



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

---

## Διπλωματική εργασία

Εκτίμηση και Διαχείριση Κινδύνου σε Αυτόνομα Πλοία

Risk assessment of Autonomous Surface Ships

---

Ιωάννα Αλεξοπούλου

A.M.: 18393042

Επιβλέπων Καθηγητής : Ιωάννης Τίγκας

Αιγάλεω, 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## Διπλωματική εργασία

Εκτίμηση και Διαχείριση Κινδύνου σε Αυτόνομα Πλοία

## Συγγραφέας

Ιωάννα Αλεξοπούλου (Α.Μ.: 18393042)

## Επιβλέπων

Ιωάννης Τίγκας

Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

## Ημερομηνία εξέτασης

14/05/2024

## Εξεταστική Επιτροπή

Ι. Τίγκας,

Επίκουρος Καθηγητής  
ΠΑ.Δ.Α.

Α. Θεοδουλίδης,

Επίκουρος Καθηγητής  
ΠΑ.Δ.Α.

Θ. Μαζαράκος,

Επίκουρος Καθηγητής  
ΠΑ.Δ.Α.

## Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Ιωάννα Αλεξοπούλου** του Φωτίου, με αριθμό μητρώου **18393042** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής **Μηχανικών** του Τμήματος **Ναυπηγών Μηχανικών**, δηλώνω υπεύθυνα ότι :

«Είμαι συγγραφέας αυτής της 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 διπλώματός μου».

Η Δηλούσα



Ιωάννα Αλεξοπούλου

## Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος των σπουδών μου στο τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Επιθυμώ, λοιπόν, να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Ιωάννη Τίγκα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου το συγκεκριμένο θέμα. Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την επιστημονική του καθοδήγηση, την συνεχή του συμπαράσταση και το ενδιαφέρον που έδειξε σε όλη την διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας.

Οφείλω, επίσης, να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και στους καθηγητές Αλέξανδρο Θεοδουλίδη και Θωμά Μαζαράκο που δέχτηκαν να είναι μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής μου εργασίας.

Η συμβολή των καθηγητών, καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου, ήταν καθοριστική.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω πολύ τους γονείς μου και την αδερφή μου, οι οποίοι με στήριξαν από την αρχή μέχρι το τέλος στο ταξίδι των σπουδών μου.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της φοίτησης στο τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι να ερευνήσει τους κινδύνους που ελλοχεύουν από την χρήση της αυτόνομης τεχνολογίας των πλοίων και να καταλήξει στα αναγκαία μέτρα για την αντιμετώπιση αυτών των κινδύνων.

Αρχικά, πραγματοποιείται μια αναλυτική παρουσίαση της τεχνολογίας των αυτόνομων πλοίων, η οποία θα επιφέρει σημαντικές και ριζικές αλλαγές στο παρόν και το μέλλον της ναυτιλίας. Μέσα από την συγκεκριμένη διατριβή παρουσιάζεται το ιστορικό πλαίσιο γύρω από τα αυτόνομα πλοία και έπειτα ταξινομούνται τα οφέλη και οι προκλήσεις που προκύπτουν από την χρήση αυτών των πλοίων. Αφού ολοκληρωθεί η θεωρητική προσέγγιση της λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων, παρουσιάζονται αναλυτικά οι μεθοδολογίες που ακολουθούνται για την εκτίμηση των κινδύνων στην αυτόνομη ναυτιλία. Στη συνέχεια, εξετάζονται τα μέτρα αντιστάθμισης των κινδύνων που προαναφέρθηκαν και αξιολογείται το κόστος τους. Τελικά, πραγματοποιείται επανεκτίμηση των κινδύνων, έτσι ώστε να ληφθεί η τελική απόφαση για το ποια μέτρα ελέγχου θα υιοθετηθούν. Η εργασία ολοκληρώνεται με την σύνοψη των κυριότερων συμπερασμάτων αλλά και των προτάσεων που προκύπτουν από το συγκεκριμένο θέμα.

**Λέξεις κλειδιά :** Αυτόνομα Πλοία, Οφέλη, Προκλήσεις, Αυτόνομη Ναυτιλία, Εκτίμηση Κινδύνου, Μέτρα Ελέγχου Κινδύνων

## Abstract

The present thesis was elaborated during the attendance at the department of Naval Architecture of University of West Attica.

The aim of this thesis is to investigate the risks inherent in the use of autonomous ship technology and to come up with the necessary measures to face these risks.

Firstly, a detailed description of the technology of autonomous ships is given, which will bring about radical changes in the shipping industry. Through this thesis, the historical background around autonomous ships is presented and the benefits and challenges arising from the autonomous technology are classified. After the theoretical approach of the autonomous vessels, this study present in detail the methodologies to be followed for the assessment of risks in autonomous shipping. Afterwards, risk hedging measures are being considered and their costs are assessed. Finally, a reassessment of the risks is carried out in order to take the final decision on which control measures to adopt. This paper concludes with a summary of the main conclusions and proposals arising from the topic.

**Key words :** Autonomous Vessels, Benefits, Challenges, Autonomous Shipping, Risk Assessment

## Πίνακας Περιεχομένων

Κατάλογος Πινάκων.....	1
Κατάλογος Γραφημάτων .....	1
Κεφάλαιο 2: Εισαγωγή.....	2
1.1 Εισαγωγή στα αυτόνομα πλοία.....	2
1.2 Αποσαφήνιση εννοιών .....	6
Κεφάλαιο 3: Σκοπός και Δομή της Έρευνας.....	7
2.1 Σκοπός της έρευνας .....	7
2.2 Δομή της έρευνας .....	8
Κεφάλαιο 3 : Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	10
3.1 Ιστορικό πλαίσιο.....	10
Κεφάλαιο 4 : Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	15
4.1 Έννοια κινδύνου .....	15
4.2 Έννοια διαχείρισης κινδύνου .....	17
Κεφάλαιο 5 : Εκτίμηση Κινδύνου.....	18
5.1 Τεχνική εντοπισμού κινδύνων (Hazard Identification Technique) ..	21
5.1.1 Εντοπισμός κινδύνων κατά την πλοήγηση του πλοίου .....	22
5.1.2 Εντοπισμός κινδύνων κατά την επικοινωνία του πλοίου .....	24
5.1.3 Εντοπισμός κινδύνων που αφορούν την ακεραιότητα του πλοίου και του εξοπλισμού .....	25
5.1.4 Εντοπισμός κινδύνων που αφορούν την διαχείριση του φορτίου.....	27
5.1.5 Εντοπισμός κινδύνων που αφορούν την ασφάλεια.....	28
5.2 Τεχνική εντοπισμού κινδύνων εξαιτίας του ανθρώπινου λάθους.	30

Κεφάλαιο 6 : Εκτίμηση Συχνότητας Κινδύνου .....	33
6.1 Ανάλυση Ιστορικών Δεδομένων (Analysis of Historical Data).....	34
6.2 Ανάλυση δέντρου γεγονότων (Fault Tree Analysis).....	37
Κεφάλαιο 7 : Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας Κινδύνων.....	38
Κεφάλαιο 8 : Κατηγοριοποίηση Συχνότητας Κινδύνων.....	40
Κεφάλαιο 9 : Κατηγοριοποίηση Κινδύνων .....	41
Κεφάλαιο 10 : Υπολογισμός Δείκτη Ρίσκου .....	43
Κεφάλαιο 11 : Προτάσεις και Αντίμετρα Ελέγχου του Κινδύνου .....	45
11.1 Συστήματα Συμβατικών Πλοίων.....	50
11.2 Συστήματα Αυτόνομων Πλοίων .....	57
Κεφάλαιο 12 : Αξιολόγηση Κόστους των Προτάσεων Μείωσης του Κινδύνου.....	60
12.1 Μελέτες περίπτωσης για την αξιολόγηση του κόστους λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων.....	65
Κεφάλαιο 13 : Απόφαση για υιοθέτηση μέτρων μείωσης του κινδύνου .	67
Κεφάλαιο 14 : Επανυπολογισμός κινδύνου με βάση τα μέτρα ελέγχου ..	70
Κεφάλαιο 15 : Συμπεράσματα και Προτάσεις .....	76
15.1 Συμπεράσματα.....	76
15.2 Προτάσεις.....	79
Κεφάλαιο 16 : Βιβλιογραφία.....	81



## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 : Κίνδυνοι κατά την πλοήγηση.....	23
Πίνακας 2 : Κίνδυνοι κατά την επικοινωνία.....	24
Πίνακας 3 : Κίνδυνοι σχετικοί με την ακεραιότητα του πλοίου και του εξοπλισμού .....	25
Πίνακας 4 : Κίνδυνοι σχετικοί με την διαχείριση του φορτίου.....	27
Πίνακας 5 : Κίνδυνοι σχετικοί με την ασφάλεια.....	28
Πίνακας 6 : Κίνδυνοι εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα.....	31
Πίνακας 7 : Στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων πλοίων με αυτόματο εξοπλισμό (40) .....	35
Πίνακας 8 : Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας Κινδύνων.....	38
Πίνακας 9: Κατηγοριοποίηση Συχνότητας Κινδύνων.....	40
Πίνακας 10 : Πίνακας Ρίσκου.....	42
Πίνακας 11 : Πίνακας Υπολογισμού Ρίσκου Κινδύνων.....	43
Πίνακας 12 : Προτάσεις ελέγχου των κινδύνων.....	46
Πίνακας 13 : Κόστος προτάσεων μείωσης των κινδύνων.....	61
Πίνακας 14 : Κόστος λειτουργίας ενός αυτόνομου χύδην φορτηγού πλοίου.....	65
Πίνακας 15 : Πίνακας επαναυπολογισμού δείκτη ρίσκου.....	70

## Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1 : Στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων πλοίων με αυτόματο εξοπλισμό (40) .....	35
Γράφημα 2 : Ανάλυση Δέντρου Γεγονότων.....	37
Γράφημα 3 : Κατηγοριοποίηση Κινδύνων.....	41

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή στα αυτόνομα πλοία

Στον τομέα της ναυτιλίας, τα αυτόνομα πλοία αποτελούν το επόμενο βήμα εξέλιξης και καινοτομίας. Η ιδέα αυτής της τεχνολογίας ξεκίνησε από την ανάγκη αντιμετώπισης σοβαρών προκλήσεων στις θαλάσσιες μεταφορές.

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) είχε στόχο την ενσωμάτωση των αυτόνομων πλοίων στο κανονιστικό του πλαίσιο, έτσι ώστε να εξισορροπήσει τα οφέλη με τις ανησυχίες που υπήρχαν σχετικά με την ασφάλεια και την προστασία, τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και στο διεθνές εμπόριο, αλλά και στο προσωπικό τόσο εντός όσο και εκτός του πλοίου. Για αυτό τον λόγο πρότεινε τον όρο «Maritime Autonomous Surface Ship» (MASS) για να περιγράψει ένα πλοίο το οποίο έχει διαφορετικούς βαθμούς αυτονομίας και λειτουργεί ανεξάρτητα από την ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Επιπλέον, όρισε τέσσερις βαθμούς αυτονομίας. Στον πρώτο βαθμό αυτονομίας, εντάσσονται τα πλοία με αυτοματοποιημένες διαδικασίες και προηγμένες λειτουργίες για την λήψη αποφάσεων. Στη συγκεκριμένη κατηγορία, η λειτουργία και ο έλεγχος των συστημάτων των πλοίων είναι ευθύνη του πληρώματος που βρίσκεται πάνω σε αυτά. Στον δεύτερο βαθμό αυτονομίας, τα πλοία είναι τηλεχειριζόμενα και το πλήρωμα βρίσκεται πάλι πάνω σε αυτά. Η μόνη διαφορά, όμως, είναι ότι τα πλοία αυτά ελέγχονται απομακρυσμένα από κάποια τοποθεσία στη στεριά. Ο τρίτος βαθμός αυτονομίας αναφέρεται σε τηλεχειριζόμενα πλοία στα οποία δεν επιβαίνει το πλήρωμα. Ο έλεγχος και η λειτουργία αυτών των πλοίων πραγματοποιείται απομακρυσμένα από κάποια περιοχή στη στεριά. Στον τελευταίο βαθμό αυτονομίας εντάσσονται τα πλήρως αυτόνομα σκάφη στα οποία το λειτουργικό τους σύστημα είναι υπεύθυνο για την λήψη αποφάσεων και τον χειρισμό όλων των πιθανών καταστάσεων. Επομένως, σε αυτή την κατηγορία δεν απαιτείται η παρέμβαση του πληρώματος. (1)

