίσω από το τιμόνι.

Αυτός ο υπολογιστής ήρθε να εκτελέσει τα εξής:

- Λειτουργία των μηχανημάτων τουρμπίνας από τη γέφυρα
- Αυτόματη διεύθυνση της πορείας του πλοίου με καθορισμένα σημεία που υπολογίζονται από το σύστημα πλοήγησης
- Αυτόματη αλλαγή πορείας για να μην χαθεί η ταχύτητα
- Αυτόματη τοποθέτηση με νεκρό αριθμό
- Περιήγηση Μεγάλου Κύκλου
- "Loadmaster on-line"

Για την ίδια σειρά πλοίων, αναπτύχθηκαν και εγκαταστάθηκαν νέα βελτιωμένα ηλεκτρονικά συστήματα για:

- τα συστήματα ελέγχου του κύκλου ατμού
- το σύστημα ελέγχου, ασφάλειας και ελέγχου καυστήρα του λέβητα ατμού
- οι λέβητες ατμού φλόγα προφυλακτήρες

Επιπλέον, η πρώτη γενιά εγκαταστάθηκε με:

- Αρχείο καταγραφής σύνδεσης
- Ραντάρ κατά της σύγκρουσης
- Μαριτέξ

Δύο χρόνια αργότερα, το πρώτο σύστημα συναγερμού μηχανή αναπτύχθηκε και εγκαταστάθηκε με μια οθόνη κειμένου, ίσως το πρώτο εγκατασταθεί σε ένα εμπορικό σκάφος. Οι οθόνες βίντεο εκείνη την εποχή δεν ήταν αρκετά αξιόπιστες, ενώ ήταν μόνο ασπρόμαυρες. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε, επομένως, μια ιδιαίτερη οθόνη από Burroughs που παρουσίασε λαμπρό πορτοκαλί-κόκκινο κείμενο, μια οθόνη που έχουμε αρχίσει να χρησιμοποιούμε για ορισμένες λειτουργίες πλοήγησης.

## Κεφάλαιο 3

### ΤΟ ΠΑΡΟΝ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΠΟΙΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ

#### 3.1. RADAR ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ

Το κύριο καθήκον του αξιωματικού που είναι υπεύθυνος για ένα πλοίο πλοήγησης στη θάλασσα είναι να πλοηγηθεί το σκάφος με ασφάλεια στον προορισμό του. Έτσι, ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα είναι να αποφευχθούν καταστάσεις σύγκρουσης με άλλα πλοία. Η γνώση των παραμέτρων κίνησης των παραταθέντων στόχων είναι ζωτικής σημασίας για αυτό. Παραδοσιακά, οι παράμετροι αυτές έχουν ληφθεί με οπτική παρατήρηση. Ωστόσο, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, νέοι αισθητήρες έχουν εμφανιστεί στη γέφυρα πλοήγησης. Δύο από τους σημαντικότερους αισθητήρες όσον αφορά την παρατήρηση του στόχου είναι το ραντάρ εντοπισμού και το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης (AIS).

Το ραντάρ παρακολούθησης είναι ο πιο σημαντικός αισθητήρας που χρησιμοποιείται για τη λεγόμενη τακτική πλοήγηση. Σήμερα χρησιμοποιείται στα περισσότερα εμπορικά πλοία, παρέχοντας ανεξάρτητες πληροφορίες σχετικά με τις κινήσεις των στόχων γύρω από το πλοίο. Υπολογίζει το διάνυσμα κίνησης του στόχου με βάση την παρατήρηση ραντάρ. Ειδικοί αλγόριθμοι παρακολούθησης επιτρέπουν τον προσδιορισμό της πορείας και της ταχύτητας των στόχων, λαμβάνοντας υπόψη το εύρος και τις μετρήσεις που φέρουν. Το πιο προηγμένο πρότυπο του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) για μια συσκευή ραντάρ που παρέχει παρακολούθηση στόχων στη θάλασσα είναι η Αυτόματη Βοήθεια Σχεδίασης Ραντάρ (ARPA). Οι λειτουργικές απαιτήσεις για την παρακολούθηση ραντάρ αναπτύχθηκαν από τον IMO το 1979 και οι τελευταίες απαιτήσεις παρασχέθηκαν το 2004 (IMO, 2004) και ήταν υποχρεωτικές από το 2008. Το ραντάρ χρησιμοποιείται συνήθως ως η κύρια πηγή πληροφοριών για την αποφυγή καταστάσεων σύγκρουσης. Οι κύριες ελλείψεις αυτής της μεθόδου είναι η καθυστέρηση στην παρακολούθηση, κυρίως κατά τη διάρκεια ελιγμών, και η έλλειψη αναγνώρισης στόχων (Kazimierski, 2013).

#### 3.2. AIS

Το άλλο σύστημα, AIS, προοριζόταν να είναι μια πλατφόρμα πολύ υψηλής συχνότητας (VHF) για τη μετάδοση πληροφοριών σχετικά με τα σκάφη. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του IMO (ΔΝΟ, 2000), κάθε πλοίο άνω των 300 GT (ολική χωρητικότητα, μέτρο του συνολικού εσωτερικού όγκου του πλοίου) πρέπει να είναι εξοπλισμένο με πομποδέκτη AIS, ο οποίος μπορεί να διαβιβάζει τα δεδομένα του πλοίου και επίσης να λαμβάνει πληροφορίες από άλλα σκάφη. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν δυναμικές πληροφορίες, όπως πορεία, ταχύτητα και θέση, πληροφορίες σχετικές με το ταξίδι (προορισμός), καθώς και στατικές πληροφορίες, όπως το όνομα του σκάφους, το σήμα

κλήσης και τις διαστάσεις. Έτσι, διαβιβάζονται ακριβείς πληροφορίες για άλλα πλοία, μαζί με την ταυτοποίηση. Το κύριο ζήτημα είναι ότι τα στρατηγικά δεδομένα προέρχονται από εξωτερικούς αισθητήρες, αντί ανεξάρτητων παρατηρήσεων με τον αισθητήρα του πλοίου, όπως στην περίπτωση του ραντάρ. Κάθε δυσλειτουργία του αισθητήρα στο σκάφος-στόχο έχει ως αποτέλεσμα εσφαλμένα δεδομένα, τα οποία μεταδίδονται στον αέρα. Το AIS σε διαδικασίες κατά της σύγκρουσης έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές (Hsu et al., 2009; Mou et al., 2010; Hansen et al., 2013; Silveira et al., 2013; Last et al., 2014).

Στην πράξη, και τα δύο συστήματα (ραντάρ παρακολούθησης και AIS) χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και πρέπει να πραγματοποιείται σύντηξη των δεδομένων τους. Έτσι, μία από τις βασικές πτυχές της σύγχρονης θαλάσσιας ναυσιπλοΐας είναι η ενσωμάτωση δεδομένων. Είναι σημαντικό ο υπεύθυνος για την παρακολούθηση της ναυσιπλοΐας να λαμβάνει αξιόπιστες και ακριβείς πολύπλοκες πληροφορίες από τους διάφορους αισθητήρες που είναι διαθέσιμοι επί του σκάφους. Αναπτύσσονται ανεξάρτητα διαφορετικά συστήματα, ενώ εμφανίζονται επίσης νέα συστήματα που χρησιμοποιούν ολοκληρωμένα δεδομένα. Το πρώτο παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης και πληροφοριών χαρτών (ECDIS), το οποίο εισήχθη στα τέλη του εικοστού αιώνα. Η κύρια ιδέα ήταν να παρουσιαστούν πληροφορίες πλοήγησης με το ιστορικό ενός ηλεκτρονικού χάρτη πλοήγησης (ENC). Με τον καιρό, το σύστημα έχει αναπτυχθεί, και νέες λειτουργίες έχουν προκύψει. Επιπλέον, οι μέθοδοι για την παρουσίαση καταστάσεων σύγκρουσης γύρω από το πλοίο έχουν εξελιχθεί. Η βάση για αυτό είναι η σύντηξη δεδομένων από ραντάρ παρακολούθησης και AIS. Το ECDIS, το οποίο συχνά αποτελεί μέρος ενός ολοκληρωμένου συστήματος πλοήγησης (INS), είναι σήμερα η σημαντικότερη πλατφόρμα για τη σύντηξη. Η σύντηξη ραντάρ-AIS αποτελεί επίσης τη βάση για τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων πλοήγησης (Borkowski & Zwierzewicz, 2011; Borkowski, 2012; Pietrzykowski et al., 2012; Kazimierski & Wawrzyniak, 2014; Stateczny & Bodus-Olkowska, 2014; Zhao et al., 2014).

Η παρούσα διπλωματική παρουσιάζει τα κύρια προβλήματα και τις έννοιες της σύντηξης δεδομένων ραντάρ-AIS παρακολούθησης από την άποψη του ECDIS. Πρώτον, περιγράφεται το ίδιο το ECDIS, με βάση τις απαιτήσεις του ΔΝΟ. Στη συνέχεια, δίνεται μια περιγραφή των αλγορίθμων παρακολούθησης στόχων ραντάρ. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι πιο δημοφιλείς έννοιες σύντηξης. Τέλος, παρουσιάζεται ένα αριθμητικό πείραμα στο οποίο δίνεται σύγκριση δύο προσεγγίσεων και πρόταση τροποποίησής τους.



### **3.3. ECDIS ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΙΜΟ**

Το ECDIS χρησιμοποιείται επί του παρόντος ευρέως σε σκάφη σε όλο τον κόσμο, σε πολλές περιπτώσεις, αντικαθιστώντας τα παραδοσιακά έντυπα διαγράμματα (με επαρκείς εφεδρικές ρυθμίσεις). Οι νεότερες απαιτήσεις για το ECDIS παρέχονται από τον ΙΜΟ στο ψήφισμα MSC.232(82), το οποίο εγκρίθηκε το 2006 (ΔΝΟ, 2006). Σύμφωνα με αυτές τις απαιτήσεις, το ECDIS είναι ένα σύστημα πληροφοριών πλοήγησης που εμφανίζει επιλεγμένες πληροφορίες από ένα σύστημα ηλεκτρονικών χαρτών πλοήγησης (SENC) με πληροφορίες θέσης από αισθητήρες πλοήγησης για να βοηθήσει τον ναυτικό στο σχεδιασμό της διαδρομής και την παρακολούθηση της διαδρομής. Κατόπιν αιτήματος, ενδέχεται να εμφανιστούν πρόσθετες πληροφορίες σχετικές με την πλοήγηση. Το ECDIS μπορεί να εφαρμοστεί επί του σκάφους ως ειδικός αυτόνομος σταθμός εργασίας ή ως προλειτουργικός σταθμός εργασίας, ως μέρος ενός INS.

### **3.4. ΚΥΡΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

Η κύρια λειτουργία του ECDIS είναι να συμβάλει στην ασφαλή πλοήγηση. Οι λεπτομερέστερες λειτουργίες που δίνονται στις απαιτήσεις σχετίζονται κυρίως με τα διαγράμματα πλοήγησης. Σύμφωνα με αυτά, το ECDIS θα πρέπει:

- Να είναι σε θέση να εμφανίζει όλες τις πληροφορίες του διαγράμματος που είναι απαραίτητες για την ασφαλή και αποτελεσματική πλοήγηση.
- Διευκόλυνση της απλής και αξιόπιστης ενημέρωσης της ENC.
- Μείωση του φόρτου εργασίας πλοήγησης σε σύγκριση με τη χρήση ενός γραφήματος χαρτιού.
- Δίνει τους κατάλληλους συναγερμούς ή ενδείξεις σχετικά με τις πληροφορίες που εμφανίζονται ή τη δυσλειτουργία του εξοπλισμού.

Η παρουσίαση της ENC θα πρέπει να ακολουθεί τα πρότυπα του ΔΝΟ και του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (ΙΗΟ). Από την άποψη της καταπολέμησης της σύγκρουσης, είναι σημαντικό να παρέχονται επίσης απαιτήσεις για την εμφάνιση άλλων πληροφοριών πλοήγησης. Αυτά περιλαμβάνουν επίσης δεδομένα ραντάρ και AIS.

### **3.5. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ**

Παρόλο που το ECDIS επικεντρώνεται στην παρουσίαση πληροφοριών γραφήματος, επιτρέπεται επίσης η εμφάνιση άλλων πληροφοριών πλοήγησης για την ενίσχυση της ασφάλειας πλοήγησης. Τα σημαντικότερα δεδομένα που περιλαμβάνονται στην ανάλυση είναι τα δεδομένα ραντάρ και AIS. Σύμφωνα με τον ΙΜΟ (2006), τα δεδομένα αυτά μπορούν να μεταφερθούν από συστήματα

που συμμορφώνονται με τα κατάλληλα πρότυπα του IMO και προστίθενται στην οθόνη. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να υποβαθμίζουν τις πληροφορίες SENC (τυποποιημένη βάση δεδομένων με πληροφορίες γραφήματος) και θα πρέπει να διακρίνονται σαφώς από αυτές. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα αφαίρεσης των δεδομένων ραντάρ/AIS με μία μόνο ενέργεια χειριστή, εάν χρειάζεται.

Οι πληροφορίες ραντάρ που μεταφέρονται στο ECDIS μπορούν να περιλαμβάνουν τόσο την εικόνα ραντάρ όσο και τις εντοπισμένες πληροφορίες-στόχους. Είναι ζωτικής σημασίας οι πρόσθετες πληροφορίες πλοήγησης να χρησιμοποιούν ένα κοινό σύστημα αναφοράς με το SENC. Η εικόνα ραντάρ και η θέση από τον αισθητήρα θέσης θα πρέπει να ρυθμίζονται αυτόματα για μετατόπιση κεραίας από τη θέση εξαπάτησης. Μπορεί να παρατηρηθεί κατά την ανάλυση των απαιτήσεων για το ECDIS ότι επικεντρώνονται κυρίως στην οθόνη του γραφήματος. Το AIS και τα ραντάρ αναφέρονται μόνο σε σχέση με άλλα έγγραφα του ΔΝΟ, όπως αυτά της Διεθνούς Τεχνικής Επιτροπής Ηλεκτρο-2008. Στην πραγματικότητα, η έννοια της ολοκλήρωσης που παρουσιάζεται στο IEC (2008) προϋποθέτει μόνο τη συσχέτιση-στόχο και την επιλογή ενός από τους στόχους: ραντάρ ή AIS. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι δεν απαιτούνται προηγμένοι αλγόριθμοι σύντηξης για την εκπλήρωση αυτών των απαιτήσεων, εκτός από εναρμονισμένα κριτήρια για τη σύνδεση. Ωστόσο, η παρουσίαση των ενσωματωμένων πληροφοριών ραντάρ-AIS στην οθόνη ECDIS χρησιμοποιείται συνήθως και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη πλοήγηση.

### **3.6. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΣΤΟΧΩΝ ΡΑΝΤΑΡ**

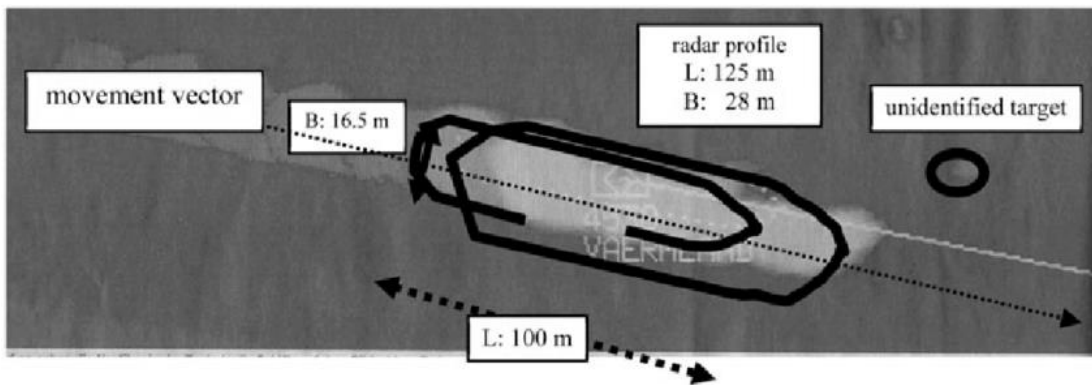
Ενώ το έργο της απόκτησης παρατηρητηρίων και δεδομένων στόχων στο AIS είναι απλό, επειδή είναι ένας εξωτερικός αισθητήρας και δεν υπάρχουν πολλές δυνατότητες προσαρμογής του, μπορεί να γίνει ένα σημαντικό ζήτημα για το ραντάρ. Οι απαιτήσεις του ΔΝΟ για την παρακολούθηση ραντάρ είναι να παρέχουν αριθμητικά στοιχεία ακρίβειας. Λεπτομερέστερες δοκιμές για τον έλεγχο των απαιτήσεων παρουσιάζονται στο IEC 62388 (IEC, 2013). Ωστόσο, κανένα από αυτά τα έγγραφα δεν παρέχει ακριβείς αλγόριθμους για την παρακολούθηση. αυτό αφήνεται στους βιομηχανικούς κατασκευαστές. Έτσι, κάθε κατασκευαστής έχει τη δυνατότητα να εισαγάγει τις δικές του μεθόδους παρακολούθησης.

Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος αλγόριθμος για την παρακολούθηση στόχων ραντάρ σε θαλάσσια ραντάρ είναι το φίλτρο Kalman ή οι τροποποιήσεις του, π.χ. το εκτεταμένο φίλτρο Kalman. Στην επόμενη παράγραφο, παρουσιάζεται ο αλγόριθμος φίλτρου Kalman για την παρακολούθηση ραντάρ των πλοίων. Επειδή αυτές οι μέθοδοι έχουν το μειονέκτημα της ξαφνικής μείωσης της ακρίβειας κατά τη διάρκεια των ελιγμών αντικειμένων, έχουν προταθεί άλλες αριθμητικές

προσεγγίσεις. Μπορούν γενικά να περιγραφούν ως πολλαπλά φίλτρα μοντέλου, αλλά μπορούν, επίσης, να χωριστούν σε πιο συγκεκριμένες ομάδες. Η κύρια ιδέα αυτών είναι να επιλέξουν το καλύτερο για την παρούσα κατάσταση των στοιχειωδών φίλτρων Kalman. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω προσαρμοστικής εκτίμησης, μεθόδων που βασίζονται σε αποφάσεις ή άλλων πολλαπλών προσεγγίσεων μοντέλου, όπως το φίλτρο Interacting Multiple Model (IMM).

Μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση για αριθμητικές μεθόδους είναι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα επιτεύχθηκαν με τη χρήση αυτών των μεθόδων κατά τη διάρκεια 15 ετών έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο Ναυτικό Πανεπιστήμιο του Szczecin. Από τις πολλές δομές δικτύου που μελετήθηκαν, το Γενικό Νευρωνικό Δίκτυο Παλινδρόμησης (GRNN) απέδωσε ιδιαίτερα καλά. Η έρευνα έδειξε ότι λόγω των σημαντικών διαφορών στη δυναμική, η ομοιόμορφη αδιευγρυπτική κίνηση και η μη γραμμική κίνηση απαιτούν την εφαρμογή διαφορετικών παραμέτρων GRNN. Έτσι, μια έννοια πολλαπλών μοντέλων νευρωνικών φίλτρων προέκυψε για την παρακολούθηση ραντάρ και σόναρ. Τα αποτελέσματα της έρευνας επαλήθευσης που παρουσιάστηκαν στο Stateczny και Kazimierski (2008b) έχουν δείξει ότι τα νευρωνικά φίλτρα είναι πραγματικός ανταγωνισμός για τα εμπορικά χρησιμοποιούμενα φίλτρα, ειδικά κατά τη διάρκεια των ελιγμών στόχων.

Εκτός από τη μέθοδο παρακολούθησης, είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται η πιο αξιόπιστη μέθοδος εντοπισμού θέσης για τη σχεδίαση πληροφοριών ραντάρ. Αυτή η εργασία σημαίνει ως επί το πλείστον εξαγωγή στόχων από την οθόνη ραντάρ. Μια άλλη ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση μπορεί να παρουσιαστεί εδώ για τα παραδοσιακά χρησιμοποιημένα ραντάρ σφυγμού, συχνότητα διαμορφωμένο συνεχές κύμα (FMCW) ραντάρ, τα οποία είναι ιδιαίτερα καλά για τα εσωτερικά ύδατα και τις σύντομες αποστάσεις. Η έρευνα που έχει διεξαχθεί μέχρι στιγμής έχει αποδείξει τη χρησιμότητα του ραντάρ για τη συγκριτική πλοήγηση και για το σχεδιασμό των χωρικών αισθητήρων ή άλλη χωρική ανάλυση. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται σήμερα συχνότερα στην πλοήγηση, γενικά, π.χ. μοντελοποίηση του βυθού.



Σχήμα 1.

Ασυμφωνίες μεταξύ ραντάρ και εικόνων AIS.

### 3.7. ΕΝΝΟΙΑ ΣΥΝΤΗΞΗΣ AIS-RADAR.

Η ανάγκη σύντηξης δεδομένων AIS και ραντάρ προκύπτει από την ποικιλομορφία και των δύο συστημάτων. Στο σχήμα 1, παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο οθόνης από το VTS στο Αμβούργο, το οποίο δείχνει εν συντομία τις σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων.

Δεν επιτρέπεται ο αξιωματικός που βρίσκεται σε επιφυλακή να παίρνει δύο διαφορετικούς φορείς κίνησης για έναν στόχο - ένα από τη μετάδοση AIS και ένα που εκτιμάται από το ρουλεμάν ραντάρ και τις μετρήσεις σειράς. Και οι δύο είναι δισδιάστατοι φορείς κίνησης, αλλά λόγω των λεπτομερειών κάθε συστήματος, παρατηρούνται κάποιες διαφορές. Αυτό οδηγεί άμεσα στη σύντηξη αισθητήρων. Γενικά, μπορούν να παρουσιαστούν δύο κύριες έννοιες της σύντηξης AIS-ραντάρ, δηλαδή αποκεντρωμένες και κεντρικές προσεγγίσεις. Στην πρώτη, οι σύνθετες πληροφορίες υπολογίζονται πρώτα σε κάθε αισθητήρα και στη συνέχεια παρέχονται σε έναν αλγόριθμο σύντηξης, όπου ενσωματώνονται με καθιερωμένους κανόνες. Στο δεύτερο, οι πρώτες μετρήσεις από τον αισθητήρα μεταδίδονται για περαιτέρω επεξεργασία στη μονάδα σύντηξης. Στην περίπτωση του ECDIS, είναι πιο βολικό να χρησιμοποιηθεί η αποκεντρωμένη έννοια. Για το ECDIS, το ραντάρ και το AIS είναι απλώς μια εξωτερική πηγή δεδομένων, και η δημιουργία ενός πρόσθετου φίλτρου στο ECDIS για κεντρική σύντηξη είναι άσκοπη. Η αποκεντρωμένη προσέγγιση που βασίζεται στον αλγόριθμο Φίλτρου Kalman είναι επίσης η πιο δημοφιλής στη βιβλιογραφία.