Σκοπός της αυτόνομης ναυτιλίας είναι να διευκολύνει τις θαλάσσιες μεταφορές, καθώς και να παρέχει ασφάλεια στον άνθρωπο κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Συνεπώς, τα αυτόνομα πλοία ενδέχεται να φέρουν πληθώρα πλεονεκτημάτων στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Αρχικά, οι προηγμένες τεχνολογίες με τις οποίες είναι εξοπλισμένα τα αυτόνομα πλοία βελτιστοποιούν τις λειτουργίες τους και μειώνουν τις πιθανότητες θαλάσσιων ατυχημάτων λόγω ανθρώπινου λάθους. Κάθε χρόνο παγκοσμίως καταγράφονται γύρω στις 3.000 συγκρούσεις στον τομέα της ναυτιλίας. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι έπειτα από μελέτες που έχουν διεξαχθεί, διαπιστώθηκε ότι για το 75% αυτών των συγκρούσεων ευθύνεται ο άνθρωπος. Για να αξιολογείται, λοιπόν, ανά πάσα στιγμή ο κίνδυνος σύγκρουσης ενός πλοίου, τα αυτόματα συστήματα πήραν την θέση του ανθρώπου. Πιο συγκεκριμένα, συλλέγουν δεδομένα για τη θέση, την ταχύτητα και την πορεία του εκάστοτε πλοίου. Εφόσον πραγματοποιηθεί η συλλογή δεδομένων μέσω τεχνητής νοημοσύνης, το σύστημα θα προβλέψει την πιθανότητα θαλάσσιας σύγκρουσης για να ενημερώσει τους χειριστές να δράσουν άμεσα. (2)

Πέρα από την ασφάλεια και την προστασία του πλοίου και των επιβαινόντων, η αυτονομία στη ναυτιλία προσφέρει αδιαμφισβήτητα και οικονομικά οφέλη. Η αντικατάσταση των ανθρώπων από λογισμικά και συστήματα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του κόστους εργασίας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μείωση των γενικών εξόδων, αλλά και των εξόδων λειτουργίας για τις ναυτιλιακές εταιρίες. Αυτό δεν σημαίνει, όμως, ότι τα μηχανήματα που θα συμβάλλουν στην αυτόνομη ναυτιλία, αλλά και το προσωπικό που θα παρακολουθεί από μακριά το ταξίδι, δεν απαιτούν ένα αρκετά μεγάλο χρηματικό ποσό. Ένα ακόμη οικονομικό κέρδος που προκύπτει μέσω της αυτόνομης ναυτιλίας είναι η μείωση των καυσίμων για το πλοίο. Η απουσία πολλών αγαθών από το πλοίο, όπως οι χώροι του πληρώματος, οι μονάδες κλιματισμού και οι υπερκατασκευές θα μειώσει την κατανάλωση καυσίμων και το κόστος λειτουργίας του πλοίου, αλλά θα αυξήσει την αποδοτικότητα και την χωρητικότητα του. (3)

Τέλος, ένα αυτόνομο πλοίο θα μειώσει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την πειρατεία. Στις περισσότερες περιπτώσεις πειρατείας που έχουν συμβεί, οι πειρατές κρατούν σε ομηρία τα μέλη του πληρώματος έως ότου λάβουν τα λύτρα που απαιτήσαν. Άρα, από την στιγμή που δεν θα επιβαίνουν άνθρωποι σε ένα αυτόνομο πλοίο, οι συγκεκριμένες ενέργειες θα μειωθούν σημαντικά.

Είναι απόλυτα κατανοητό ότι η τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων θα φέρει και σημαντικές προκλήσεις στον τομέα της ναυτιλίας. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της καινοτομίας των αυτόνομων σκαφών είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης τους. Ο εξοπλισμός που απαιτείται για ένα αυτόνομο πλοίο είναι αρκετά πιο κοστοβόρος σε σχέση με τον εξοπλισμό ενός συμβατικού πλοίου. Ταυτόχρονα, θα αυξηθεί και το κόστος των νέων εργαζομένων που θα προσληφθούν, καθώς θα είναι πλήρως εξειδικευμένοι με τα νέα συστήματα αυτοματισμού και γενικά με την τεχνολογία των συγκεκριμένων πλοίων.

Ενώ είναι σημαντικό να εξαλειφθούν τα ατυχήματα που προκαλούνται λόγω του ανθρώπινου σφάλματος, είναι εξίσου σημαντικό να αποφευχθούν τα ατυχήματα εξαιτίας της απουσίας του ανθρώπου από το πλοίο. Πιο συγκεκριμένα, ο κίνδυνος θαλάσσιου ατυχήματος αυξάνεται διότι το πλήρωμα βρίσκεται σε ένα σταθμό ελέγχου στην ξηρά και δεν είναι σε θέση να αξιολογήσει τα δεδομένα που λαμβάνει από τα συστήματα αυτοματισμού, ώστε να λάβει τα απαραίτητα μέτρα. Για παράδειγμα, σε μια κατάσταση βλάβης της γάστρας του πλοίου, όπως είναι η εμφάνιση ενός ρήγματος, δεν θα είναι εφικτός ο περιορισμός και άρα η αντιμετώπιση της βλάβης μέσω των αυτόματων μηχανισμών του πλοίου. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την είσοδο του νερού σε ολοένα και περισσότερα διαμερίσματα και στο τέλος την κλίση και την βύθιση του πλοίου.

Επιπρόσθετα, η ασφάλεια στον Κυβερνοχώρο αποτελεί βασική πρόκληση για την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων. Λόγω του ότι τα αυτόνομα πλοία βασίζονται κυρίως στον αυτοματισμό, είναι πιθανό να καταληφθούν από πειρατές. Με άλλα λόγια, υπάρχει πιθανότητα να αποκτήσουν πρόσβαση στα συστήματα πλοήγησης του πλοίου, με σκοπό να θέσουν σε κίνδυνο το ίδιο το πλοίο, αλλά και το φορτίο που μεταφέρει.

Στην περίπτωση που οι πειρατές έχουν τον έλεγχο του πλοίου, είναι ικανοί να προκαλέσουν σύγκρουση ή ακόμα και θαλάσσια ρύπανση από την διαρροή του φορτίου. Τέλος, το πλοίο μπορεί να καταληφθεί από πειρατές για την πραγματοποίηση παράνομων ενεργειών, καθώς θα έχουν πρόσβαση σε δεδομένα του πλοίου τα οποία θεωρούνται μυστικά. (4)

Είναι ευλογοφανές, λοιπόν, ότι το μέλλον των αυτόνομων σκαφών είναι αρκετά ελπιδοφόρο, υπό την προϋπόθεση ότι οι κίνδυνοι που προκύπτουν μπορούν να αντιμετωπιστούν σε έναν μεγάλο βαθμό. Η τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων φαίνεται να αλλάξει ριζικά την πορεία της ναυτιλίας, καθώς τα οφέλη που προσφέρει είναι ζωτικής σημασίας. Παρά την δυσκολία της ένταξης των συγκεκριμένων πλοίων στη σύγχρονη εποχή, η παγκόσμια ναυτιλία και το διεθνές εμπόριο οφείλουν να είναι αρωγοί στην προσπάθεια αυτή.

## 1.2 Αποσαφήνιση εννοιών

Οι έννοιες «Αυτόνομο» και «Μη επανδρωμένο» αναφέρονται και οι δυο σε πλοία, όμως δεν έχουν την ίδια σημασία. Σε αυτό το σημείο, λοιπόν, θα δοθούν οι ακριβείς ορισμοί αυτών των δυο εννοιών.

Ένα αυτόνομο πλοίο λειτουργεί χωρίς ή με ελλιπής επίβλεψη από το πλήρωμα στην γέφυρα, γεγονός που δεν συνεπάγεται ότι απουσιάζουν εντελώς άνθρωποι από το σκάφος. Κατά διαστήματα, το πλοίο επανδρώνεται, έτσι ώστε να πραγματοποιούνται επισκευές και συντηρήσεις. Τέλος, είναι πιθανή και η επάνδρωση του πλοίου κατά την άφιξη αλλά και την αναχώρηση του.

Αντίθετα, σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο απουσιάζουν εντελώς άνθρωποι από αυτό. Σε αυτή την περίπτωση, το πλοίο ελέγχεται και κατευθύνεται από έναν έμπειρο πλοίαρχο που δεν επιβαίνει στο σκάφος, αλλά βρίσκεται σε έναν παράκτιο σταθμό που είναι εξοπλισμένος με τα απαραίτητα μέσα για την απομακρυσμένη πλεύση του πλοίου. Ο έλεγχος που πραγματοποιείται σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο μπορεί να χαρακτηριστεί ταυτόχρονα απομακρυσμένος, αυτόματος και αυτόνομος. (5)

Με τον όρο αυτόματο, χαρακτηρίζουμε κάτι που λειτουργεί χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Εδώ και αρκετά χρόνια τα πλοία είναι εξοπλισμένα με αυτόματα συστήματα, με σκοπό να εκτελούν διαδρομές σε λειτουργία αυτόματου πιλότου. Το γεγονός αυτό, όμως, δεν τα καθιστά αυτόνομα.

## Κεφάλαιο 2: Σκοπός και Δομή της Έρευνας

### 2.1 Σκοπός της έρευνας

Το θέμα που πραγματεύεται η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι η εκτίμηση και διαχείριση του κινδύνου σχετικά με την τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, πραγματοποιείται ανάλυση των αντίστοιχων εννοιών και των τεχνικών εκτίμησης του κινδύνου.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να μελετήσει τους πιθανούς κινδύνους που εγκυμονούν από την χρήση της τεχνολογίας των αυτόνομων πλοίων και να προτείνει τις κατάλληλες μεθόδους αντιμετώπισης αυτών των κινδύνων. Μετά το πέρας της συγκεκριμένης έρευνας, θα είναι πλήρως κατανοητοί οι παράγοντες που πλαισιώνουν τους κινδύνους στα αυτόνομα σκάφη, καθώς και θα είναι εφικτή η βελτίωση των αυτόνομων συστημάτων ναυτιλίας για την αποφυγή ατυχημάτων.

## 2.2 Δομή της έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει δώδεκα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται μια εισαγωγική αναφορά στα αυτόνομα πλοία. Παράλληλα, προσδιορίζονται συνοπτικά τα οφέλη, αλλά και οι προκλήσεις που προκύπτουν από την λειτουργία των συγκεκριμένων σκαφών. Τέλος, γίνεται αναφορά στις έννοιες του αυτόνομου και του μη επανδρωμένου πλοίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, προσδιορίζονται ο σκοπός και τα θέματα που πραγματεύεται αυτή η έρευνα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, μελετάται το ιστορικό πλαίσιο γύρω από τα αυτόνομα σκάφη.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται η έννοια του κινδύνου και η έννοια της διαχείρισης αυτού. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο προσεγγίζεται με θεωρητικό τρόπο, με σκοπό την κατανόηση της χρήσης και της σημαντικότητας των δυο αυτών εννοιών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται αρχικά η εκτίμηση κινδύνου γύρω από τα αυτόνομα πλοία, μέσω διαφόρων μεθόδων εκτίμησης κινδύνου. Στη συνέχεια, εντοπίζονται κίνδυνοι με βάση ιστορικά γεγονότα και στατιστικά δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί. Το κεφάλαιο αυτό είναι σημαντικό διότι αναλύει και αξιολογεί σε βάθος τους κινδύνους που προκύπτουν από την τεχνολογία των αυτόνομων σκαφών.

Στο έκτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται εκτίμηση της συχνότητας των κινδύνων που ελλοχεύουν από την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων, με την βοήθεια δυο μεθόδων εκτίμησης συχνότητας.

Στο έβδομο κεφάλαιο, κατηγοριοποιείται η σοβαρότητα των κινδύνων, με βάση τις επιπτώσεις που ενδέχεται να προκαλέσουν στο πλοίο, το περιβάλλον και την πλοιοκτήτρια εταιρία.

Στο όγδοο κεφάλαιο, κατηγοριοποιείται η συχνότητα των κινδύνων, ανάλογα με το πόσο πιθανή είναι η εμφάνιση τους.



Στο ένατο κεφάλαιο, κατηγοριοποιείται ο κίνδυνος, με σκοπό να υπολογιστεί ο δείκτης ρίσκου. Οι κατηγορίες του κινδύνου που θα αναφερθούν σε αυτή την εργασία είναι τέσσερις και κωδικοποιούνται με διαφορετικά χρώματα για να είναι εύκολο να κατανοηθούν.