Το πρώτο βήμα για όλους τους αλγόριθμους σύντηξης είναι η συσχέτιση προορισμού και αυτό το βήμα συχνά δημιουργεί τα περισσότερα προβλήματα. Εφαρμόζονται επίσης διάφοροι αλγόριθμοι για αυτήν την εργασία, συμπεριλαμβανομένων αριθμητικών υπολογισμών, γκρίζας θεωρίας ή ασαφής λογικής

### 3.8. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Οι διαφορές μεταξύ των εννοιών ραντάρ παρακολούθησης και AIS προκαλούν την παραλαβή κομματιών και από τα δύο συστήματα, τα οποία, αν και περιγράφουν τον ίδιο στόχο, έχουν διαφορετική φύση. Ως εκ τούτου, δεν είναι ένα ασήμαντο πρόβλημα η συσχέτιση κομματιών ραντάρ και AIS. Μπορεί να εντοπιστούν τα ακόλουθα κύρια προβλήματα στη διαδικασία συσχέτισης:

- Έλλειψη συγχρονισμού χρόνου μεταξύ των μετρήσεων και στα δύο συστήματα
- Διάφορα χρονικά διαστήματα των μετρήσεων
- Διαφορετικές ταχύτητες και μαθήματα (δυϊσμός)
- Έλλειψη αναγνώρισης των στόχων ραντάρ
- Μεγάλες διαφορές στην ακρίβεια θέσης
- Εκπροσώπηση-στόχος – μέγεθος ηχούς ραντάρ σε σχέση με τους στόχους AIS σημείου.

Τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα μπορούν να επιλυθούν χρησιμοποιώντας μεθόδους που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία και η περιγραφή τους είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής της παρούσας διπλωματικής. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές που χρησιμοποιούνται για τη σύντηξη τροχιάς είναι ήδη μια προσέγγιση των δεδομένων και όχι πραγματικές μετρήσεις. Πολλά από τα προβλήματα που προκαλούνται από ανακρίβειες στις μεθόδους παρακολούθησης στόχων ραντάρ που παρουσιάζονται εν συντομία παραπάνω.

Στο Kazimierski (2013), προτάθηκε ένας αλγόριθμος τριών βημάτων για τη συσχέτιση δεδομένων ραντάρ-AIS. Στην προσέγγιση αυτή, προτάθηκαν τρία κριτήρια σύνδεσης:

- Position;
- Movement vector;
- History.

Το πρώτο είναι το πιο φυσικό. Ωστόσο, μπορεί να συμβεί ότι υπάρχουν περισσότεροι από ένας στόχοι στην περιοχή, επομένως είναι καλό να ελέγχετε επίσης την κίνηση των στόχων. Επιπλέον, μπορεί να είναι απαραίτητο να επιβεβαιωθεί η τάση σύνδεσης σε μια χρονική περίοδο, έτσι, χρησιμοποιείται και το κριτήριο της ιστορίας. Η ιδέα της σύνδεσης είναι να δημιουργηθεί μια πύλη γύρω από τα δεδομένα-στόχους. Το κρίσιμο καθήκον είναι στη συνέχεια να καθοριστεί το κατάλληλο μέγεθος αυτής της πύλης. Πρέπει να είναι αρκετά μικρό για να αποφευχθεί η ψευδής συσχέτιση, αλλά αρκετά μεγάλο ώστε να περιλαμβάνει σφάλματα συστήματος. Μπορεί να ειπωθεί

ότι μια απόσταση από τρία έως τέσσερα καλώδια θα πρέπει να είναι αρκετή για συσχέτιση θέσης (Stateczny και Kazimierski, 2013), και η διανυσματική πύλη κίνησης μπορεί να καθοριστεί με βάση τις απαιτήσεις ακρίβειας του IMO για την παρακολούθηση ραντάρ.

### 3.9. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΝΤΗΞΗΣ

Όταν τα κομμάτια λαμβάνονται και συνδέονται, αρχίζει μια διαδικασία σύντηξης τροχιάς. Θεωρείται ότι ο κρατικός φορέας και η διακύμανση είναι γνωστές και από τα δύο συστήματα (ραντάρ και AIS) και ότι περιγράφουν τον ίδιο στόχο. Διάφοροι αλγόριθμοι για τη σύντηξη τροχιάς παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία. Από αυτά, το πιο δημοφιλές φαίνεται να είναι:

- Απλή σύντηξη
- Με τη χρήση διασταυρούμενης διακύμανσης

Στον αλγόριθμο απλής σύντηξης που παρουσιάζεται, για παράδειγμα, η σύντηξη είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος των στοιχειωδών εκτιμήσεων ( $x$ ), όπου τα βάρη υπολογίζονται απευθείας από τη διακύμανση. Για την παρακολούθηση ραντάρ-AIS ενός στόχου, η εξίσωση σύντηξης έχει τη μορφή:

$$x = (P_r^{-1} + P_a^{-1})^{-1} (P_r^{-1} x_r + P_a^{-1} x_a),$$

Με έναν πίνακα διακύμανσης σφάλματος της φόρμας

$$P = (P_r^{-1} + P_a^{-1})^{-1}.$$

Η περίπτωση του υπολογισμού της σύντηξης με διασταυρούμενη διακύμανση είναι πιο περίπλοκη, και σε κλασική μορφή, απαιτεί περισσότερες πληροφορίες από στοιχειώδη φίλτρα. Σύμφωνα με τους Matzka και Altendorfer (2008), η σύντηξη για δύο αισθητήρες μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$x = x_a + W(x_r - x_a)$$

$$W = (P_a - P_{ar})U_{ar}^{-1}$$

$$U_{ar} = P_a + P_r - P_{ar} - P_{ar}^{-1}$$

Όπου

και  $P_{ar}$  είναι ο πίνακας διασταυρούμενης συνδιακύμανσης, που υπολογίζεται αναδρομικά με τη χρήση των πινάκων φίλτρου Kalman των στοιχειωδών φίλτρων. Μια τέτοια λύση είναι άχρηστη εάν μόνο η εκτιμώμενη αξία και η συνδιακύμανσή της είναι γνωστές και δεν δίνονται περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα στοιχειώδη φίλτρα. Αυτή είναι μια κατάσταση παρόμοια με αυτή του ECDIS, όπου δεν μεταδίδονται πληροφορίες σχετικά με τα φίλτρα παρακολούθησης, μόνο οι τιμές. Αυτή η κατάσταση μπορεί επίσης να συμβεί εάν χρησιμοποιούνται μέθοδοι άλλες από το φίλτρο Kalman, όπως η προηγουμένως αναφερθείσα νευρωνική μέθοδος. Έτσι, μια μέθοδος προσέγγισης της μήτρας διασταυρούμενης συνδιακύμανσης από το προϊόν Hadamard των πινάκων εισροών προτάθηκε από Matzka και Altendorfer (2008):

$$P_{ar} = \rho(P_a \bullet P_r)^{1/2}$$

Όπου  $\rho$  είναι ένας αποτελεσματικός συντελεστής συσχέτισης, προσδιορισμένος εμπειρικά. Σε αυτήν την έρευνα, μια τιμή 0,4 υιοθετείται, ακολουθώντας τους Kazimierski και Stateczny (2011). Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση, που χρησιμοποιείται συχνά στη βιβλιογραφία, είναι να ενώσει ακόμη περισσότερους από δύο αισθητήρες χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Probabilist Data Association Filter (PDAF) και τις μεταλλάξεις και τις εξελίξεις της. Το φίλτρο περιγράφεται διεξοδικά στο Liggins et al. (2009) και η εφαρμογή του μπορεί να βρεθεί στο Kwiatkowski et al. (2011).

### 3.10. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Η ιδέα αυτής της έρευνας ήταν να επαληθευτούν οι περιγραφόμενοι αλγόριθμοι με πραγματικά δεδομένα. Για το σκοπό αυτό, προετοιμάστηκε ειδικό λογισμικό και νηολογήθηκαν δεδομένα σε ένα σκάφος. Τα δεδομένα περιλάμβαναν ακατέργαστες χορδές AIS και ραντάρ της Εθνικής Ένωσης Θαλάσσιων Ηλεκτρονικών (NMEA). Ο κύριος στόχος ήταν να συγκριθεί η απλή σύντηξη με έναν αλγόριθμο σύντηξης διασταυρούμενης διακύμανσης και να προταθούν τιμές για τη διακύμανση. Θεωρήθηκε ένα περιβάλλον ECDIS, δηλαδή είναι γνωστές μόνο οι τιμές του κρατικού φορέα που λαμβάνεται από εξωτερικούς αισθητήρες (ραντάρ και AIS). Για τη συσχέτιση κομματιών, πραγματοποιήθηκε ένας αλγόριθμος τριών βημάτων, αποτελούμενος από συσχέτιση θέσης, σύνδεσης κομματιού και συσχέτισης ιστορικού, όπως και από τον Kazimierski (2013). Έτσι, οι στόχοι υποτίθεται ότι συνδέονται και μόνο η σύντηξη παρακολούθησης εξετάστηκε στην παρούσα έρευνα.

## Κεφάλαιο 4

### ECDIS

Ένα ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης και πληροφοριών χαρτών (ECDIS) είναι μια συγκεκριμένη μορφή συστήματος πληροφοριών πλοήγησης που βασίζεται σε υπολογιστή, το οποίο συμμορφώνεται με τους κανονισμούς του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί των γραφημάτων πλοήγησης σε ορισμένες περιοχές. Δεν μπορούν να ονομαστούν όλα τα ηλεκτρονικά συστήματα γραφημάτων ECDIS, και αλλά ο όρος χρησιμοποιείται συχνά εσφαλμένα για αναφορά σε οποιονδήποτε τύπο συστήματος ηλεκτρονικών γραφημάτων (ECS).



Σχημα 1: ECDIS Display



Σχήμα 2: Vector Chart

Το πραγματικό σύστημα ECDIS εμφανίζει πληροφορίες από ηλεκτρονικά διαγράμματα πλοήγησης (ENC) και ενσωματώνει πληροφορίες θέσης από το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) και άλλους αισθητήρες πλοήγησης, όπως ραντάρ, εντοπισμός και αυτόματο σύστημα αναγνώρισης (AIS). Μπορεί επίσης να εμφανίσει πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με την πλοήγηση, όπως



Οδηγίες Ιστιοπλοΐας. Τα ίδια τα ENC είναι εξίσου σημαντικά με το σύστημα που τα εμφανίζει. Υπάρχει μερικές φορές σύγχυση μεταξύ των επίσημων ENC που πρέπει να παράγονται από ή για λογαριασμό ενός διεθνούς κυβερνητικού υδρογραφικού γραφείου, και άλλων εμπορικών ηλεκτρονικών χαρτών τα οποία, ενώ ενδέχεται να μπορούν να εμφανίζονται στο σύστημα ECDIS, δεν συμμορφώνονται με τους κανονισμούς του IMO για χρήση ως σύστημα πρωτογενών χαρτών ναυσιπλοΐας. Μόνο όταν εκτελούνται επίσημα ENC σε ένα συμβατό σύστημα ECDIS μπορεί να ονομαστεί ECDIS. Όλα τα άλλα δεδομένα γραφήματος που χρησιμοποιούνται υποβαθμίζουν αμέσως το σύστημα σε ECS και χωρίς καταγγελία, σύμφωνα με τους όρους των κανονισμών SOLAS (1971) για τη χρήση των Ηλεκτρονικών Γραφημάτων ως κύριο μέσο πλοήγησης για την εμπορική ναυτιλία. Αυτή η διάκριση είναι έτοιμη να αγνοήσει τους κανονισμούς.

Ο εξοπλισμός ECDIS καθορίζεται στο πρότυπο επιδόσεων ECDIS του IMO (ψήφισμα A.817 (19)) του IMO ως εξής: Ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης και πληροφοριών χαρτών (ECDIS) σημαίνει σύστημα πληροφοριών πλοήγησης το οποίο, με επαρκείς ρυθμίσεις ασφαλείας, μπορεί να γίνει δεκτή ως σύμφωνη με το ενημερωμένο διάγραμμα που απαιτείται από τους κανονισμούς V/19 και V/27 της σύμβασης SOLAS του 1974, με την εμφάνιση επιλεγμένων πληροφοριών από ηλεκτρονικό χάρτη πλοήγησης συστήματος (SENC) με πληροφορίες θέσης από αισθητήρες πλοήγησης για να βοηθήσει τον ναυτικό στο σχεδιασμό της διαδρομής και την παρακολούθηση διαδρομών και με την εμφάνιση πρόσθετων πληροφοριών σχετικά με τη ναυσιπλοΐα, εάν απαιτείται. Το ECDIS είναι μια συσκευή ναυσιπλοΐας που δημιουργήθηκε σε πλοίο και ως εκ τούτου αποτελεί ευθύνη του ΔΝΟ. Πρέπει να υποστηρίζει ολόκληρο το φάσμα των λειτουργιών πλοήγησης που χρησιμοποιούν τα χαρακτηριστικά των δεδομένων του διαγράμματος και της συγκεκριμένης παρουσιάσής τους. Επιπλέον, για να είναι ένα ECDIS, ο εξοπλισμός πρέπει να αποδεικνύεται ότι πληροί όλες τις απαιτήσεις των προτύπων επιδόσεων του IMO (ψήφισμα IMO A.817 (19)) και να προσφέρει, εκτός από τη γραφική παρουσίαση των δεδομένων του διαγράμματος, πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των εμφανιζόμενων χαρακτηριστικών.

#### **4.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ**

Κατά την αρχική φόρτωση ενός ENC, το ECDIS εμφανίζει την τυπική οθόνη. Η οθόνη χρησιμοποιεί το ηλεκτρονικό διάγραμμα πλοήγησης συστήματος (SENC), το οποίο είναι η βάση δεδομένων ENC μαζί με χειροκίνητες και αυτοματοποιημένες ενημερώσεις. Είναι αυτή η βάση δεδομένων που χρησιμοποιεί το ECDIS για τη δημιουργία της οθόνης περιήγησης. Είναι ισοδύναμο

με ένα ενημερωμένο γράφημα χαρτιού. Το SENC μπορεί επίσης να περιέχει πρόσθετες πληροφορίες από άλλες πηγές. Το επίπεδο και τα είδη των πληροφοριών που εμφανίζονται μπορούν να τροποποιηθούν από τον τελεστή, με την επιφύλαξη των περιορισμών μιας βάσης εμφάνισης. Η βάση απεικόνισης είναι το ελάχιστο επίπεδο πληροφοριών SENC που απαιτούνται ανά πάσα στιγμή σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές και σε όλες τις περιστάσεις. Η βάση της οθόνης δεν προορίζεται να είναι επαρκής για πλοήγηση.

## **4.2. ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΡΑΣΤΕΡ**

Τα διαγράμματα πλοήγησης ράστερ είναι διαγράμματα ράστερ που συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές του IHO και παράγονται με τη μετατροπή γραφημάτων χαρτιού σε ψηφιακή εικόνα από σαρωτή. Η εικόνα είναι παρόμοια με τις εικόνες ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής, η οποία θα μπορούσε να μεγεθυνθεί για πιο λεπτομερείς πληροφορίες, όπως κάνει σε ENC's. Η ειδική έκδοση S-61 του IHO παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για την παραγωγή δεδομένων ράστερ. Το ψήφισμα MSC 86(70) του IMO επιτρέπει στον εξοπλισμό ECDIS να λειτουργεί σε λειτουργία συστήματος απεικόνισης γραφήματος ράστερ (RCDS), αυτό συμβαίνει ελλείψει ENC.

## **4.3. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

Το ECDIS (όπως ορίζεται από τις ειδικές εκδόσεις S-52 και S-57 της IHO) είναι εγκεκριμένος θαλάσσιος χάρτης ναυσιπλοΐας και σύστημα πληροφοριών, το οποίο είναι αποδεκτό ως σύμφωνο με το διάγραμμα χαρτιού της σύμβασης που απαιτείται από τον κανονισμό V/20 της σύμβασης IMO SOLAS του 1974. Οι απαιτήσεις επιδόσεων για το ECDIS καθορίζονται μόνο από τον IMO

## **4.4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΟΙΚΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ (ECDIS)**

Το ECDIS παρέχει συνεχείς πληροφορίες για τη θέση και την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Το σύστημα δημιουργεί ηχητικούς ή/και οπτικούς συναγερμούς όταν το σκάφος βρίσκεται κοντά σε κινδύνους ναυσιπλοΐας. Υπάρχουν δύο τύποι ηλεκτρονικών δεδομένων γραφήματος. το πιο κοινό είναι το διανυσματικό διάγραμμα, Διανυσματικά διαγράμματα είναι η βάση δεδομένων γραφήματος για ECDIS, με τυποποιημένο περιεχόμενο, δομή και μορφή, που εκδίδεται για χρήση με TO ECDIS σχετικά με την αρχή της κυβέρνησης εξουσιοδοτημένα υδρογραφικά γραφεία. Τα ENC's είναι διανυσματικά διαγράμματα που συμμορφώνονται επίσης με τις προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO) που αναφέρονται στην Ειδική Δημοσίευση S-57. Τα ENC περιέχουν όλες τις πληροφορίες του διαγράμματος που είναι απαραίτητες για την ασφαλή

πλοήγηση και ενδέχεται να περιέχουν συμπληρωματικές πληροφορίες επιπλέον αυτών που περιέχονται. Στο διάγραμμα χαρτιού (π.χ. Οδηγίες Ιστιοπλοΐας). Αυτές οι συμπληρωματικές πληροφορίες μπορεί να θεωρηθούν απαραίτητες για την ασφαλή πλοήγηση και μπορούν να εμφανιστούν μαζί απρόσκοπτα. Τα ENC είναι έξυπνα, καθώς τα συστήματα που τα χρησιμοποιούν μπορούν να προγραμματιστούν για να προειδοποιούν για επικείμενο κίνδυνο σε σχέση με τη θέση και την κίνηση του σκάφους.

#### **4.5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ**

Στην παρούσα εργασία θα δείξουμε το πρόγραμμα που θα προσομοιώσει την πραγματική εργασία για το σύστημα ECDIS με όλες τις διασυνδέσεις του, όπως Rader GPS Speed log ... Κλπ. Προτιμήσαμε να σχεδιάσουμε το λογισμικό χρησιμοποιώντας το Borland C Builder 6. Το πρόγραμμα επίδειξης γίνεται για να προσομοιώσει μια ιδέα μιας ηλεκτρονικής επίδειξης χαρτών που χρησιμοποιείται επί των σκαφών. Αυτό το πρόγραμμα είναι ένα παράθυρο με βάση Software Builder 6 έχει ισχυρά εργαλεία απεικόνισης και έχει κάποια έτοιμα συστατικά που θα μας βοηθήσουν στο πρόγραμμα.

#### **4.6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

Το πρόγραμμα χρησιμοποιείται για να επιδείξει έξι επικαλυπτόμενες ενημερωμένες εικόνες, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις απόψεις φύλων που μπορούν να δημιουργήσουν έξι τηλεοπτικά στρώματα. Τα περισσότερα στρώματα στη διαφάνεια, την εικόνα και το μέγεθος σε πραγματικό χρόνο. Έχουμε ένα έντυπο. όλες οι παραγγελίες προς το πρόγραμμα δημιουργούνται από το ποντίκι POP-UP Menu ή από πληκτρολόγιο σύντομες περικοπές. Υπάρχει η δυνατότητα να ξεκινήσει μέχρι και 20 κομμάτια για επιλεγμένους στόχους, αυτά τα κομμάτια μπορούν να ενημερωθούν ή ακόμα και να ακυρωθεί ανά πάσα στιγμή. Μπορούμε να σχεδιάσουμε κυκλικές ζώνες μέχρι 6 κυκλικές ζώνες με επιλεγμένο χρώμα και επιλεγμένο πλάτος γραμμής, η 1η ζώνη μπορεί να προκαλέσει συναγερμό για στόχους που περνούν από τη ζώνη εντός /εξωτερικής κατεύθυνσης. Μπορούμε να σχεδιάσουμε τον τομέα μέχρι 6 τομείς με επιλεγμένο χρώμα και πλάτος γραμμής, ο 1ος τομέας μπορεί να φωτιά συναγερμού για τη διέλευση των στόχων (μέσα / έξω). Μπορούμε να σχεδιάσουμε γραμμές έως 8 γραμμές με επιλεγμένο χρώμα και επιλεγμένο πλάτος γραμμής. Μπορούμε να βάλουμε σημάδια (μέχρι 6 πράσινους κύκλους, 6 κόκκινους κύκλους, 6 πράσινα τετράγωνα και μέχρι 6 κόκκινα τετράγωνα) σε οποιοδήποτε μέρος. Μπορούμε να γράψουμε κείμενο Μέχρι 10 γραμμές κειμένου σε οποιοδήποτε μέρος της οθόνης με διαφορετικό μέγεθος και χρώματα. Μπορούμε να δείξουμε ή να κρύψουμε μια εικόνα χάρτη bitmap. Σε αυτό το έργο θα δείξουμε το

πρόγραμμα που θα προσομοιώσει την πραγματική εργασία για το σύστημα ECDIS με όλες τις διασυνδέσεις του, όπως Rader GPS Speed log ... Κλπ. Προτιμήσαμε να σχεδιάσουμε το λογισμικό χρησιμοποιώντας το Borland C Builder 6. Το πρόγραμμα επίδειξης γίνεται για να προσομοιώσει μια ιδέα μιας ηλεκτρονικής επίδειξης χαρτών που χρησιμοποιείται επί των σκαφών. Αυτό το πρόγραμμα είναι ένα παράθυρο με βάση Software Builder 6 έχει ισχυρά εργαλεία απεικόνισης και έχει κάποια έτοιμα συστατικά που θα μας βοηθήσουν στο πρόγραμμα.

## Κεφάλαιο 5

### ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΑ

Η αυτόνομη τεχνολογία των πλοίων έχει γίνει ένα σημαντικό θέμα στη συζήτηση για πιο αποτελεσματικές, φιλικές προς το περιβάλλον και ασφαλέστερες λύσεις θαλάσσιων μεταφορών. Ο καιρός για την εισαγωγή εμπορικά λογικών λύσεων για μη επανδρωμένα και πλήρως αυτόνομα φορτηγά και επιβατηγά πλοία είχε ξεκινήσει. Η ασφάλεια θα είναι η πιο ενδιαφέρουσα και σημαντική πτυχή αυτής της εξέλιξης. Η αξιοποίηση της αυτόνομης τεχνολογίας των πλοίων θα έχει πολλές επιπτώσεις στην ασφάλεια, τόσο θετικές όσο και αρνητικές. Έχει ανακοινωθεί ότι ο στόχος είναι να βελτιωθεί η ασφάλεια ενός μη επανδρωμένου πλοίου από την ασφάλεια ενός επανδρωμένου πλοίου. Ωστόσο, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι το ανθρώπινο στοιχείο θα εξακολουθεί να υπάρχει όταν χρησιμοποιούνται πλήρως μη επανδρωμένα πλοία. Ο έλεγχος ενός πλοίου με βάση την ξηρά περιέχει νέες πτυχές ασφάλειας και ένα ενδιαφέρον ερώτημα θα είναι η αλληλεπίδραση των επανδρωμένων και μη επανδρωμένων πλοίων στην ίδια περιοχή κυκλοφορίας. Συνεπώς, η αυτόνομη τεχνολογία των πλοίων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την εκπαίδευση των ναυτικών. Επίσης, δεν πρέπει να λησμονούμε ότι κάθε αλγόριθμος ελέγχου και κανόνας της εσωτερικής λογικής λήψης αποφάσεων του αυτόνομου πλοίου πλοήγησης έχει σχεδιαστεί και κωδικοποιηθεί από έναν μηχανικό ανθρώπινου λογισμικού. Κατά συνέπεια το ανθρώπινο στοιχείο είναι παρόν επίσης σε αυτό το σημείο του συστήματος ναυσιπλοΐας διάρκειας ζωής του αυτόνομου σκάφους.