Στο δέκατο κεφάλαιο, υπολογίζεται ο κίνδυνος μέσω ενός πίνακα ρίσκου. Ο πίνακας αυτός προκύπτει εφόσον θεωρηθεί ένας δείκτης σοβαρότητας και ένας δείκτης συχνότητας για κάθε ένα κίνδυνο που έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο, πραγματοποιείται σχολαστική εξέταση των προτάσεων και των αντίμετρων με σκοπό την μείωση της εμφάνισης των κινδύνων που προαναφέρθηκαν. Τέλος, γίνεται αναφορά στα συστήματα που χρειάζεται να εγκατασταθούν και αφορούν μόνο τα συμβατικά πλοία και σε εκείνα που αφορούν μόνο τα αυτόνομα.

Στο δωδέκατο κεφάλαιο, αξιολογείται το κόστος υλοποίησης της κάθε μεθόδου μείωσης κινδύνου. Πρώτα συλλέγονται τα δεδομένα και έπειτα χαρακτηρίζονται αποδεκτά ή μη αποδεκτά τα κόστη που υπολογίστηκαν.

Στο δέκατο τρίτο κεφάλαιο, αποφασίζεται ποια αντίμετρα θα υιοθετηθούν για την αντιμετώπιση των κινδύνων που αναφέρθηκαν στην έρευνα.

Στο δέκατο τέταρτο κεφάλαιο, επαναυπολογίζεται ο δείκτης ρίσκου, έτσι ώστε να θεωρείται αποδεκτός. Αυτό θα προκύψει έπειτα από μείωση του δείκτη συχνότητας ή σοβαρότητας του κινδύνου και αφού ληφθούν υπόψιν τα μέτρα ελέγχου που προτάθηκαν.

Στο δέκατο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται αναλυτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκτίμηση και διαχείριση κινδύνου γύρω από τα αυτόνομα πλοία. Τέλος, αναφέρονται οι μελλοντικές προτάσεις της έρευνας σε διάφορους τομείς.

## Κεφάλαιο 3 : Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 3.1 Ιστορικό πλαίσιο

Με την πάροδο των χρόνων, ο όγκος των θαλάσσιων μεταφορών αυξάνεται ολοένα και περισσότερο. Κατά συνέπεια, αυξάνεται και ο αριθμός των πλοίων και των ναυτικών που απαιτούνται. Καθώς ο τομέας της ναυτιλίας αντιμετωπίζει έλλειψη ανθρωπίνου δυναμικού, η τεχνολογία των μη επανδρωμένων αυτόνομων πλοίων αποτελεί μια διέξοδο για την βιώσιμη ανάπτυξη των θαλάσσιων μεταφορών.

Η πρώτη αναφορά στα αυτόνομα πλοία έγινε κατά τη δεκαετία του 1970, μέσα από το βιβλίο του Rolf Schonknecht με τίτλο «Τα πλοία και η ναυτιλία του αύριο». Στο βιβλίο αυτό, ο συγγραφέας έκανε αναφορά σε πλοία που θα πλέουν με την χρήση αυτόματων συστημάτων και ο πλοίαρχος θα τα ελέγχει από ένα κτήριο στην ξηρά.

Έπειτα υπήρξε η πρωτοβουλία του IMO (International Maritime Organization) η οποία ξεκίνησε το 2005 και είχε στόχο την αύξηση της ασφάλειας στον τομέα της ναυτιλίας. Το πεδίο εφαρμογής του οράματος του IMO ορίστηκε ως «η εναρμονισμένη συλλογή, ενσωμάτωση, ανταλλαγή, παρουσίαση και ανάλυση των θαλάσσιων πληροφοριών μεταξύ των πλοίων και της ξηράς, με την χρήση ηλεκτρονικών μέσων για τη βελτίωση της ναυσιπλοΐας και των συναφών υπηρεσιών, για την ασφάλεια στη θάλασσα και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος». Το όραμα του IMO δεν αφορούσε αυτόνομα πλοία, αλλά αποσκοπούσε στην χρήση της τεχνολογίας στις περισσότερες εργασίες που πραγματοποιούνταν στην γέφυρα των πλοίων. Οι τρεις τομείς στους οποίους στόχευε η ηλεκτρονική πλοήγηση ήταν η ανάπτυξη των συστημάτων πλοήγησης επί του σκάφους, η διαχείριση των πληροφοριών για την πορεία του σκάφους και τέλος η βελτίωση των υποδομών επικοινωνίας μεταξύ σκαφών, αλλά και μεταξύ σκαφών και ξηράς. (6)

Μετά από μερικά χρόνια, το 2007, η Ευρωπαϊκή Ένωση ξεκίνησε ένα νέο εγχείρημα δημιουργώντας την Ευρωπαϊκή πλατφόρμα πλωτών τεχνολογιών, η οποία ονομάστηκε «Waterborne TP». Η ιδέα αυτή στόχευε στην ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των θαλάσσιων μεταφορών, σε μια ανταγωνιστική ναυτιλιακή βιομηχανία και στην αύξηση του όγκου των θαλάσσιων μεταφορών. (7) Το κύριο εγχείρημα της ήταν το «αυτόνομο πλοίο», διότι αποδείχτηκε ότι διαθέτει σημαντικά οφέλη. Ο ορισμός για το αυτόνομο πλοίο δόθηκε ως εξής : «Ένα πλοίο που είναι εξοπλισμένο με συστήματα ελέγχου και τεχνολογία επικοινωνίας για ασύρματη παρακολούθηση και έλεγχο, συμπεριλαμβανομένων προηγμένων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και δυνατοτήτων για απομακρυσμένη και αυτόνομη λειτουργία». (8) Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέλοντας να υποστηρίξει την συγκεκριμένη ιδέα, χρηματοδότησε ένα ερευνητικό πρόγραμμα το οποίο ονομάστηκε «MUNIN» (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Network). Η κύρια ιδέα του έργου αυτού ήταν η ανάπτυξη ενός μη επανδρωμένου πλοίου που θα ήταν εξίσου ασφαλές με ένα επανδρωμένο. Ο στόχος αυτού του προγράμματος ήταν να διερευνήσει την δημιουργία ενός μη επανδρωμένου πλοίου από τεχνική, οικονομική και νομική σκοπιά. Εκτός από αυτό, το έργο στόχευε στην ανάπτυξη των επιμέρους συστημάτων του αυτόνομου πλοίου κατά τρόπο τέτοιο ώστε μακροπρόθεσμα να μπορούν να τοποθετηθούν σε υπάρχοντα πλοία βελτιώνοντας τις επιδόσεις τους σε σύντομο χρονικό διάστημα. (6), (9)

Μετά από 6 χρόνια, το 2013 δηλαδή, ξεκίνησε το ερευνητικό έργο με την ονομασία «ReVolt» κάτω από την αιγίδα της DNV GL. Ο κυριότερος στόχος της ιδέας αυτής ήταν να διασφαλιστεί ότι στο μέλλον τα αυτόνομα πλοία θα είναι εξίσου ασφαλή ή και πιο ασφαλή από τα συμβατικά. Το Νορβηγικό Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας (NTNU) συνέβαλλε στην καινοτόμο αυτή ιδέα κατασκευάζοντας ένα μοντέλο πλοίου που θα βοηθούσε στην έρευνα για τα αυτόνομα σκάφη. Το σκάφος ReVolt μήκους 60 μέτρων, αν κατασκευαζόταν θα μετέφερε εμπορευματοκιβώτια σε πλωτές οδούς και θα εξοικονομούσε μέχρι και 1 εκατομμύριο δολάρια τον χρόνο.

Λόγω του ότι το πλοίο δεν θα ήταν επανδρωμένο, θα αυξανόταν η χωρητικότητα του και ως αποτέλεσμα θα μειωνόταν το κόστος κατασκευής του. Επίσης, το πλοίο θα τροφοδοτούταν με μπαταρία αντί να χρησιμοποιεί ναυτικό ντίζελ ή μαζούτ. Συνεπώς, η χρήση μπαταρίας θα μείωνε το κόστος συντήρησης και το κόστος καυσίμου, με αποτέλεσμα και πάλι την εξοικονόμηση χρημάτων. Έπειτα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε, αποδείχθηκε ότι η ενεργειακή απόδοση του ReVolt θα ήταν 40 φορές καλύτερη από αυτή των συμβατικών σκαφών. Τελικά, το ερευνητικό αυτό έργο αποτελεί ένα μελλοντικό όραμα και μια έμπνευση για ένα πιο ασφαλές και βιώσιμο μέλλον. (10)

Από το 2015 ξεκίνησε η πρωτοβουλία προηγμένων αυτόνομων πλωτών εφαρμογών (Advanced Autonomous Waterborne Applications-AAWA) από την εταιρία Rolls Royce. Το συγκεκριμένο έργο χρηματοδοτήθηκε από έναν Φινλανδικό Οργανισμό που ονομάζεται «Tekes» και είχε στόχο την ανάλυση των αυτόνομων πλοίων τα οποία ελέγχονται απομακρυσμένα από ένα κέντρο ελέγχου στη ξηρά. Η βασική ιδέα του ερευνητικού προγράμματος AAWA ήταν να εκτιμήσει τις προκλήσεις των αυτόνομων σκαφών από οικονομικής, τεχνολογικής και νομικής άποψης. Στη πρώτη φάση του έργου, διερευνήθηκε η κατάσταση στην οποία βρισκόταν η βιομηχανία της ναυτιλίας και εξετάστηκαν τεχνολογίες από διάφορες άλλες βιομηχανίες. Οι δυο επόμενες φάσεις του προγράμματος βασίστηκαν στην ανάπτυξη νομικών και τεχνικών προδιαγραφών και των προτύπων ασφάλειας σχετικά με τα αυτόνομα πλοία. (11)

Οι εταιρίες YARA και Kongsberg ξεκίνησαν το 2017 μια συνεργασία με σκοπό την κατασκευή του πρώτου αυτόνομου πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Το σκάφος αυτό πήρε την ονομασία «YARA Birkeland» από τον ιδρυτή της εταιρίας YARA, τον Kristian Birkeland. (12) Η κατασκευή αυτού του σκάφους θα επέφερε πληθώρα πλεονεκτημάτων στην παγκόσμια ναυτιλία, καθώς θα μείωνε 1.000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα και θα αντικαταστούσε τα ντιζελοκίνητα φορτηγά σε 40.000 ταξίδια τον χρόνο. Το κυριότερο πλεονέκτημα από την κατασκευή του πλοίου YARA θα ήταν η μείωση των εκπομπών κατά την μεταφορά του.

Στις 19 Νοεμβρίου του 2021, το πλοίο YARA πραγματοποίησε το πρώτο του ταξίδι στο Όσλο. Αυτή η καινοτόμος ιδέα ήταν η αρχή για ένα πιο πράσινο και βιώσιμο μέλλον στο τομέα της ναυτιλίας. (13)

Τον Ιούνιο του 2019, πραγματοποιήθηκε η 101η σύνοδος της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (MSC), κατά την διάρκεια της οποίας δόθηκε έγκριση για τις δοκιμές των αυτόνομων πλοίων επιφανείας (MASS). Στη σύνοδο αναφέρθηκε ότι οι δοκιμές αυτές θα πρέπει να παρέχουν τον ίδιο βαθμό ασφάλειας, αλλά και προστασίας του περιβάλλοντος που προβλέπεται από τα σχετικά μέσα. Επιπρόσθετα, όσον αφορά τους κινδύνους που ενδέχεται να εμφανιστούν από τις δοκιμές των αυτόνομων πλοίων, θα πρέπει να προσδιορίζονται με κατάλληλο τρόπο και να υιοθετούνται μέτρα για τη μείωση ή και την εξάλειψη τους. Το προσωπικό που θα συμμετέχει σε αυτές τις δοκιμές, είτε θα βρίσκεται επί του πλοίου είτε θα χειρίζεται τη λειτουργία του απομακρυσμένα. Για την πιο ασφαλή ολοκλήρωση των δοκιμών των αυτόνομων πλοίων, οι χειριστές θα πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με τα απαραίτητα προσόντα και τη σχετική εμπειρία που χρειάζεται. Τέλος, είναι αναγκαίο να εφαρμοστούν μέτρα για την διαχείριση των κινδύνων στον κυβερνοχώρο, κατά την διάρκεια της διεξαγωγής των δοκιμών των αυτόνομων πλοίων επιφανείας. (14)

Το 2021 ο IMO (International Maritime Organization) οργάνωσε μια μελέτη για τα αυτόνομα πλοία, η οποία είχε ως σκοπό να ερευνήσει πώς θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε πλοία με διάφορους βαθμούς αυτοματισμού. (14)

Τον Μάιο του 2023, ο IMO διοργάνωσε ένα συμπόσιο με τίτλο "Making headway on the IMO MASS Code", όπου συζητήθηκαν οι τελευταίες εξελίξεις που έχουν συμβεί στον τομέα της αυτόνομης ναυτιλίας. Το συμπόσιο αυτό είχε στόχο να δημιουργήσει ένα δίκτυο διεθνούς συνεργασίας γύρω από τα αυτόνομα πλοία και να συμβάλει στην ανάπτυξη τους. (14)

Μετά το πέρας της συνόδου της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (MSC), που πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2023, σημειώθηκε πρόοδος σχετικά με τη λειτουργία των αυτόνομων πλοίων επιφανείας (Maritime Autonomous Surface Ships-MASS).

Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε μια ομάδα που θα ασχολούταν με τις εργασίες που σχετίζονταν με τον κώδικα MASS, αλλά και τις αρμοδιότητες της Επιτροπής Νομικών Θεμάτων και Διευκόλυνσης γύρω από αυτόν τον κώδικα. (15)

## Κεφάλαιο 4 : Θεωρητικό Υπόβαθρο

### 4.1 Έννοια κινδύνου

Η έννοια του κινδύνου μπορεί να χαρακτηριστεί πολυδιάστατη, καθώς υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί που την ερμηνεύουν. Ένα κοινό χαρακτηριστικό που έχουν αυτοί οι ορισμοί είναι η έκθεση στην αβεβαιότητα. Παρακάτω, θα αναλυθούν οι διαφορετικοί ορισμοί που απορρέουν από την συγκεκριμένη έννοια.

Ως κίνδυνος ορίζεται η κατάσταση η οποία απειλεί την ζωή, την ιδιοκτησία ή το περιβάλλον. Ταυτόχρονα, εκφράζει την αβεβαιότητα για την επίτευξη των μελλοντικών στόχων, τόσο βραχυπρόθεσμων όσο και μακρυπρόθεσμων. (16)

Με βάση το λεξικό της Κοινής Νεοελληνικής (Λεξικό Τριανταφυλλίδη), ο κίνδυνος ορίζεται αρχικά ως οτιδήποτε απειλεί την ζωή, την ακεραιότητα ή την ασφάλεια ενός προσώπου ή ενός πράγματος, ενώ δευτερευόντως ως η πιθανότητα μιας δυσάρεστης έκβασης. (17)

Εν αντιθέσει, στο λεξικό του Μπαμπινιώτη, η έννοια του κινδύνου ορίζεται ως το αρνητικό ενδεχόμενο, δηλαδή η πιθανότητα να συμβεί κάτι κακό. (18)

Το 2009 η Γραμματεία της Διεθνούς Στρατηγικής για την μείωση των καταστροφών (UNISDR), δημοσίευσε ένα λεξικό όρων και όρισε τον κίνδυνο ως την πιθανότητα εκδήλωσης ενός φυσικού φαινομένου ή τεχνολογικού συμβάντος ή άλλων καταστροφών σε συνδυασμό με την ένταση των καταστροφών και τις αρνητικές του επιπτώσεις. Επομένως, ο κίνδυνος εκφράζει τον συνδυασμό της πιθανότητας να συμβεί ένα περιστατικό και των αρνητικών επιπτώσεων του. (19)

Οι Chicken και Tamar (1993) ορίζουν τον κίνδυνο ως την πιθανότητα να προκληθεί οποιαδήποτε ζημιά. Η βασική τους θεωρία αναφέρει ότι ο κίνδυνος είναι το γινόμενο του τρόπου με τον οποίο ένα συμβάν μπορεί να προκαλέσει αρνητικές συνέπειες επί του βαθμού έκθεσης στο συμβάν αυτό. Οι αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να είναι υλικές ζημιές, σωματική βλάβη και ανθρώπινη ή οικονομική απώλεια. Αντίθετα, ο βαθμός έκθεσης αποτελείται από την έννοια της πιθανότητας και την έννοια της συχνότητας. (20)

Ευρέως, εμφανίζονται διαφορετικά είδη κινδύνων που πρέπει να αναγνωριστούν και τέλος να αντιμετωπιστούν. Η κατηγοριοποίηση των κινδύνων είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται υπό την μελέτη διαφόρων κριτηρίων. Στη συγκεκριμένη έρευνα, οι κίνδυνοι ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες (21) :

- **Επιχειρηματικοί** : Οι κίνδυνοι αυτοί προκύπτουν από την προσπάθεια μιας επιχείρησης να αυξήσει το κέρδος αλλά και την αξία της. Οι επιχειρηματικοί κίνδυνοι αφορούν τις στρατηγικές αποφάσεις, τις τεχνολογικές εξελίξεις και τον σχεδιασμό των προϊόντων μιας εταιρίας. Αυτός ο τύπος κινδύνου αναλαμβάνεται από την ίδια την επιχείρηση, έτσι ώστε να αποκτήσει πλεονέκτημα στον τομέα που δραστηριοποιείται.
- **Στρατηγικοί** : Οι κίνδυνοι αυτοί δεν αναλαμβάνονται από την ίδια την επιχείρηση, αλλά προκύπτουν από μεταβολές του εξωτερικού περιβάλλοντος, όπως του τομέα της οικονομίας και της πολιτικής. Αυτή η κατηγορία κινδύνου δεν μπορεί εύκολα να προβλεφθεί και να αντισταθμιστεί.
- **Χρηματοοικονομικοί** : Οι κίνδυνοι αυτοί συνεπάγονται οικονομική ζημιά για την επιχείρηση, όπως για παράδειγμα απώλεια κεφαλαίου ή χρήματος. Πιο συγκεκριμένα, αυτό το είδος κινδύνου οφείλεται στις διακυμάνσεις των μετοχών, των επιτοκίων και των νομισμάτων. Οι χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι θεωρούνται υψηλής σημασίας και υποδιαιρούνται στις παρακάτω κατηγορίες : κίνδυνοι αγοράς, πιστωτικοί κίνδυνοι, κίνδυνοι ρευστότητας, λειτουργικοί κίνδυνοι και νομικοί κίνδυνοι.



## 4.2 Έννοια διαχείρισης κινδύνου

Η διαδικασία της διαχείρισης κινδύνου (risk management) είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται σε πολλούς κλάδους και είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό των κινδύνων που υπάρχουν ή ενδέχεται να εμφανιστούν. (22)

Εκτός από αυτό, η διαχείριση κινδύνου συμβάλλει στην εφαρμογή των απαραίτητων μέτρων ελέγχου για την εξάλειψη ή την μείωση αυτών των κινδύνων.

Για να διασφαλιστεί ότι η διαδικασία της διαχείρισης κινδύνου έχει ολοκληρωθεί, πρέπει να εκτελεστούν τα παρακάτω βήματα (23) :

- Προσδιορισμός των Κινδύνων
- Ανάλυση των Κινδύνων
- Αξιολόγηση ή Ταξινόμηση των Κινδύνων
- Αντιμετώπιση των Κινδύνων
- Παρακολούθηση και Επανέλεγχος των Κινδύνων

Αυτά τα βήματα είναι αναγκαία για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνου και αναλύονται εξονυχιστικά στη συνέχεια της εργασίας.

## Κεφάλαιο 5 : Εκτίμηση Κινδύνου

Οι κίνδυνοι είναι η πηγή των γεγονότων που μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες καταστάσεις. Επομένως, η ανάλυση για την κατανόηση της έκθεσης σε κινδύνους πρέπει να ξεκινά από την κατανόηση των ενδεχόμενων κινδύνων. Αν και ο προσδιορισμός των κινδύνων παρέχει σπάνια πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την υιοθέτηση μέτρων ελέγχου, είναι ένα αρκετά σημαντικό βήμα. Τις περισσότερες φορές η εκτίμηση των κινδύνων (risk assessment) πραγματοποιείται με την βοήθεια ορισμένων τεχνικών εντοπισμού κινδύνων (hazard identification methods). Όταν, όμως, οι κίνδυνοι είναι γνωστοί δεν είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί το βήμα αυτό. Παρακάτω, ακολουθούν ορισμένες από τις πιο γνωστές τεχνικές εντοπισμού κινδύνων (24) :

- Τεχνική εντοπισμού κινδύνων (Hazard Identification Technique)
- Τεχνική εντοπισμού κινδύνων εξαιτίας του ανθρώπινου λάθους (Contribution of "Human Factors" Issues)
- Τεχνική «Τι θα γινόταν αν;» (What-if Analysis)
- Τεχνική ανάλυσης λίστα ελέγχου (Checklist Analysis)
- Τεχνική ανάλυσης κινδύνου και λειτουργικότητας (Hazard and Operability Analysis-HAZOP)
- Τεχνική ανάλυσης αστοχιών και επιπτώσεων (Failure Modes and Effects Analysis-FMEA)

Οι δυο πρώτες μέθοδοι εκτίμησης κινδύνων θα χρησιμοποιηθούν στη παρούσα εργασία και για αυτό τον λόγο θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω.

Η τεχνική «Τι θα γινόταν αν;» (What-if Analysis) είναι μια προσέγγιση καταϊγισμού ιδεών που χρησιμοποιεί ερωτήσεις για να υποθέσει πιθανές αστοχίες που μπορεί να οδηγήσουν σε ατυχήματα και για να διασφαλίσει ότι υπάρχουν τα απαραίτητα μέτρα έναντι αυτών των προβλημάτων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από μια ομάδα ειδικών που συγκεντρώνονται για να αποκτήσουν μια εμπειρισταωμένη άποψη γύρω από το μείζον θέμα. Μέσω ερωτήσεων και

απαντήσεων, η ανάλυση What-if προσδιορίζει πιθανούς κινδύνους καθώς και προτάσεις ελέγχου για την μείωση αυτών των κινδύνων.

Τέλος, η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για να συμπληρώσει άλλες, πιο δομημένες τεχνικές, όπως για παράδειγμα την τεχνική ανάλυσης λίστα ελέγχου που θα αναλυθεί παρακάτω. (24)

Η τεχνική ανάλυσης λίστα ελέγχου (Checklist Analysis) είναι μια από τις πιο απλές και γρήγορες τεχνικές για τον εντοπισμό κινδύνων σε μια διαδικασία. Η λίστα ελέγχου κατασκευάζεται με βάση δεδομένα ή εργασίες και στη συνέχεια αναλύεται με βάση διάφορα κριτήρια για να αποδειχθεί αν η διαδικασία ολοκληρώθηκε με τον σωστό τρόπο. Επιπρόσθετα, είναι απαραίτητο να είναι βασισμένη σε ιστορικά δεδομένα ή γνώσεις από παρόμοιες διαδικασίες στο παρελθόν. (25) Η μέθοδος αυτή, αν και απλή, μπορεί να αποδειχθεί δύσκολη για τα μέλη μιας ομάδας εξαιτίας της δημιουργίας μιας δύσκολης λίστας ελέγχου με διαφορετικούς κινδύνους. Είναι σημαντικό για τα μέλη της ομάδας να επανεξετάσουν την λίστα ελέγχου και να αφαιρέσουν τα στοιχεία αυτά που δεν είναι κατάλληλα. Η λίστα ελέγχου θα πρέπει να επανεξεταστεί και στο τέλος της διαδικασίας για τη βελτίωση των μελλοντικών έργων. (24)

Η τεχνική ανάλυσης κινδύνου και λειτουργικότητας (Hazard and Operability Analysis) είναι μια δομημένη εξέταση μιας υφιστάμενης διαδικασίας ή λειτουργίας, έτσι ώστε να εντοπιστούν πιθανοί κίνδυνοι. Η τεχνική HAZOP, αρχικά, αναπτύχθηκε για την ανάλυση συστημάτων χημικών διεργασιών, όμως αργότερα επεκτάθηκε και σε άλλους τύπους συστημάτων. Αυτή η μέθοδος εντοπισμού κινδύνων εκτελείται από μια ομάδα ειδικών κατά τη διάρκεια μιας σειράς συναντήσεων. Οι στόχοι της τεχνικής HAZOP είναι οι εξής (26):

- Προσδιορισμός των αστοχιών από τον τρόπο λειτουργίας ενός συστήματος, των αιτιών τους και όλων των κινδύνων που συνδέονται με αυτές τις αστοχίες.
- Απόφαση για υιοθέτηση μέτρων ελέγχου των κινδύνων και προσδιορισμός αυτών των μέτρων ελέγχου.
- Προσδιορισμός των κινδύνων για τους οποίους δεν μπορεί να ληφθούν αμέσως μέτρα ελέγχου.

- Διασφάλιση ότι τα μέτρα ελέγχου που υιοθετήθηκαν ακολουθούνται.
- Ενημέρωση του χειριστή σχετικά με τους κινδύνους και τα προβλήματα λειτουργικότητας μιας διαδικασίας.

Η τεχνική ανάλυσης αστοχιών και επιπτώσεων (Failure Modes and Effects Analysis) παρέχει μια δομημένη προσέγγιση για την ανάλυση των αιτιών μιας αστοχίας, την εκτίμηση της σοβαρότητας και την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών για την πρόληψη της συγκεκριμένης αστοχίας. Το τελικό στάδιο αυτής της μεθόδου είναι η υιοθέτηση σχεδίων δράσης για την πρόληψη ή την μείωση των επιπτώσεων των αστοχιών που έχουν προκύψει. Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα που είναι υπεύθυνη για αυτή τη διαδικασία εξετάζει τι αστοχία θα μπορούσε να συμβεί, τι αντίκτυπο θα είχε και τι πρέπει να συμβεί για να αποφευχθεί ή να περιοριστεί.

## 5.1 Τεχνική εντοπισμού κινδύνων (Hazard Identification Technique)

Στην ενότητα αυτή θα προσδιοριστούν οι κίνδυνοι που προκύπτουν από την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί είναι γνωστή με την ονομασία HAZID (Hazard Identification Technique). Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό πιθανών κινδύνων και την αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με ένα σύστημα ή μια διαδικασία. Είναι χρήσιμο να αναφερθεί ότι η HAZID αποσκοπεί στον εντοπισμό ενός ευρέος φάσματος κινδύνων, καθώς και στην αξιολόγηση των πιθανών αιτιών και συνεπειών τους. Η μεθοδολογία της HAZID περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα βήματα (27) :

- Καθορισμός του συστήματος ή της διαδικασίας που αξιολογείται και προσδιορισμός των στόχων και του πεδίου εφαρμογής της μεθόδου εκτίμησης.
- Εντοπισμός πιθανών κινδύνων, λαμβάνοντας υπόψιν διάφορα σενάρια και αποκλίσεις από τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας.
- Αξιολόγηση των κινδύνων με βάση την πιθανότητα εμφάνισής τους, τη σοβαρότητα των επιπτώσεων τους και την ικανότητα εντοπισμού και πρόληψης τους.
- Τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων και των προτάσεων για περαιτέρω δράση.

Με βάση το σύστημα που αξιολογείται και τους διαθέσιμους πόρους, η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την μέθοδο HAZID μπορεί να διαφέρει. Ο λόγος που χρησιμοποιείται η τεχνική HAZID στη συγκεκριμένη εργασία είναι διότι εντοπίζει έγκαιρα τους κινδύνους υψηλής επίπτωσης που συμβάλλουν ουσιαστικά στις αποφάσεις για την ανάπτυξη του έργου, πριν ο σχεδιασμός φτάσει σε τελικό στάδιο. Επιπλέον, εντοπίζει και εκείνους τους κινδύνους που μπορεί να μην είναι εμφανείς. (28)

Με βάση την τεχνική HAZID, οι κίνδυνοι θα κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τις λειτουργίες του αυτόνομου πλοίου. (29) Οι λειτουργίες αυτές θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω και είναι οι εξής :

- Πλοήγηση
- Επικοινωνία
- Ακεραιότητα πλοίου και εξοπλισμού
- Διαχείριση φορτίου
- Ασφάλεια

#### **5.1.1 Εντοπισμός κινδύνων κατά την πλοήγηση του πλοίου**

Σε αυτή την υποενότητα θα προσδιοριστούν οι κίνδυνοι που μπορεί να εμφανιστούν κατά την πλοήγηση ενός αυτόνομου σκάφους. Στον παρακάτω πίνακα, πέρα από αυτούς τους κινδύνους αναγράφονται και οι πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον, το ίδιο το πλοίο και την πλοιοκτήτρια εταιρία.

**Πίνακας 1** : Κίνδυνοι κατά την πλοήγηση

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ		
	Πλοίο	Περιβάλλον	Εταιρεία
Χαμηλή Ορατότητα (29)	Σύγκρουση, Προσάραξη, Βύθιση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Αντίξοες καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες (30)	Πρόσκρουση σε στεριά, λιμάνι ή υποθαλάσσιο στερεό, Σύγκρουση με άλλο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Σύγκρουση πλοίου με άλλο πλοίο (29)	Βύθιση, Σοβαρή υλική ζημιά στο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Πρόσκρουση πλοίου σε στεριά, λιμάνι ή υποθαλάσσιο στερεό (29)	Σοβαρή υλική ζημιά στο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Αυξημένη Κίνηση Πλοίων (29)	Σύγκρουση, Μικρή υλική ζημιά στο πλοίο	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Απώλεια ευστάθειας πλοίου (29)	Υλική ζημιά στον εξοπλισμό	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μικρού μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Περιορισμένος αντίκτυπος

### 5.1.2 Εντοπισμός κινδύνων κατά την επικοινωνία του πλοίου

Στον πίνακα που ακολουθεί εντοπίζονται οι πιθανοί κίνδυνοι που αφορούν την επικοινωνία των αυτόνομων πλοίων, καθώς και οι ενδεχόμενες επιπτώσεις τους.

**Πίνακας 2** : Κίνδυνοι κατά την επικοινωνία

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ		
	Πλοίο	Περιβάλλον	Εταιρεία
Αποτυχία επικοινωνίας με αρμόδιες αρχές/πλοία στη περιοχή (29)	Απώλεια εντοπισμού, Σύγκρουση, Βύθιση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Αποτυχία στη μετάδοση δεδομένων (29)	Απώλεια εντοπισμού, Σύγκρουση, Βύθιση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Διακοπή της σύνδεσης επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου ξηράς (31)	Σοβαρή υλική ζημιά στο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης



### 5.1.3 Εντοπισμός κινδύνων που αφορούν την ακεραιότητα του πλοίου και του εξοπλισμού

Οι κίνδυνοι που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα έχουν σχέση με την κατάσταση που βρίσκεται το πλοίο, αλλά και ο εξοπλισμός του. Οι επιπτώσεις αυτών των κινδύνων κατηγοριοποιούνται με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή ως προς το πλοίο, το περιβάλλον και ως προς την πλοιοκτήτρια εταιρία.

**Πίνακας 3** : Κίνδυνοι σχετικοί με την ακεραιότητα του πλοίου και του εξοπλισμού

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ		
	Πλοίο	Περιβάλλον	Εταιρεία
Πυρκαγιά/ Πλημμύρα (31)	Απώλεια πλοίου ή συστημάτων πλοίου	Ατμοσφαιρική ρύπανση με μακροχρόνιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Μεγάλου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εκτεταμένη ανησυχία των μέσων ενημέρωσης και της βιομηχανίας
Διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος (31)	Απώλεια εντοπισμού, Σύγκρουση, Βύθιση	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Βλάβη της πρόωσης ή του συστήματος διεύθυνσης (29)	Σύγκρουση, Προσάραξη, Βύθιση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Βλάβη στον εξοπλισμό του πλοίου (32)	Απώλεια, Βύθιση, Πρόσκρουση Πλοίου	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μικρού μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Περιορισμένος αντίκτυπος

<p><b>Βλάβη στον εξοπλισμό πρόσδεσης και αγκυροβολίας</b> (29)</p>	<p>Σύγκρουση, Προσάραξη, Βύθιση</p>	<p>Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα</p>	<p>Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης</p>
<p><b>Βλάβη ή αστοχία αισθητήρων</b> (32)</p>	<p>Απώλεια ελέγχου του πλοίου</p>	<p>Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα</p>	<p>Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης</p>

#### 5.1.4 Εντοπισμός κινδύνων που αφορούν την διαχείριση του φορτίου

Στα πλοία που μεταφέρουν φορτίο, εμφανίζονται διάφοροι κίνδυνοι. Οι κίνδυνοι αυτοί αφορούν την ασφάλεια του μεταφερόμενου φορτίου. Επομένως, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

**Πίνακας 4** : Κίνδυνοι σχετικοί με την διαχείριση του φορτίου

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ		
	Πλοίο	Περιβάλλον	Εταιρεία
Υπερφόρτωση του πλοίου (29)	Βύθιση, Σοβαρή υλική ζημιά στο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Απώλεια ευστάθειας πλοίου λόγω μετατόπισης του φορτίου (29)	Βύθιση, Σοβαρή υλική ζημιά στο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης

### 5.1.5 Εντοπισμός κινδύνων που αφορούν την ασφάλεια

Οι κίνδυνοι που αφορούν την ασφάλεια των συστημάτων των μη επανδρωμένων πλοίων, είναι υψίστης σημασίας, διότι μπορεί να επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην ασφάλεια του πλοίου όσο και στην πλοιοκτήτρια εταιρεία. Με πιο απλά λόγια, υπάρχουν κακόβουλα λογισμικά τα οποία διεισδύουν στα συστήματα, είτε του ίδιου του πλοίου, είτε του κέντρου ελέγχου που βρίσκεται στη ξηρά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χαθεί η δυνατότητα πλοήγησης και ευστάθειας του πλοίου και να προκληθούν καταστροφικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, το πλοίο και τον άνθρωπο. Επιπρόσθετα, η κλοπή δεδομένων μέσω της πρόσβασης στην πνευματική ιδιοκτησία της πλοιοκτήτριας εταιρείας μπορεί να οδηγήσει στην χειραγώγηση της. Παρακάτω, λοιπόν, εμφανίζεται ένας πίνακας που περιλαμβάνει τους κινδύνους που σχετίζονται με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο.

**Πίνακας 5 :** Κίνδυνοι σχετικοί με την ασφάλεια

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ		
	Πλοίο	Περιβάλλον	Εταιρεία
Παρεμβολή ή αλλοίωση των σημάτων του αυτόματου συστήματος αναγνώρισης (AIS) ή του συστήματος πλοήγησης (GPS) (31)	Απώλεια ελέγχου, Βύθιση, Πρόσκρουση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Εσκεμμένη βλάβη στο πλοίο και τον εξοπλισμό του (29)	Βύθιση, Σοβαρή υλική ζημιά στο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Απόπειρα μη εξουσιοδοτημένης επιβίβασης στο πλοίο (29)	Απώλεια εντοπισμού και	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον,

	ελέγχου, Βύθιση	μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Παρεμβολή ή αλλοίωση της επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου/αρμόδιες αρχές (29)	Απώλεια ελέγχου, Βύθιση, Πρόσκρουση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Υποκλοπή δεδομένων (29)	Απώλεια εντοπισμού και ελέγχου, Βύθιση	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης

## 5.2 Τεχνική εντοπισμού κινδύνων εξαιτίας του ανθρώπινου λάθους

Στην προσπάθεια εντοπισμού των κινδύνων και των πιθανών επιπτώσεων τους, πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η αλληλεπίδραση του ανθρώπου. Η συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα (Contribution of "Human Factors" Issues) είναι μια μέθοδος που ενσωματώνεται στις τεχνικές για τον εντοπισμό κινδύνων, τον προσδιορισμό επιπτώσεων και την υιοθέτηση μέτρων ασφαλείας.

Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των ελέγχων και των συστημάτων αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης, κατά την λειτουργία ενός αυτόνομου σκάφους, είναι αναγκαία η κατανόηση της ανθρώπινης ψυχολογίας. Στη συγκεκριμένη εργασία, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος αυτή, διότι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο άνθρωπος εμπλέκεται στον χειρισμό των αυτόνομων πλοίων είναι σημαντική για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων. (33)

Ο σκοπός της συγκεκριμένης μεθόδου είναι να εντοπιστούν πιθανές καταστάσεις στις οποίες εμπλέκεται ο άνθρωπος και μπορούν να οδηγήσουν σε ατυχήματα. Οι κίνδυνοι που μπορούν να προκύψουν αφορούν την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με στοιχεία του συστήματος. Αυτοί οι κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν κατά την διαδικασία σχεδιασμού, την ανάπτυξη λογισμικού, την ερμηνεία των δεδομένων και τις ρυθμίσεις των ορίων. (34) Επομένως, δεν μπορεί να εξαλειφθεί εντελώς το ανθρώπινο σφάλμα, καθώς ο άνθρωπος συνεχίζει να εμπλέκεται κατά την λειτουργία ενός αυτόνομου πλοίου.

Παρακάτω εμφανίζεται ένας πίνακας που περιλαμβάνει όλους τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με τα αυτόνομα σκάφη και για τους οποίους ευθύνεται ο άνθρωπος.