Η ιδέα ενός αυτόνομου πλοίου δεν είναι καινούργια. Στην πραγματικότητα, τα αυτόματα ελεγχόμενα σκάφη επιφανείας υπάρχουν ήδη εδώ και δεκαετίες. Τα πλήρως αυτόματα πλοία με δυναμική θέση έγιναν κοινά στον κλάδο των υπεράκτιων πλοίων στην δεκαετία του 1970 και η χρήση αυτόνομων φορτηγών πλοίων μελετήθηκε στην Ιαπωνία στην δεκαετία του 1980. Σήμερα τα πλήρως αυτόνομα μη επανδρωμένα σκάφη επιφανείας (USV) χρησιμοποιούνται ευρέως στην έρευνα ωκεανών, την ακτοφυλακή και τις στρατιωτικές εφαρμογές. Η τεχνολογία ενός αυτόνομου και μη επανδρωμένου πλοίου αποτέλεσε αντικείμενο ζωνών συζητήσεων σε πρόσφατα περιοδικά, συνέδρια και σεμινάρια για την ανάπτυξη της θαλάσσιας τεχνολογίας. Ένα αυτόνομο πλοίο είναι ένα ποντοβέτο σκάφος επιφανείας το οποίο είναι ικανό να λειτουργεί χωρίς πλήρωμα επί του σκάφους. Η ερμηνεία ενός αυτόνομου πλοίου από το έργο MUNIN είναι ένας συνδυασμός πλήρως αυτόνομης λειτουργίας και τηλεχειρισμού. Το ίδιο το σύστημα ελέγχου του πλοίου μπορεί να ζητήσει βοήθεια από τον απομακρυσμένο φορέα εκμετάλλευσης σε τέτοιες περιπτώσεις όπου το σύστημα λήψης αποφάσεων επί του σκάφους δεν μπορεί να επιλύσει την κατάσταση για τον ένα ή τον άλλο λόγο.

Το αυτόνομο πλοίο μπορεί έτσι να λειτουργήσει πλήρως ανεξάρτητα ή μπορεί να είναι σε ορισμένες περιπτώσεις τηλεχειριζόμενο. Η αυτόνομη ναυτιλία θεωρείται ως μια δυνατότητα για τις θαλάσσιες μεταφορές να ανταποκριθούν στις προκλήσεις του αύριο. Τα σημαντικότερα επιχειρήματα είναι η βελτίωση της ασφάλειας και η μείωση του κόστους, δηλαδή η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας. Πρόσφατα ευρωπαϊκά σχέδια έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα αυτό είναι το έργο MUNIN, που χρηματοδοτείται από την ΕΕ, και το νορβηγικό έργο ReVolt της DNV GL που υποστηρίζεται από την Transnova της Νορβηγίας. Το τρίτο μεγάλο ευρωπαϊκό σχέδιο για το θέμα αυτό είναι η AAWA, η οποία χρηματοδοτείται από έναν όμιλο φινλανδικών εταιρειών και από τον κρατικό φινλανδικό οργανισμό χρηματοδότησης για την καινοτομία, TEKES.

Ένα από τα θεμελιώδη αποτελέσματα του σχεδίου MUNIN ήταν η διαπίστωση ότι τα μη επανδρωμένα σκάφη μπορούν πράγματι να συμβάλουν στον στόχο μιας πιο βιώσιμης βιομηχανίας θαλάσσιων μεταφορών και ότι το αυτόνομο πλοίο έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις λειτουργικές δαπάνες, να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να προσελκύσει θαλάσσιους επαγγελματίες. Επίσης, το πλήρως αυτόνομο, μη επανδρωμένο, με μπαταρίες και ηλεκτρικά οδηγημένο concept ship ReVolt εκτιμάται ότι έχει σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης κόστους σε σύγκριση με ένα συνηθισμένο πλοίο που λειτουργεί με ντίζελ, πάνω από ένα εκατομμύριο ευρώ ετησίως.

Είναι πολύ συχνά επαναλαμβανόμενος ο ισχυρισμός ότι περίπου το 80% των θανάτων σε ταξίδι προκαλούνται, τουλάχιστον εν μέρει, από κάποια μορφή ανθρώπινου σφάλματος. Ωστόσο, ο ισχυρισμός αυτός έχει αμφισβητηθεί από πολλούς ερευνητές. Η κύρια αδυναμία σχετικά με αυτόν τον ισχυρισμό είναι η ερμηνεία του ανθρώπινου λάθους. Γιατί οι άνθρωποι συμπεριφέρονται με τον τρόπο που συμπεριφέρονται και τι είδους συμπεριφορά μπορεί να αναμένεται από έναν ανθρώπινο χειριστή; Ήδη από τον Rasmussen (1982) ο Rasmussen υποστήριξε ότι το "ανθρώπινο λάθος" δεν είναι χρήσιμος όρος και θα πρέπει να αντικατασταθεί από το να θεωρηθεί ότι τα γεγονότα αυτά είναι "αναντιστοιχίες ανθρώπινου έργου". Θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί ότι το αυτόνομο πλοίο θα ήταν η λύση σε αυτού του είδους τα ατυχή γεγονότα, επειδή είναι μη επανδρωμένο. Δεν θα εξάλειφε εντελώς το ανθρώπινο λάθος – ή την αναντιστοιχία ανθρώπινου έργου – από τη διαδικασία πλοήγησης; Δυστυχώς, η απάντηση είναι όχι. Η υπόθεση είναι σαφές ότι δεν είναι σωστή, ακόμη και αν η λειτουργία του πλοίου λαμβάνει χώρα χωρίς καμία ανθρώπινη ανάμειξη. Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ακόμα πολύ παρών, αλλά με άλλη μορφή.

Είναι προφανές ότι όταν το πλοίο είναι μη επανδρωμένο, δεν είναι δυνατοί ορισμένοι τύποι ανθρώπινων σφαλμάτων. Όπως λάθη που οφείλονται στην κόπωση του χειριστή, λόγω της λήθης κάτι σημαντικό ή λόγω λανθασμένων στάσεων. Επίσης, θα αποφεύγονταν τέτοια βασικά σφάλματα

χειριστή, όπως δελτία και κενά. Αλλά και πάλι, το ανθρώπινο στοιχείο είναι παρόν και υπάρχει επίσης χώρος για ανθρώπινα λάθη

Το ανθρώπινο στοιχείο είναι παρόν στο μη επανδρωμένο πλοίο, επειδή έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί από έναν άνθρωπο. Ο ανθρώπινος παράγοντας έχει μετατοπιστεί από την πραγματική στιγμή λειτουργίας σε μια προηγούμενη φάση του χρόνου ζωής του πλοίου, όταν το σύνολο του τεχνικού συστήματος σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε και δοκιμάστηκε. Είναι οι σχεδιαστές του αυτόνομου πλοίου σε θέση να προβλέψουν όλες τις διαφορετικές επιχειρησιακές καταστάσεις, προκειμένου να κάνουν το πλοίο να συμπεριφέρεται πάντα με ασφαλή τρόπο; Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι το αυτόνομο πλοίο αλληλεπιδρά με άλλα σκάφη, τα οποία δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ή λειτουργούν από ανθρώπους. Πώς το αυτόνομο πλοίο επηρεάζει τη συμπεριφορά των αξιωματικών καταστρώματος των άλλων πλοίων στην ίδια περιοχή κυκλοφορίας; Αυτή η αλληλεπίδραση δημιουργεί ένα νέο τύπο ανθρώπινου στοιχείου που θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε ανθρώπινο λάθος.

Το ανθρώπινο στοιχείο είναι παρόν επίσης στον τηλεχειρισμό του μη επανδρωμένου σκάφους. Πώς θα πρέπει να ληφθεί υπόψη αυτό; Είναι το τηλεχειριστήριο του μη επανδρωμένου πλοίου παρόμοιο με τον επιτόπιο έλεγχο του πλοίου; Τα θέματα αυτά θα συζητηθούν στα ακόλουθα κεφάλαια

## **5.1. ΤΟ ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΠΛΟΙΟ ΣΧΕΔΙΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΝΑΝ ΑΝΘΡΩΠΟ**

Το αυτόνομο πλοίο, συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού πληροφορικής, που ελέγχει τη λειτουργία του πλοίου, σχεδιάζεται και κατασκευάζεται από άνθρωπο. Το λογισμικό, δηλαδή η συμπεριφορά του συστήματος σε διαφορετικές λειτουργικές καταστάσεις, έχει επίσης σχεδιαστεί από έναν άνθρωπο. Είναι προφανές ότι το ανθρώπινο στοιχείο εμπλέκεται σε κάθε πράξη του αυτόνομου πλοίου, παρόλο που είναι μη επανδρωμένο. Σε περίπτωση αυτόνομου πλοίου, το μέγεθος του συνολικού πακέτου λογισμικού είναι τεράστιο και η δομή αυτού του πακέτου είναι πολύ περίπλοκη. Χωρίζεται σε υποσυστήματα και μικρότερες οντότητες μέσα σε ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών συσκευών που επικοινωνούν μεταξύ τους.

Ενδεχομένως μπορεί να υπάρχουν ένα ή περισσότερα σφάλματα λογισμικού που προκαλούνται από ένα ανθρώπινο λάθος σε κάθε κομμάτι του μεγάλου συστήματος. Ως εκ τούτου, η διαδικασία ανάπτυξης και δοκιμής του λογισμικού ελέγχου για το αυτόνομο πλοίο είναι εξαιρετικά κρίσιμη. Τι είδους λάθη θα μπορούσαν να κάνουν οι μηχανικοί λογισμικού; Η ανάπτυξη ενός συστήματος λογισμικού σε πραγματικό χρόνο είναι μια περίπλοκη επαναληπτική διαδικασία που αποτελείται από διαφορετικές φάσεις, όπως ο ορισμός και η ανάλυση απαιτήσεων, ο σχεδιασμός δομών δεδομένων και αλγορίθμων λειτουργίας, ο σχεδιασμός της μετάδοσης δεδομένων, ο σχεδιασμός της δομής του λογισμικού, ο καθορισμός του προγραμματισμού και των προτεραιοτήτων των

εργασιών, ο σχεδιασμός της αυτοδιάγνωσης και οι αλγόριθμοι για εξαιρετικές καταστάσεις, η κωδικοποίηση των ενοτήτων, η κωδικοποίηση των ενοτήτων, δοκιμές σε επίπεδο ενότητας, ενσωμάτωση, δοκιμές σε επίπεδο συστήματος κ.λπ.

Είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής της παρούσας διπλωματικής για να συζητήσουν τις μεθόδους δημιουργίας καλού λογισμικού για την ασφάλεια-κρίσιμα συστήματα. Υπάρχουν εκατοντάδες βιβλία και έγγραφα γραμμένα για το θέμα αυτό και πολλά διεθνή πρότυπα που δημοσιεύονται για την υποστήριξη της ανάπτυξης συστημάτων ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια, όπως iec61508, ISO 26262 και IEC 62304, για να αναφέρουμε μόνο μερικά από αυτά.