**Πίνακας 6 :** Κίνδυνοι εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ		
	Πλοίο	Περιβάλλον	Εταιρεία
Έλλειψη εμπειρίας και ευχρηστίας των αυτοματοποιημένων λειτουργιών (35)	Απώλεια, Βύθιση, Πρόσκρουση	Καμία ατμοσφαιρική ρύπανση, Ασήμαντη διαρροή πετρελαίου	Ελαφρύς αντίκτυπος, Όχι δημόσια ανησυχία
Σφάλμα στη συντήρηση του πλοίου (29)	Απώλεια εντοπισμού, Σύγκρουση, Βύθιση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Υπερβολική εμπιστοσύνη ή δυσπιστία στα συστήματα (35)	Προσάραξη, Βύθιση, Πρόσκρουση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Έλλειψη και υποβάθμιση των δεξιοτήτων σε δύσκολες καιρικές συνθήκες (36)	Προσάραξη, Βύθιση, Πρόσκρουση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Τυπογραφικά λάθη κατά την διάρκεια των εργασιών ανάπτυξης του λογισμικού	Προσάραξη, Βύθιση, Πρόσκρουση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Απροσεξία κατά την διάρκεια της κωδικοποίησης	Απώλεια, Βύθιση, Πρόσκρουση	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Περιορισμένη γνώση των τοπικών συνθηκών (36)	Πρόσκρουση, Απώλεια, Βύθιση	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης

Περιορισμένη συνειδητοποίηση της κατάστασης λόγω της μειωμένης αίσθησης του πλοίου (36)	Πρόσκρουση, Απώλεια, Βύθιση	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Άγχος, κόπωση και έλλειψη ξεκούρασης	Απώλεια, Βύθιση	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης
Υπερφόρτωση πληροφοριών λόγω της πληθώρας των υπό έλεγχο πλοίων και των αισθητήρων τους (37)	Πρόσκρουση, Απώλεια, Βύθιση	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης



## Κεφάλαιο 6 : Εκτίμηση Συχνότητας Κινδύνου

Αφού εντοπίστηκαν οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν από την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων, το επόμενο βήμα είναι η εκτίμηση συχνότητας αυτών των κινδύνων. (38) Οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της συχνότητας εμφανίζονται παρακάτω :

- Ανάλυση ιστορικών δεδομένων (Analysis of Historical Data)
- Ανάλυση δέντρου γεγονότων (Fault Tree Analysis)

Ένας τρόπος για να αποδοθεί η συχνότητα σε ένα γεγονός είναι να ερευνηθούν οι βάσεις δεδομένων του κλάδου που μελετάται και να προσδιοριστούν τα ιστορικά δεδομένα που σχετίζονται με το γεγονός αυτό. Η ανάλυση ιστορικών δεδομένων (Analysis of Historical Data), επομένως, εξετάζει την πηγή, τη στατιστική ποιότητα και τη συνάφεια των δεδομένων με το γεγονός που αναλύεται. (24) Μέσα από την συλλογή, την οργάνωση και την ανάλυση ιστορικών δεδομένων, εντοπίζονται οι πιθανοί παράγοντες κινδύνου. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί αυτή η τεχνική στη παρούσα έρευνα είναι διότι μέσω της ενδελεχούς εξέτασης περιστατικών του παρελθόντος, ανακαλύπτονται μοτίβα και συσχετίσεις που μπορεί να μην ήταν εμφανείς με άλλες τεχνικές. (39)

Η ανάλυση δέντρου γεγονότων (Fault Tree Analysis) είναι μια τεχνική, όπου χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη επικίνδυνων γεγονότων και την διερεύνηση πιθανών ατυχημάτων. Η συγκεκριμένη τεχνική δείχνει τα αίτια που συνδέουν διάφορα γεγονότα με μια λογική αλληλουχία. Πιο αναλυτικά, η ανάλυση δέντρου γεγονότων μοντελοποιεί γραφικά τα πιθανά αποτελέσματα ενός εναρκτήριου συμβάντος που μπορεί να καταλήξει σε ένα επακόλουθο συμβάν, λαμβάνοντας υπόψιν αν τα συστήματα ασφάλειας ή άλλοι παράγοντες λειτουργούν. Με αυτή την ανάλυση προσδιορίζεται η συχνότητα των διαφόρων αποτελεσμάτων ενός ατυχήματος. Επιπλέον, εκτιμάται ποια διαδρομή δημιουργεί τη μεγαλύτερη πιθανότητα αποτυχίας για ένα συγκεκριμένο συμβάν. (37)

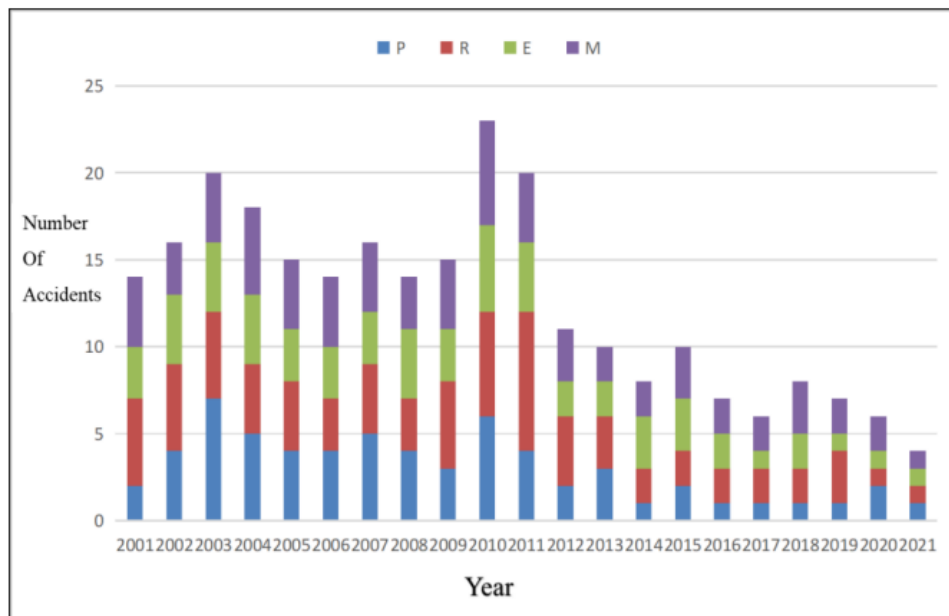
## 6.1 Ανάλυση Ιστορικών Δεδομένων (Analysis of Historical Data)

Μέχρι στιγμής, οι μέθοδοι αξιολόγησης των κινδύνων πλοήγησης διεξάγονταν κυρίως σε παραδοσιακά επανδρωμένα πλοία, καθώς τα αυτόνομα πλοία βρίσκονται υπό συνεχή έρευνα. Μέχρι το 2010, τα παραδοσιακά πλοία εξακολουθούσαν να μην έχουν αυτόματο εξοπλισμό. Με την ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, όμως, ο αυτόματος εξοπλισμός χρησιμοποιήθηκε ολοένα και περισσότερο στα πλοία. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των θαλάσσιων ατυχημάτων, καθώς ο αριθμός των χειριστών δεν ήταν επαρκής και ο εξοπλισμός εμφάνισε αρκετά ελαττώματα. Όμως, με τη συνεχή βελτίωση στη λειτουργία του εξοπλισμού αυτών των πλοίων, μειώθηκαν τα θαλάσσια ατυχήματα. Κατ' αναλογία, προβλέπεται ότι ο αριθμός των θαλάσσιων ατυχημάτων που ενδέχεται να συμβούν στο αρχικό στάδιο της λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων θα αυξηθεί, ενώ αργότερα θα μειωθεί λόγω της συνεχούς βελτίωσης των σχετικών τεχνολογιών. (40)

Στον παρακάτω πίνακα και γράφημα εμφανίζονται τα στατιστικά στοιχεία των ατυχημάτων των πλοίων με αυτόματο εξοπλισμό που έχουν συμβεί από το 2001 έως και το 2021. Στην έρευνα αυτή θεωρούνται αυτόνομα, καθώς δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής ιστορικά δεδομένα για αυτόνομα πλοία. Τα ατυχήματα αυτά κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την αιτία εμφάνισής τους. Η πρώτη αιτία των ατυχημάτων αφορούσε το πλοίο (P), η δεύτερη αιτία αφορούσε το κέντρο ελέγχου ξηράς (R), η τρίτη αιτία αφορούσε το περιβάλλον (E) και η τελευταία αιτία αφορούσε την διαχείριση έκτακτης ανάγκης (M). (40)

**Πίνακας 7 :** Στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων πλοίων με αυτόματο εξοπλισμό (40)

Year <i>j</i>	Factor <i>i</i>	P	R	E	M	Total
2001		2	5	3	4	14
2002		4	5	4	3	16
2003		7	5	4	4	20
2004		5	4	4	5	18
2005		4	4	3	4	15
2006		4	3	3	4	14
2007		5	4	3	4	16
2008		4	3	4	3	14
2009		3	5	3	4	15
2010		6	6	5	6	23
2011		4	8	4	4	20
2012		2	4	2	3	11
2013		3	3	2	2	10
2014		1	2	3	2	8
2015		2	2	3	3	10
2016		1	2	2	2	7
2017		1	2	1	2	6
2018		1	2	2	3	8
2019		1	3	1	2	7
2020		2	1	1	2	6
2021		1	1	1	1	4
Σ		63	74	58	67	262



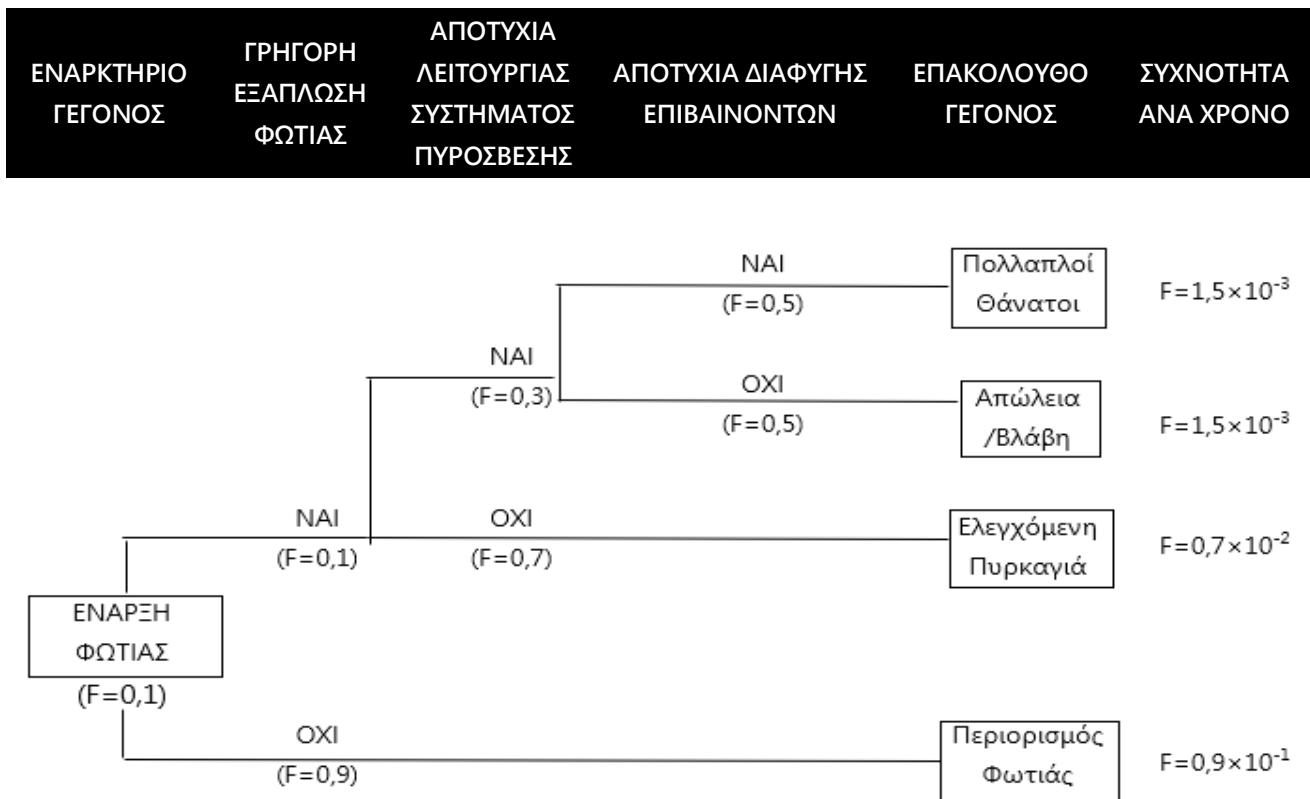
**Γράφημα 1 :** Στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων πλοίων με αυτόματο εξοπλισμό (40)

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7, τα ατυχήματα των πλοίων που έχουν συμβεί από το 2001 έως και το 2021 είναι 262. Από το 2010 και μετά φαίνεται ότι υπήρξε μείωση στον αριθμό των θαλάσσιων ατυχημάτων των συγκεκριμένων πλοίων, εξαιτίας της βελτίωσης του εξοπλισμού τους. Επιπλέον, από τα στατιστικά αυτά στοιχεία προκύπτει ότι από το 2001 έως το 2021, ο αριθμός των ατυχημάτων που προκλήθηκαν λόγω του ανθρώπινου σφάλματος ήταν ο μεγαλύτερος. Αυτό δείχνει ότι η επίδραση των ανθρώπων δεν μπορεί να αγνοηθεί σε καμία περίπτωση. Τέλος, όσον αφορά την επίδραση του περιβάλλοντος, όχι μόνο δεν παρουσιάστηκε κάποια μείωση στα ατυχήματα που συνέβησαν, αλλά υπήρξε αύξηση σε μια ορισμένη χρονική στιγμή.

Ανακεφαλαιώνοντας, για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν ιστορικά δεδομένα από ατυχήματα παραδοσιακών επανδρωμένων πλοίων. Αφού αυτά τα δεδομένα θεωρήθηκαν ίδια και για τα αυτόνομα πλοία, διότι δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής ιστορικά δεδομένα ατυχημάτων αυτόνομων πλοίων, χρειάζεται να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν ενδέχεται να μην συμφωνούν με την πραγματική κατάσταση. Συνεπώς, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί εκτενέστερη έρευνα για να επαληθευτεί η συγκεκριμένη προσομοίωση. Η ανάπτυξη των αυτόνομων πλοίων προβλέπεται ότι θα ωριμάσει σταδιακά λόγω του μεγάλου αριθμού θαλάσσιων δοκιμών τους και θα αποτελέσει ένα ανταγωνιστικό ναυτιλιακό σύστημα.

## 6.2 Ανάλυση δέντρου γεγονότων (Fault Tree Analysis)

Το παρακάτω παράδειγμα δέντρου γεγονότων απεικονίζει το εύρος των αποτελεσμάτων για ένα αυτόνομο πλοίο στο οποίο ξεσπάει φωτιά. Τα εμπόδια που θα εξεταστούν είναι η εξάπλωση της φωτιάς, η αποτυχία λειτουργίας του συστήματος πυρόσβεσης και η αποτυχία διαφυγής των επιβαινόντων. Για αυτή την ανάλυση θεωρείται πιθανή η παρουσία ορισμένων ανθρώπων πάνω στο πλοίο, ακόμα και αν αυτό είναι μη επανδρωμένο. Υπάρχουν περιπτώσεις που χρειάζεται να παρέμβει ανθρώπινο δυναμικό είτε για να συμβάλει στην συντήρηση του εξοπλισμού, είτε για διάφορους άλλους λόγους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πιθανότητα που υπάρχει ένα τυχαίο γεγονός να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες συνέπειες θα εξαρτηθεί από το εάν αυτά τα εμπόδια λειτουργούν ή όχι.



Γράφημα 2 : Ανάλυση Δέντρου Γεγονότων

## Κεφάλαιο 7 : Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας Κινδύνων

Για τον υπολογισμό του κινδύνου, το πρώτο βήμα είναι να κατηγοριοποιηθεί η σοβαρότητα (severity) του ανάλογα με τις επιπτώσεις που ενδέχεται να προκαλέσει. Η σοβαρότητα ή σημαντικότητα του κινδύνου είναι μια αξιολόγηση της βαρύτητας της επίπτωσης του. Παρακάτω εξετάζονται οι επιπτώσεις ως προς το πλοίο, το περιβάλλον και την πλοιοκτήτρια εταιρία.

**Πίνακας 8 :** Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας Κινδύνων

ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ		
		Πλοίο	Περιβάλλον	Εταιρεία
Ασήμαντος	1	Καμία υλική ζημιά	Καμία ατμοσφαιρική ρύπανση, Ασήμαντη διαρροή πετρελαίου	Ελαφρύς αντίκτυπος, Όχι δημόσια ανησυχία
Μικρός	2	Υλική ζημιά στον εξοπλισμό	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μικρού μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Περιορισμένος αντίκτυπος
Σημαντικός	3	Μικρή υλική ζημιά στο πλοίο	Περιορισμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Σημαντικός αντίκτυπος, Ανησυχία των μέσων ενημέρωσης
Σοβαρός	4	Σοβαρή υλική ζημιά στο πλοίο	Σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση, Μεσαίου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εθνικός αντίκτυπος και δημόσιο ενδιαφέρον, Κινητοποίηση ομάδων δράσης

Καταστροφικός	5	Ολική απώλεια πλοίου	Ατμοσφαιρική ρύπανση με μακροχρόνιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Μεγάλου μεγέθους πετρελαιοκηλίδα	Εκτεταμένη ανησυχία των μέσων ενημέρωσης και της βιομηχανίας
---------------	---	----------------------	---	--

## Κεφάλαιο 8 : Κατηγοριοποίηση Συχνότητας Κινδύνων

Αφού κατηγοριοποιηθεί η σοβαρότητα των κινδύνων, είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί η πιθανότητα (frequency) τους. Για αυτό τον λόγο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν το πόσο συχνοί είναι οι κίνδυνοι. Με άλλα λόγια, παρακάτω θα εξεταστεί πόσο πιθανή είναι η εμφάνιση του εκάστοτε κινδύνου.

Η διαδικασία εκτίμησης συχνότητας κινδύνων συνδυάζει την εκτίμηση της πιθανότητας να ξεκινήσει ένα συμβάν και την εκτίμηση της πιθανότητας επίδρασης που θα έχει το συμβάν αυτό, δηλαδή την πιθανότητα να οδηγήσει σε δυσμενείς επιπτώσεις.

**Πίνακας 9:** Κατηγοριοποίηση Συχνότητας Κινδύνων

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ	F (ανά χρόνο)
Συχνός	4	Μια φορά τον μήνα σε ένα πλοίο	10
Πιθανός	3	Μια φορά το χρόνο σε ένα στόλο 10 πλοίων	$10^{-1}$
Απίθανος	2	Μια φορά το χρόνο σε ένα στόλο 1.000 πλοίων	$10^{-3}$
Σπάνιος	1	Μια φορά στη διάρκεια της ζωής (20 χρόνια) ενός στόλου 5.000 πλοίων	$10^{-5}$



## Κεφάλαιο 9 : Κατηγοριοποίηση Κινδύνων

Αφού ολοκληρώθηκε η κατηγοριοποίηση των συνεπειών και των πιθανοτήτων, θα κατηγοριοποιηθεί ο κίνδυνος (risk categorization). Ο κάθε κίνδυνος κατατάσσεται με βάση το χρώμα του δείκτη αξιολόγησης των κινδύνων. Ένας χαμηλός κίνδυνος κωδικοποιείται με το πράσινο χρώμα. Εάν είναι μεσαίος, εμφανίζεται με κίτρινο ή πορτοκαλί χρώμα. Τέλος, ένας υψηλός κίνδυνος απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Αυτό το σύστημα χρωμάτων καθιστά εύκολη και γρήγορη την κατανόηση του δείκτη ρίσκου. Το παρακάτω γράφημα απεικονίζει την κλίμακα κινδύνου που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτή την εργασία.



Γράφημα 3 : Κατηγοριοποίηση Κινδύνων

Στη συνέχεια, θα χρησιμοποιηθεί η παρακάτω σχέση για να υπολογιστεί ο δείκτης ρίσκου :

$$\text{Κίνδυνος} = \text{Συχνότητα} \times \text{Σοβαρότητα}$$

Το επόμενο βήμα είναι να κατασκευαστεί ο πίνακας ρίσκου (risk matrix). Ο πίνακας ρίσκου είναι ένα απαραίτητο εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σοβαρότητας ενός κινδύνου και είναι αποτέλεσμα του προσδιορισμού των κινδύνων. Σχεδόν όλοι οι πίνακες ρίσκου έχουν την ίδια δομή. Είναι πίνακες που δείχνουν την συχνότητα εμφάνισης κινδύνων κατά μήκος του άξονα Y και τη σοβαρότητα των συνεπειών τους κατά μήκος του άξονα X. Κάθε άξονας, λοιπόν, ακολουθεί μια συγκεκριμένη κλίμακα. Εάν για παράδειγμα ο κίνδυνος είναι υψηλός στην στήλη της πιθανότητας και υψηλός στην στήλη της σοβαρότητας, το επίπεδο κινδύνου θεωρείται υψηλό.

Αντίθετα, εάν ο κίνδυνος είναι χαμηλός στην στήλη πιθανότητας και χαμηλός στην στήλη σοβαρότητας, το επίπεδο κινδύνου θα είναι χαμηλό. Όπως φαίνεται παρακάτω, τα επίπεδα κινδύνου επισημαίνονται με χρωματική κωδικοποίηση. Πέρα, όμως, από αυτή τη βασική δομή, οι πίνακες κινδύνου μπορεί να διαφέρουν αρκετά, ανάλογα με τον οργανισμό, τον τρόπο και τον σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιούνται.

**Πίνακας 10** : Πίνακας Ρίσκου

		ΔΕΙΚΤΗΣ	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ				
			Ασήμαντος	Μικρός	Σημαντικός	Σοβαρός	Καταστροφικός
			1	2	3	4	5
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	Συχνός	4	4	8	12	16	20
	Πιθανός	3	3	6	9	12	15
	Απίθανος	2	2	4	6	8	10
	Σπάνιος	1	1	2	3	4	5

Κάθε κελί του πίνακα αντιστοιχεί σε έναν συγκεκριμένο συνδυασμό πιθανότητας και συνέπειας. Συνεπώς, σύμφωνα με τον πίνακα ορίστηκαν τα εξής :

- Για  $R < 4$ , το ρίσκο είναι απολύτως αποδεκτό, ενώ χρειάζεται να εφαρμόζονται και να τηρούνται τα ισχύοντα μέτρα ασφαλείας.
- Για  $4 \leq R < 8$ , υπάρχει λόγος να παρθούν επιπρόσθετα μέτρα, αλλά για οικονομικούς λόγους επιλέγεται να μην παρθούν καθώς το ρίσκο δεν θεωρείται μεγάλο.
- Για  $8 \leq R < 15$ , υπάρχει λόγος να παρθούν επιπρόσθετα μέτρα, και κρίνεται θεμιτό να παρθούν.
- Για  $R \geq 15$ , υπάρχει σοβαρό ρίσκο και θεωρείται απαραίτητο να παρθούν δραστικά μέτρα για να μειωθεί αποτελεσματικά το ρίσκο.

## Κεφάλαιο 10 : Υπολογισμός Δείκτη Ρίσκου

Στο κεφάλαιο αυτό θα θεωρηθεί ένας δείκτης συχνότητας (frequency index) και ένας δείκτης σοβαρότητας (severity index) για κάθε κίνδυνο που έχει αναφερθεί παραπάνω. Επομένως, θα υπολογιστεί ο δείκτης ρίσκου (risk index) για κάθε κίνδυνο ξεχωριστά και με βάση τον πίνακα ρίσκου θα ταξινομηθεί σε μια από τις τέσσερις κατηγορίες.