Υπάρχουν απλά ανθρώπινα λάθη που μπορούν να λάβουν χώρα κατά τη διάρκεια των εργασιών ανάπτυξης λογισμικού, όπως τα λάθη πληκτρολόγησης και η κοινή ανθρώπινη απροσεξία κατά τη διάρκεια της φάσης κωδικοποίησης, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει σφάλματα λογισμικού με μεγάλη ποικιλία συμπτωμάτων. Λίγο πιο ενοχλητικά λάθη προκύπτουν από την κακή σχεδίαση της διεπαφής και μη πρακτικούς αλγόριθμους λειτουργίας. Αλλά το πλεονέκτημα για αυτό το είδος των σφαλμάτων λογισμικού είναι ότι είναι προφανής και μπορεί εύκολα να διορθωθεί. Όσο πιο ώριμο γίνεται το λογισμικό, τόσο λιγότερο περιέχει αυτό το είδος των σφαλμάτων, δεδομένου ότι το λογισμικό δεν φθείρεται, δηλαδή το ποσό των σφαλμάτων δεν θα αυξηθεί λόγω της γήρανσης.

Τα πιο δύσκολα και επικίνδυνα σφάλματα λογισμικού είναι αυτά που συνδέονται με μη φυσιολογικές καταστάσεις και αλγόριθμους σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Πολλά θαλάσσια ατυχήματα προέκυψαν από έναν κακώς σχεδιασμένο αλγόριθμο που οδηγεί σε μια απροσδόκητη και επικίνδυνη λειτουργία υπό εξαιρετικές συνθήκες. Κανείς δεν ήξερε εκ των προτέρων πώς θα συμπεριφερόταν το σύστημα σε μια τέτοια κατάσταση. Ορισμένα ατυχήματα αυτού του τύπου αναλύονται στο Ahvenjärvi (2009). Το πρόβλημα αυτού του είδους στα σφάλματα σχεδιασμού λογισμικού είναι ότι είναι πολύ δύσκολο να αποκαλυφθούν εκ των προτέρων. Μπορεί να συμβεί ότι η εξαιρετική κατάσταση δεν είχε προβλεφθεί από την ομάδα των εμπειρογνομόνων που έγραψε τον ορισμό απαίτηση για το λογισμικό. Η λειτουργία του συστήματος σε μια τέτοια κατάσταση μπορεί να είναι το αποτέλεσμα των αποφάσεων που λαμβάνονται από έναν μηχανικό λογισμικού, ο οποίος δεν είναι ειδικός της πλοήγησης. Υπάρχει ένας καλός λόγος για να ρωτηθεί ο μηχανικός λογισμικού είναι σε θέση να περιηγηθεί σε ένα πλοίο. Ο Ahvenjärvi (2002a) αυξάνει αυτό το ερώτημα και δίνει μερικά παραδείγματα των σφαλμάτων λογισμικού που προκαλούνται από κακώς σχεδιασμένους αλγορίθμους για εξαιρετικές καταστάσεις: "Επί του σκάφους ένα επιβατηγό οχηματαγωγό πλοίο έναν υπολογιστή πλοήγησης, μετά από μια βλάβη του αισθητήρα, διατηρούνται για τον έλεγχο της ταχύτητας του πλοίου χωρίς να γνωρίζει την ταχύτητα του πλοίου.



Μια δύσκολη περίπτωση για το σχεδιαστή του λογισμικού είναι να μάθει πώς το αυτόνομο πλοίο θα πρέπει να ενεργεί σε μια κατάσταση όπου μόνο πραγματικά φτωχές εναλλακτικές λύσεις έχουν απομείνει. Για παράδειγμα, θα πρέπει το πλοίο να συγκρουστεί σκόπιμα με άλλο πλοίο ή να προσαράξει. Αυτά είναι δύσκολα ερωτήματα και το ανθρώπινο στοιχείο είναι πολύ παρόν στη δημιουργία αλγορίθμων για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων. Η ευθύνη δεν μπορεί να τεθεί στο σύστημα υπολογιστών. Είναι το ανθρωπογενές λογισμικό που κάνει το σύστημα να κάνει αυτό που κάνει. Αλλά ποιος αναλαμβάνει την ευθύνη ενός ατυχήματος που προκλήθηκε από έναν κακό αλγόριθμο απόφασης του αυτόνομου πλοίου; Είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής του παρόντος εγγράφου για να συζητήσουν το θέμα αυτό.

Συνολικά, είναι περισσότερο από πιθανό ότι θα υπάρξουν περισσότερο ή λιγότερο επικίνδυνα σφάλματα λογισμικού στα συστήματα ελέγχου των αυτόνομων πλοίων. Το καλό με τα σφάλματα λογισμικού είναι ότι δεν πολλαπλασιάζονται κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος. Αντ' αυτού, με τη δοκιμή και τη χρήση των σφαλμάτων του συστήματος θα αποκαλυφθούν και το λογισμικό μπορεί να διορθωθεί και να ενημερωθεί. Εν πάση περιπτώσει, το ανθρώπινο στοιχείο είναι ακόμα εκεί, ακόμη και όταν όλες οι πιθανές προσπάθειες έχουν καταβληθεί για τη δοκιμή και τη διόρθωση του λογισμικού πριν από το αυτόνομο πλοίο τίθεται σε κυκλοφορία.

## **5.2. ΕΠΙΡΡΟΗ ΣΤΟ ΠΛΗΡΩΜΑ ΤΩΝ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΠΛΟΙΩΝ**

Αν και μπορεί να ακούγεται λίγο παράξενο σενάριο, το πλήρωμα σε ένα επανδρωμένο πλοίο μπορεί να μάθει νέες συνήθειες λειτουργίας όταν βρίσκονται σε τακτική επαφή με ένα μη επανδρωμένο πλοίο. Είναι ένα κοινώς γνωστό γεγονός ότι η αυτοματοποίηση έχει την τάση να δημιουργήσει νέες και επικίνδυνες συνήθειες για αυτούς που βρίσκονται σε τακτική επαφή με αυτό. Δεν είναι δύσκολο να βρεθούν παραδείγματα αυτού. Η γείωση της M/S Royal Majesty (NSCB, 1997) είναι κλασική, αλλά και στην καθημερινή ζωή μπορούμε να δούμε παραδείγματα αλλαγών στην ανθρώπινη συμπεριφορά που προκαλούνται από την αυτοματοποίηση. Απλά σκεφτείτε έναν οδηγό αυτοκινήτου που έχει ένα νέο αυτοκίνητο εξοπλισμένο με ραντάρ στάθμευσης. Στην αρχή ο οδηγός του αυτοκινήτου ελέγχει τα πιθανά κοντινά εμπόδια από τους καθρέφτες και τα παράθυρα, παρόλο που το ραντάρ είναι εκεί. Αλλά σταδιακά ο οδηγός μαθαίνει ότι θα υπάρξει μια προειδοποίηση που δίνεται από το σύστημα ραντάρ κάθε φορά που υπάρχει κάτι πίσω από το αυτοκίνητο. Και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα ο οδηγός μαθαίνει να βασίζεται στο ραντάρ στάθμευσης και αρχίζει να παραμελούν κοιτάζοντας τους καθρέφτες. Μπορεί να συμβεί ότι ο οδηγός αρχίζει να χρησιμοποιεί λίγο περισσότερη ταχύτητα κατά τη διάρκεια της στάθμευσης, λόγω της εξάρτησης από το σύστημα ραντάρ.

Είναι πιθανό, αν όχι πιθανό, το αυτόνομο πλοίο να προκαλέσει κάποιου είδους μαθησιακή διαδικασία μεταξύ των αξιωματικών του καταστρώματος των επανδρωμένων πλοίων που δραστηριοποιούνται στην ίδια περιοχή κυκλοφορίας. Όταν η λειτουργία του μη επανδρωμένου πλοίου είναι γνωστή και προβλέψιμη, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κατά κάποιο τρόπο για να καταστήσει τη ναυσιπλοΐα ενός επανδρωμένου πλοίου ευκολότερη ή πιο αποτελεσματική, για παράδειγμα σε καταστάσεις αντιμετώπισης και διέλευσης.

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανή επικίνδυνη χρήση της προβλέψιμης συμπεριφοράς του αυτόνομου πλοίου. Στη χειρότερη περίπτωση, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε υποβάθμιση της ασφάλειας και σε νέους τύπους επικίνδυνων καταστάσεων στις θαλάσσιες οδούς και τους διαδρόμους. Τα αυτόνομα πλοία θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με εκτεταμένη ικανότητα καταγραφής, ώστε να είναι δυνατή η ανάλυση στη συνέχεια των περιέργων κυκλοφοριακών καταστάσεων και συμβάντων που προκαλούνται από επανδρωμένα πλοία.

### **5.3. ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΤΟΙΧΕΪΟ ΣΤΟΝ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΠΛΟΙΟΥ**

Όπως προαναφέρθηκε, το αυτόνομο πλοίο μπορεί επίσης να ελεγχθεί εξ αποστάσεως. Το ανθρώπινο στοιχείο είναι παρόν σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας με τον ίδιο τρόπο όπως και στη γέφυρα του επανδρωμένου πλοίου. Η διατήρηση της επίγνωσης της κατάστασης είναι απαραίτητη για τον ασφαλή και αποτελεσματικό έλεγχο του πλοίου. Επομένως, η ποιότητα των πληροφοριών που παρουσιάζονται στον ανθρώπινο χειριστή στο κέντρο τηλεχειρισμού είναι ζωτικής σημασίας.

Ο αερομεταφορέας πρέπει να διαθέτει ενημερωμένες και ουσιώδεις πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του ίδιου του πλοίου και την κατάσταση της κυκλοφορίας γύρω από αυτό. Υπάρχουν πολλές δημοσιεύσεις σχετικά με την εργονομία και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του ανθρώπινου ελεγκτή ενός τεχνικού συστήματος.

Εάν ο χειριστής στο κέντρο τηλεχειρισμού λαμβάνει ακριβώς τις ίδιες πληροφορίες με αυτές που θα ήταν διαθέσιμες στη γέφυρα του πλοίου, δεν υπάρχει ουσιαστικά καμία διαφορά μεταξύ του τηλεχειριστηρίου και του ελέγχου επί του σκάφους. Αυτό είναι τεχνικά αρκετά εφικτό, υπό την προϋπόθεση ότι η ικανότητα διαβίβασης δεδομένων μεταξύ του πλοίου και του κέντρου τηλεχειρισμού επιτρέπει την απαραίτητη ανταλλαγή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.

Σύμφωνα με το έργο MUNIN, η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI) του κέντρου τηλεχειρισμού πρέπει να αναπτυχθεί με τη χρήση εφευρετικών αποφάσεων που επαινούν την ικανότητα του χειριστή να αποκτήσει και να διατηρήσει την επίγνωση της κατάστασης και να παραμείνει "στο

βρόχο". Ένας σχεδιασμός με επίκεντρο το χρήστη θα είναι κρίσιμος για την ανάπτυξη του κέντρου τηλεχειρισμού 520 για την ασφαλή διέλευση αυτόνομων, μη επανδρωμένων πλοίων

Ένας πιθανός τομέας ανάπτυξης του HMI του κέντρου τηλεχειρισμού θα ήταν η χρήση της ακουστικής ανάδρασης στην παρακολούθηση της λειτουργίας του εξοπλισμού του πλοίου. Στην περίπτωση τηλεχειριστηρίου του αυτόνομου πλοίου θα μπορούσε να είναι πραγματικός ήχος ή τεχνητός ήχος που περιγράφει τη λειτουργία του κρίσιμου εξοπλισμού. Το θέμα αυτό συζητήθηκε από την Ahvenjärvi (2002). Η Ahvenjärvi προτείνει να βελτιωθεί η παρακολούθηση των σημάτων που είναι κρίσιμα για την ασφάλεια με την παραγωγή κατάλληλου μη ενοχλητικού συνεχούς ήχου υποβάθρου στην αίθουσα ελέγχου. Οι αλλαγές στον ήχο υποβάθρου θα περιέγραφαν τις λειτουργικές αλλαγές των πηδαλίου και των κύριων ελίκων. Με τη χρήση ακουστικής ανάδρασης, ο εντοπισμός κρίσιμων βλαβών στο σύστημα πλοήγησης θα ενισχυθεί και θα βελτιωθεί η ασφάλεια της πλοήγησης.

#### **5.4. ΘΑ ΧΑΘΟΥΝ ΤΑ ΚΑΛΥΤΕΡΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ**

Τα προφανή πλεονεκτήματα του ανθρώπινου χειριστή ενός σύνθετου συστήματος είναι η ευελιξία και η δημιουργικότητα. Η ανθρώπινη ικανότητα προσαρμογής σε εκπληκτικές καταστάσεις έχει θετικές επιπτώσεις στην ασφάλεια του συστήματος, αν και η ανθρώπινη ικανότητα προσαρμογής - δηλαδή η ικανότητα μάθησης - μπορεί επίσης να είναι μια αδυναμία, όπως συζητήθηκε προηγουμένως.

Το πρόβλημα μιας εκπληκτικής κατάστασης από την άποψη του προγραμματιστή λογισμικού είναι ότι δεν μπορεί να προβλεφθεί. Ιδιαίτερα δύσκολες καταστάσεις για το αυτόνομο πλοίο θα μπορούσαν να είναι, για παράδειγμα, πολλαπλές και ταυτόχρονες βλάβες αισθητήρων, ή βλάβες στον εξοπλισμό επικοινωνίας, που προκαλούνται σκόπιμα να διαταράξουν το πλοίο (από μια ομάδα πειρατών, για παράδειγμα). Αυτό το είδος σεναρίων περιγράφει ένα άλλο είδος ανθρώπινου στοιχείου που επηρεάζει τη λειτουργία του αυτόνομου πλοίου.

Το προγραμματισμένο σύστημα υπολογιστών έχει περιορισμένη, αν υπάρχει, ικανότητα προσαρμογής σε εξαιρετικές και εκπληκτικές καταστάσεις. Αυτό θα μπορούσε να είναι μια αδυναμία του αυτόνομου πλοίου σε σύγκριση με το παραδοσιακό πλοίο με έναν ανθρώπινο πλοηγό στη γέφυρα. Η ανάγκη να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει απρόβλεπτες καταστάσεις πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται οι αλγόριθμοι ελέγχου, οι διαδικασίες έκτακτης ανάγκης και η λογική λήψης αποφάσεων του αυτόνομου πλοίου. Οι αποτελεσματικοί τρόποι διαχείρισης τέτοιων καταστάσεων πρέπει να εισαχθούν και να δοκιμαστούν πριν το πλήρως αυτόνομο πλοίο είναι έτοιμο για ευρύτερη χρήση στις θαλάσσιες μεταφορές.

## 5.5. ΚΒΑΝΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

Κβαντικός υπολογιστής ονομάζεται μία υπολογιστική συσκευή που εκμεταλλεύεται χαρακτηριστικές ιδιότητες της κβαντομηχανικής, όπως την αρχή της υπέρθεσης και της διεμπλοκής καταστάσεων, για να φέρει εις πέρας επεξεργασία δεδομένων και εκτέλεση υπολογισμών. Οι κβαντομηχανικές ιδιότητες και αρχές λειτουργίας των κβαντικών υπολογιστών μελετώνται και από την επιστήμη της φυσικής. Σε έναν συμβατικό ψηφιακό υπολογιστή (κατά κανόνα ηλεκτρονικό), στοιχειώδης μονάδα πληροφορίας είναι το bit, ενώ σε έναν κβαντικό υπολογιστή το qubit. Η βασική αρχή της κβαντικής υπολογιστικής επιστήμης είναι το γεγονός ότι οι κβαντομηχανικές ιδιότητες της ύλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση και τη δόμηση δεδομένων, καθώς και το γεγονός ότι μπορούν να επινοηθούν και να κατασκευαστούν μηχανισμοί στηριγμένοι στην κβαντομηχανική για την επεξεργασία αυτών των δεδομένων. Μεγάλης κλίμακας κβαντικοί υπολογιστές αναμένεται να λύνουν προβλήματα πολύ ταχύτερα από τους κλασικούς υπολογιστές, χρησιμοποιώντας τους καλύτερους μέχρι τώρα γνωστούς αλγόριθμους, όπως η παραγοντοποίηση μεγάλων αριθμών χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο του Shor ή η προσομοίωση μεγάλων συστημάτων.

## 5.6. ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI από το Artificial Intelligence) καθιστά τις μηχανές ικανές να μαθαίνουν από την εμπειρία, να προσαρμόζονται σε νέα εισαγόμενα δεδομένα και να εκτελούν ανθρωπομορφικά έργα. Οι υπολογιστές μπορούν να εκπαιδευτούν ώστε να επιτελούν συγκεκριμένα καθήκοντα με επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων και αναγνώριση μορφών στα δεδομένα.

Τα πλεονεκτήματα της τεχνητής νοημοσύνης είναι τα εξής:

1. αυτοματοποιεί την επαναληπτική μάθηση και την ανακάλυψη μέσω δεδομένων
2. προσθέτει ευφυΐα στα υπάρχοντα προϊόντα
3. προσαρμόζεται μέσω προοδευτικών αλγορίθμων εκμάθησης (learning algorithms) ώστε να αφαιρούν τα δεδομένα να κάνουν τον προγραμματισμό
4. αναλύει περισσότερα και βαθύτερα δεδομένα με χρήση neural networks (νευρωνικά δίκτυα) που διαθέτουν πολλά κρυφά επίπεδα

5. επιτυγχάνει απίστευτη ακρίβεια μέσω deep neural networks – κάτι που προηγουμένως ήταν αδύνατο
6. αξιοποιεί στο έπακρο τα δεδομένα.

Θεωρείται νέα επανάσταση η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence-A.I), με την βοήθεια της μηχανικής μάθησης (Machine Learning) για την παγκόσμια ναυτιλία που θα κάνει τα πλοία ασφαλέστερα, ευκολότερα στη διαχείριση και αποδοτικότερα, προσφέροντας έτσι στη ναυτιλιακή εταιρεία και στο πλήρωμα τη δυνατότητα καλύτερης αντίληψης του περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν. Οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης θα αναλύουν τα υπάρχοντα σύνολα των δεδομένων με τον στόχο να μάθουν να αναγνωρίζουν τις τάσεις και να τις κάνουν προβλέψεις αποτελεσμάτων που θα παρθούν στο μέλλον. Συνδυάζοντας έτσι πολλά δεδομένα από πολλές διαφορετικές πηγές και μέσω τεχνικών Machine Learning και A.I. τα πλοία θα είναι σίγουρα πιο ασφαλέστερα και ευκολότερα στη διαχείριση, όπως και αποδοτικότερα, παρέχοντας λοιπόν στη ναυτιλιακή εταιρεία και στο πλήρωμα τη δυνατότητα καλύτερης αντίληψης του περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν.

## Επίλογος - Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική παρουσιάστηκε θεωρητική και εμπειρική έρευνα της σύντηξης δεδομένων στόχων από ραντάρ παρακολούθησης και AIS σε ένα ECDIS. Πρώτον, δόθηκαν θεωρητικές πτυχές, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών ECDIS, των χαρακτηριστικών ραντάρ και AIS. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν οι πιο δημοφιλείς έννοιες της σύντηξης, και τέλος, τα πρακτικά αποτελέσματα των αριθμητικών πειραμάτων.

Η εμπειρική έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση πραγματικών δεδομένων στόχων που καταγράφηκαν σε ερευνητικό σκάφος από ραντάρ και AIS. Εξετάστηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι αποκεντρωμένης σύντηξης. Θεωρήθηκε ότι, όπως και σε πραγματικά περιβάλλοντα, μόνο από τις χορδές NMEA ήταν γνωστές. Έτσι, η μήτρα της διακύμανσης έπρεπε να εκτιμηθεί. Στην πρώτη μέθοδο, ο πίνακας διακύμανσης υπολογίστηκε με βάση τις απαιτήσεις ακρίβειας του IMO. Στη δεύτερη μέθοδο, ο πίνακας διακύμανσης υπολογίστηκε από τις διακυμάνσεις των μετρήσεων σε κρατικούς φορείς πάνω από ένα συρόμενο παράθυρο. Εξετάστηκε επίσης η επίδραση του μήκους του συρόμενου παραθύρου.

Τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας είναι ότι:

- Οι παράμετροι της μήτρας συνδιακύμανσης έχουν σημαντική επίδραση στη διαδικασία σύντηξης: και οι δύο εξετασθέντες αλγόριθμοι σύντηξης είναι, στην πραγματικότητα, ορισμένα είδη σταθμισμένου μέσου όρου, επομένως τα βάρη, που προέρχονται από τη μήτρα συνδιακύμανσης, είναι ζωτικής σημασίας.
- Η εφαρμογή δυναμικών τιμών στη μήτρα συνδιακύμανσης επιτρέπει την καλύτερη προσαρμογή του αλγορίθμου σε μια κατάσταση.
- Τα πολύ μεγάλα συρόμενα παράθυρα για τη μήτρα συνδιακύμανσης έχουν ως αποτέλεσμα τη σύντηξη, η οποία είναι σχεδόν ίση με το AIS.
- Πολύ μικρά συρόμενα παράθυρα για τη μήτρα συνδιακύμανσης έχει ως αποτέλεσμα ένα "άλμα" διάνυσμα.

Σε γενικές γραμμές, μπορεί να ειπωθεί, με βάση την έρευνα ότι ένα σωστά επιλεγμένο συρόμενο παράθυρο θα πρέπει να επιτρέπει σε ένα διάνυσμα κίνησης με περίπου ακρίβεια AIS που είναι ευαίσθητο στις αλλαγές ραντάρ, που πρέπει να ληφθούν. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό, ιδίως στην περίπτωση που τα δεδομένα AIS είναι αραιά. Από την άλλη, η σύντηξη με ένα σωστά ρυθμισμένο συρόμενο παράθυρο θα πρέπει να επιτρέπει τον εντοπισμό σφαλμάτων AIS. Αναμένεται ότι η σύντηξη θα δώσει στη συνέχεια αποτελέσματα που είναι πιο κοντά στο ραντάρ. Ωστόσο, αυτή η προσδοκία απαιτεί περαιτέρω εμπειρική έρευνα. Η άλλη κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα είναι να εξεταστεί η σύντηξη κατά τη διάρκεια ελιγμών στόχων, η οποία είναι

συνήθως το μεγαλύτερο πρόβλημα στην παρακολούθηση στη θάλασσα, καθώς και την παρακολούθηση σε συνθήκες βαριάς κυκλοφορίας.

$$P_{ar} = \rho(P_d \bullet P_r)^{1/2}$$

Ακόμη, το σύστημα είναι φθινό και ευέλικτο για τα πλοία. Αυτή η χρήση του συστήματος για τα πλοία που έχει τόσο ψηφιακή και αναλογική διεπαφή πλακέτες κυκλώματος για την ασφαλή πλοήγηση. Ο προτεινόμενος σχεδιασμένος έλεγχος και δίνει την καλύτερη δυνατή χρήση από διάφορους τύπους αισθητήρων, κάθε τύπος υπαγορεύεται σε συγκεκριμένη εργασία. Το σύστημα συνδέεται με αισθητήρες παντού στο πλοίο και τους παρακολουθεί συνεχώς. εάν οποιαδήποτε ανάγνωση αισθητήρων ενημερώνεται παίρνουμε μια παραγωγή στην επίδειξη ECDIS. Το σύστημα παρακολούθησης μπορεί να καταγράψει οποιαδήποτε κατάσταση και να την αποθηκεύσει στον σκληρό δίσκο ή τον εκτυπωτή με χρονική σήμανση. Προσθέτοντας σε αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για τον έλεγχο της ποικιλίας όλων των καθεστώτων του πλοίου από τη γέφυρα. Η εφαρμογή αυτού του συστήματος ECDIS αυξάνει την εξάρτηση, την αξιοπιστία, μειώνει το ανθρώπινο δυναμικό και μειώνει το κόστος. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσθέσει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα και να καθορίσει τα ζώφια σχεδίου μετά από την κατασκευή ενός πλήρους συστήματος σκαφών. Επιπλέον, επαναπρογραμματίστε τις αποδόσεις της ικανότητας σε ένα πολύ πιο φιλικό προς τον μηχανικό σύστημα.

Η ζήτηση για μείωση του επιπέδου επάνδρωσης οδήγησε στην ανάπτυξη αυτόματου ελέγχου ECDIS, το οποίο επέτρεψε τη λειτουργία από τη γέφυρα. Με σκάφη ικανά για ασφαλή λειτουργία για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα σε αυτή τη λειτουργία, όλα τα συστήματα ελέγχου και οι εγκαταστάσεις παρακολούθησης ομαδοποιούνται στο ECDIS. Το σύστημα καταναλώνει λίγη ενέργεια ανά διεπαφή και ο οδηγός προστατεύεται έτσι ώστε συχνά εμποδίζει το χρήστη από την καταστροφή αισθητήρα που είχε εγκατασταθεί ή προγραμματιστεί εσφαλμένα. Αυτή η δυνατότητα συστήματος βελτιώνει την εγκατάσταση και μειώνει το χρόνο πτώσης. Η απλή διεπαφή σχεδιασμού προγραμματισμού επιτρέπει την πολλαπλή χρήση του σχεδιασμού σε διαφορετικές περιπτώσεις ειδικά κατά την εγκατάσταση ή την αναβάθμιση αισθητήρα ή σύστημα στο πλοίο. Εφαρμόζοντας αυτό το σύστημα επιτυγχάνεται καλύτερη χρήση των αισθητήρων πλοίων και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία και πλοήγηση σε πολύπλοκο περιβάλλον σύμφωνα με τις απαιτήσεις.

Η εισαγωγή του αυτόνομου πλοίου δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει πλέον ανθρώπινο στοιχείο στη διαδικασία ναυσιπλοΐας. Αν και θα εξαλειφθούν ορισμένοι τύποι σφαλμάτων χειριστή, πρέπει να ληφθούν υπόψη το ανθρώπινο στοιχείο και το ανθρώπινο σφάλμα σε διάφορες μορφές. Στο παρόν έγγραφο, συζητήθηκαν ορισμένες πτυχές του ανθρώπινου στοιχείου που σχετίζονται με την αυτόνομη τεχνολογία των πλοίων.

Το ανθρώπινο στοιχείο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη φάση ανάπτυξης λογισμικού του αυτόνομου πλοίου. Είναι υψίστης σημασίας να διασφαλιστεί ότι οι αλγόριθμοι και οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων του αυτόνομου πλοίου καθορίζονται προσεκτικά, κωδικοποιούνται σωστά και ελέγχονται διεξοδικά - όχι μόνο για κανονικές συνθήκες λειτουργίας, αλλά και για εξαιρετικές περιστάσεις και εκπληκτικές καταστάσεις.

Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι η προβλέψιμη λειτουργία του αυτόνομου πλοίου μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά των ανθρώπινων πλοηγών στα συμβατικά επανδρωμένα πλοία. Οι πιθανές ανεπιθύμητες συνήθειες που προκαλούνται από αυτό το είδος μαθησιακής διαδικασίας μπορεί να μειωθούν με τον εξοπλισμό του αυτόνομου πλοίου με ολοκληρωμένες δυνατότητες καταγραφής.

Ο ρόλος του ανθρώπινου στοιχείου στο κέντρο τηλεχειρισμού του αυτόνομου πλοίου είναι παρόμοιος με το ρόλο που διαδραματίζει στη γέφυρα ενός επανδρωμένου πλοίου. Ένας σχεδιασμός με επίκεντρο το χρήστη του HMI του κέντρου τηλεχειρισμού είναι εξαιρετικά σημαντικός για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων των χρηστών και τη μεγιστοποίηση της ασφάλειας του τηλεχειριζόμενου πλοίου. Η ακουστική ανάδραση θα μπορούσε να αποτελέσει πρόσθετο μέσο για την ενίσχυση της παρακολούθησης που διενεργεί ο χειριστής στο κέντρο ελέγχου.

Το ανθρώπινο στοιχείο συνδέεται συχνά με ανθρώπινα λάθη. Η θετική πλευρά του ανθρώπινου στοιχείου είναι η ανθρώπινη δημιουργικότητα και η ικανότητα προσαρμογής σε απρόβλεπτες καταστάσεις. Αυτή η μορφή ανθεκτικότητας είναι μια δύναμη, αλλά μερικές φορές και μια αδυναμία, του ανθρώπινου αξιωματικού καταστρώματος ενός πλοίου. Η έλλειψη παρόμοιας ικανότητας προσαρμογής αποτελεί πιθανό αδύνατο σημείο του αυτόνομου πλοίου. Πρέπει να υπάρχει μεγάλη ανθεκτικότητα στο σύστημα ελέγχου του αυτόνομου πλοίου για να καταστεί μια ασφαλής εναλλακτική λύση για τις ανάγκες θαλάσσιων μεταφορών στο μέλλον.



## Βιβλιογραφία

1. News Magazine IMO. United Kingdom. International Maritime Organization 2004. [online] είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/MaritimeNewsMagazine/Archives/Pages/2004.aspx>
2. Kazimierski, W., & Stateczny, A. (2013). Fusion of data from AIS and tracking radar for the needs of ECDIS. 2013 Signal Processing Symposium (SPS).
3. Διεύθυνση Ναυτικών Όπλων. [online] διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.hellenicnavy.gr/el/organosi/dioikisi-dioikitikis-merimnas-naftikoy/ypagomenes-dioikiseis-ddmn/naystathmos-salaminas/dieythynsi-naftikon-oplon-dno.html>
4. Wu, C.-H., & Hsu, H.-H. (2009). Topographic Influence on the MJO in the Maritime Continent. *Journal of Climate*, 22(20), 5433–5448.
5. Mou, J. M., Tak, C. van der, & Ligteringen, H. (2010). Study on collision avoidance in busy waterways by using AIS data. *Ocean Engineering*, 37(5-6), 483–490.
6. Hansen, J., Hsu, L., Dykes, J., Dastugue, J., Allard, R., Barron, C., Abramson, M., Russell, S., Mittu, R., 2011. Information domination: Dynamically coupling METOC and INTEL for improved guidance for piracy interdiction. In: *NRL Review*. Naval Research Laboratory, pp. 109–115.
7. Silveira, P. A. M., Teixeira, A. P., & Soares, C. G. (2013). Use of AIS Data to Characterise Marine Traffic Patterns and Ship Collision Risk off the Coast of Portugal. *Journal of Navigation*, 66(06), 879–898.
8. Last, P., Bahlke, C., Hering-Bertram, M., & Linsen, L. (2014). Comprehensive Analysis of Automatic Identification System (AIS) Data in Regard to Vessel Movement Prediction. *Journal of Navigation*, 67(05), 791–809.
9. Borkowski, P. and Zwierzewicz, Z. (2011). Ship Course-keeping Algorithm Based on Knowledge Base. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 17, 149–163.
10. Borkowski, P. (2012). Data Fusion in a Navigational Decision Support System on a Sea-going Vessel. *Polish Maritime Research*, 19, 78–85
11. Pietrzykowski, Z., Borkowski, P. and Wolejsza, P. (2012). Marine Integrated Navigational Decision Support System, *Telematics in the Transport Environment, Communications in Computer and Information Science*, J. Mikulski (Ed.), vol. 329, 284–292, Ustron, Poland
12. Kazimierski, W. and Wawrzyniak, N. (2014). Exchange of Navigational Information between VTS and RIS for Inland Shipping User Needs. *Telematics in the Transport Environment, J. Mikulski, J. (Ed.), Communications in Computer and Information Science* 471, 294–303, Ustron, Poland.
13. Stateczny, A. and Bodus-Olkowska, I. (2014). Hierarchical Hydrographic Data Fusion for Precise Port Electronic Navigational Chart Production, *Telematics in the Transport Environment, Communications in Computer and Information Science*, J. Mikulski (Ed.), vol. 471, 359–368, Ustron, Poland.
14. Zhao, Z., Ji, KF., Xing, XW., Zou, HX. and Zhou, SL. (2014). Ship Surveillance by Integration of Spaceborne SAR and AIS – Further Research. *The Journal of Navigation*, 67, 2, 295–309.
15. Stateczny, A. and Kazimierski, W. (2008b). Determining Manoeuvre Detection Threshold of GRNN Filter in the Process of Tracking in Marine Navigational Radars. *Proceedings of International Radar Symposium*, A. Kawalec and P. Kaniewski (Eds), 242–245, Wroclaw, Poland.

16. Kazimierski, W. (2013). Problems of Data Fusion of Tracking Radar and AIS for the Needs of Integrated Navigation Systems at Sea. Proceedings of IRS, H. Rohling (Ed.), 270–275, Dresden, Germany.
17. Stateczny, A. and Kazimierski, W. (2013). Sensor Data Fusion in Inland Navigation. Proceedings of IRS, H. Rohling (Ed.), 264–269, Dresden, Germany.
18. Matzka, S. and Altendorfer, R. (2008). A Comparison of Track-to-track Fusion Algorithms for Automotive Sensor Fusion. Proceedings of IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, Seoul, South Korea.
19. International Maritime Organization (IMO) (2006). Resolution MSC.232(82) – Adoption of the Revised Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS).
20. Kazimierski, W. and Stateczny, A. (2011). Multisensor Tracking of Marine Targets – Decentralized Fusion of Kalman and Neural Filters. International Journal of Electronics and Telecommunications, 57, 65–70.
21. Liggins, M. E., Llinas, J. and Hall, D. L. (2009). Handbook of Multisensor Data Fusion: Theory and Practice, Second Edition (Electrical Engineering & Applied Signal Processing Series). CRC Press
22. Kwiatkowski, M., Popik, J., Buszka, W. and Wawruch, R. (2011). Integrated Vessel Traffic Control System, Transport Systems and Processes – Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. Weinrit & Neumann (Eds), CRC Press.
23. Rasmussen, J. (1982). Human errors. A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. Journal of Occupational Accidents, 4(2-4), 311–333.
24. International Electrotechnical Commission (IEC) (2013). IEC 62388 Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment and Systems – Shipborne Radar – Performance Requirements, Methods of Testing and Required Test Results, Ed. 2·0. Geneva, Switzerland.
25. International Maritime Organization (IMO) (2006). Resolution MSC.232(82) – Adoption of the Revised Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS).
26. Ahvenjärvi, S. 2002a. Can a Software Engineer Navigate and Steer a Ship? Conference paper presented at Nordcompass 2002 Femte nordiska seminariet om passagerarfartyg 11.-12.3.2002
27. Ahvenjärvi, S. 2002b. Audible Feedback for Monitoring of Critical Signals on Ships, Conference paper at Nordic Ergonomics Society - 34th Annual Congress
28. Ahvenjärvi, S. 2009. Safety of the Integrated Navigation System of a Ship in Fault Situations, Doctoral thesis, Tampere University of Technology, Tampere.
29. Κερμέζης, Ν. (2013). Κβαντικοί υπολογιστές. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
30. Τεχνητή νοημοσύνη. Ανακτήθηκε από [https://www.sas.com/el\\_gr/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html](https://www.sas.com/el_gr/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html)