**Πίνακας 11** : Πίνακας Υπολογισμού Ρίσκου Κινδύνων

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΡΙΣΚΟΥ
Χαμηλή ορατότητα	3	3	9
Αντίξοες καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες	4	4	16
Σύγκρουση πλοίου με άλλο πλοίο	4	3	12
Πρόσκρουση πλοίου σε στεριά, λιμάνι ή υποθαλάσσιο στερεό	4	2	8
Αυξημένη κίνηση πλοίων	3	3	9
Απώλεια ευστάθειας πλοίου	2	3	6
Αποτυχία επικοινωνίας με αρμόδιες αρχές/πλοία στη περιοχή	3	3	9
Αποτυχία στη μετάδοση δεδομένων	3	3	9
Διακοπή της σύνδεσης επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου	4	3	12
Πυρκαγιά / Πλημμύρα	5	3	15
Διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος	4	3	12
Βλάβη της πρόωσης ή του συστήματος διεύθυνσης	3	3	9
Βλάβη στον εξοπλισμό του πλοίου	2	3	6
Βλάβη στον εξοπλισμό πρόσδεσης και αγκυροβολίας	3	2	6
Βλάβη ή αστοχία αισθητήρων	3	3	9
Υπερφόρτωση του πλοίου	4	2	8
Απώλεια ευστάθειας πλοίου λόγω μετατόπισης του φορτίου	4	3	12

Παρεμβολή ή αλλοίωση των σημάτων του αυτόματου συστήματος αναγνώρισης (AIS) ή του συστήματος πλοήγησης (GPS)	3	3	9
Εσκεμμένη βλάβη στο πλοίο και τον εξοπλισμό του	4	3	12
Απόπειρα μη εξουσιοδοτημένης επιβίβασης στο πλοίο	4	3	12
Παρεμβολή ή αλλοίωση της επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου ή τις αρμόδιες αρχές	3	3	9
Υποκλοπή δεδομένων	4	3	12
Έλλειψη εμπειρίας και ευχρηστίας των αυτοματοποιημένων λειτουργιών	1	3	3
Σφάλμα στη συντήρηση του πλοίου	3	3	9
Υπερβολική εμπιστοσύνη ή δυσπιστία στα συστήματα	3	3	9
Έλλειψη και υποβάθμιση των δεξιοτήτων σε δύσκολες καιρικές συνθήκες	3	3	9
Τυπογραφικά λάθη κατά την διάρκεια των εργασιών ανάπτυξης του λογισμικού	3	2	6
Απροσεξία κατά την διάρκεια της κωδικοποίησης	3	2	6
Περιορισμένη γνώση των τοπικών συνθηκών	4	3	12
Περιορισμένη συνειδητοποίηση της κατάστασης λόγω της μειωμένης αίσθησης του πλοίου	4	3	12
Άγχος, κόπωση και έλλειψη ξεκούρασης	4	2	8
Υπερφόρτωση πληροφοριών λόγω της πληθώρας των υπό έλεγχο πλοίων και των αισθητήρων τους	4	3	12

## Κεφάλαιο 11 : Προτάσεις και Αντίμετρα Ελέγχου του Κινδύνου

Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των δράσεων με σκοπό τον μετριασμό των κινδύνων που προαναφέρθηκαν. Οι δράσεις αυτές έχουν σκοπό είτε την εξάλειψη της πηγής του κινδύνου, είτε τον περιορισμό των επιπτώσεων του κινδύνου. Για αυτό τον λόγο, τα μέτρα ελέγχου (control measures) θα πρέπει να στοχεύουν σε ένα από τα παρακάτω (41) :

- Μείωση της συχνότητας των αστοχιών μέσω καλύτερου σχεδιασμού, διαδικασιών, εκπαίδευσης κ.λπ.
- Μετριασμός των επιπτώσεων των αστοχιών, προκειμένου να αποφευχθούν τα ατυχήματα.
- Άμβλυση των συνθηκών από τις οποίες ενδέχεται να εμφανιστούν αστοχίες.
- Μετριασμός των συνεπειών των ατυχημάτων.

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι αποτέλεσμα του προσδιορισμού και της εκτίμησης των κινδύνων που εντοπίζονται κατά την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων, αλλά και της εκτίμησης των επιπτώσεων που προκαλούν αυτοί οι κίνδυνοι στον τομέα της αυτόνομης ναυτιλίας. Πιο αναλυτικά, ο Πίνακας 12 αποτελείται από δυο στήλες στις οποίες καταγράφονται οι πηγές των κινδύνων που εντοπίστηκαν και τα μέτρα που εφαρμόζονται για την μείωση αυτών των κινδύνων. Ορισμένα από τα μέτρα αυτά είναι και μέτρα πρόληψης, έτσι ώστε να αποφευχθούν ενδεχόμενοι μελλοντικοί κίνδυνοι.

**Πίνακας 12** : Προτάσεις ελέγχου των κινδύνων

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
Χαμηλή ορατότητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τήρηση των κανόνων για την περιορισμένη ναυσιπλοΐα.</li> <li>• Τοποθέτηση κατάλληλων περιβαλλοντικών αισθητήρων για την ανίχνευση των τοπικών συνθηκών. (ASS)</li> <li>• Ακινητοποίηση του πλοίου ή αλλαγή πορείας προς το λιμάνι.</li> <li>• Τοποθέτηση προβολέων ομίχλης για καλύτερη ορατότητα.</li> </ul>
Αντίξοες καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες	
Σύγκρουση πλοίου με άλλο πλοίο	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση προβολέων ομίχλης για καλύτερη ορατότητα.</li> <li>• Χρήση συστήματος αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS, ANS).</li> <li>• Συνεχής χρήση συστήματος για την ανίχνευση της πορείας των άλλων πλοίων. (ECDIS)</li> <li>• Χρήση δορυφορικού συστήματος (GMDSS) για άμεση σύνδεση με Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης.</li> </ul>
Πρόσκρουση πλοίου σε στεριά, λιμάνι ή υποθαλάσσιο στερεό	
Αυξημένη κίνηση πλοίων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρήση συστήματος αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS, ANS).</li> <li>• Τήρηση των κανόνων για την περιορισμένη ναυσιπλοΐα.</li> </ul>
Απώλεια ευστάθειας πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συνεχής απομακρυσμένη παρακολούθηση της ευστάθειας του πλοίου (βύθισμα, διαγωγή, μετάκεντρο).</li> <li>• Μη αναχώρηση του πλοίου αν τα όρια ευστάθειας του δεν είναι επιτρεπτά.</li> <li>• Τοποθέτηση συστήματος καταγραφής συμβάντων στο μηχανικό μέρος του πλοίου (EDL).</li> </ul>
Αποτυχία επικοινωνίας με αρμόδιες αρχές/πλοία στη περιοχή	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τήρηση των επιτρεπτών ορίων θερμοκρασίας για τη σωστή λειτουργία των υπολογιστών.</li> <li>• Χρήση δορυφορικών συστημάτων επικοινωνίας (HMI).</li> <li>• Χρήση εφεδρικών συστημάτων επικοινωνίας και μετάδοσης δεδομένων.</li> </ul>
Αποτυχία στη μετάδοση δεδομένων	
Διακοπή της σύνδεσης επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου	

Πυρκαγιά / Πλημμύρα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση συστημάτων βιντεοεπιτήρησης. (CCTV)</li> <li>• Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματης ανίχνευσης καπνού, συναγερμού και κατάσβεσης (χρήση CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) στα σημεία που χρειάζεται.</li> <li>• Χρήση μη εύφλεκτων και πυράντοχων υλικών στους χώρους του πλοίου.</li> <li>• Συνεχής έλεγχος των σεντινών, των αντλιών υδροσυλλεκτών θαλάσσης (WIDS) και των συστημάτων συναγερμού.</li> </ul>
Διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση εφεδρικού συστήματος παροχής ρεύματος (UPS).</li> </ul>
Βλάβη της πρόωσης ή του συστήματος διεύθυνσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματης παρακολούθησης βαλβίδων (VRCS), δεξαμενών, σωλήνων και φρακτών.</li> </ul>
Βλάβη στον εξοπλισμό του πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματου ελέγχου των μηχανών (AEMC).</li> </ul>
Βλάβη στον εξοπλισμό πρόσδεσης και αγκυροβολίας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρήση συστημάτων καταγραφής δεδομένων ταξιδιού. (VDR)</li> <li>• Τοποθέτηση συστημάτων εφεδρείας.</li> </ul>
Βλάβη ή αστοχία αισθητήρων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση καλών αισθητήρων, έτσι ώστε να συνεχίσουν κανονικά οι υπόλοιπες λειτουργίες του πλοίου (ASS).</li> <li>• Τοποθέτηση εφεδρικών αισθητήρων.</li> </ul>
Υπερφόρτωση του πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση συστήματος διαχείρισης φορτίου (CCR).</li> <li>• Τήρηση κανόνων σχετικά με το φορτίο που φορτώνεται στο πλοίο και ζύγιση αυτού.</li> </ul>
Απώλεια ευστάθειας πλοίου λόγω μετατόπισης του φορτίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συνεχείς υπολογισμοί και δοκιμές της ευστάθειας του πλοίου.</li> <li>• Τοποθέτηση συστήματος διαχείρισης φορτίου (CCR).</li> </ul>
Παρεμβολή ή αλλοίωση των σημάτων του αυτόματου συστήματος αναγνώρισης (AIS) ή του συστήματος πλοήγησης (GPS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρήση συστήματος εκπομπής σήματος κινδύνου (SSAS) όταν ανιχνευτεί κίνδυνος πειρατικής ή τρομοκρατικής επίθεσης.</li> <li>• Τοποθέτηση εναλλακτικών συστημάτων εκτίμησης θέσης του πλοίου. (VDR)</li> </ul>
Παρεμβολή ή αλλοίωση της επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου ή τις αρμόδιες αρχές	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εκπαίδευση των χειριστών σχετικά με την αντιμετώπιση της κυβερνοεπίθεσης.</li> <li>• Χρήση λογισμικού προστασίας από ιούς.</li> </ul>

Υποκλοπή δεδομένων	
Εσκεμμένη βλάβη στο πλοίο και τον εξοπλισμό του	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση συστήματος εκπομπής σήματος κινδύνου (SSAS) όταν ανιχνευτεί κίνδυνος πειρατικής ή τρομοκρατικής επίθεσης.</li> <li>Εκπαίδευση των χειριστών σχετικά με την αντιμετώπιση της κυβερνοεπίθεσης.</li> </ul>
Απόπειρα μη εξουσιοδοτημένης επιβίβασης στο πλοίο	
Έλλειψη εμπειρίας και ευχρηστίας των αυτοματοποιημένων λειτουργιών	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τακτικός έλεγχος των γνώσεων των χειριστών.</li> <li>Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση αν ένας από τους δυο δεν έχει εμπειρία.</li> </ul>
Σφάλμα στη συντήρηση του πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αυτόματος συνεχής έλεγχος της συντήρησης του πλοίου. (K-Chief 700)</li> <li>Χρήση προγράμματος που διασφαλίζει ότι όλα τα συστήματα παραμένουν λειτουργικά ανα πάσα στιγμή.</li> <li>Ιδιαίτερη προσοχή στις προγραμματισμένες ενημερώσεις λογισμικού.</li> </ul>
Υπερβολική εμπιστοσύνη ή δυσπιστία στα συστήματα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τακτικός έλεγχος των γνώσεων των χειριστών.</li> <li>Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση σε αντίξοες συνθήκες.</li> </ul>
Έλλειψη και υποβάθμιση των δεξιοτήτων σε δύσκολες καιρικές συνθήκες	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εκπαίδευση των χειριστών σχετικά με τα συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου και υποστήριξης (RMSS).</li> <li>Τακτικός έλεγχος των γνώσεων των χειριστών.</li> <li>Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση σε αντίξοες συνθήκες.</li> </ul>
Τυπογραφικά λάθη κατά την διάρκεια των εργασιών ανάπτυξης του λογισμικού	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση αξιόπιστου συστήματος που να απομονώνει τις αστοχίες και να επιτρέπει στο υπόλοιπο σύστημα να λειτουργεί κανονικά.</li> <li>Διπλή επαλήθευση κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του λογισμικού.</li> </ul>
Απροσεξία κατά την διάρκεια της κωδικοποίησης	
Περιορισμένη γνώση των τοπικών συνθηκών	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση κατάλληλων περιβαλλοντικών αισθητήρων για την ανίχνευση των τοπικών συνθηκών (ASS, RADAR, LIDAR).</li> </ul>
Περιορισμένη συνειδητοποίηση της κατάστασης λόγω της μειωμένης αίσθησης του πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS, ANS).</li> <li>Εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου και υποστήριξης (RMSS).</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα ηλεκτρονικής απεικόνισης χαρτών (ECDIS).</li> </ul>
Άγχος, κόπωση και έλλειψη ξεκούρασης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τήρηση ώρας ανάπαυσης σύμφωνα με την Σύμβαση Ναυτικής Εργασίας (MLC).</li> </ul>
Υπερφόρτωση πληροφοριών λόγω της πληθώρας των υπό έλεγχο πλοίων και των αισθητήρων τους	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρήση συστήματος που να απομονώνει τα πλοία και την πορεία τους.</li> <li>• Σωστή χρήση των συστημάτων απομακρυσμένου ελέγχου από τους χειριστές στο κέντρο ελέγχου ξηράς.</li> </ul>

Στον Πίνακα 12 αναφέρθηκαν κάποια συστήματα που αν εγκατασταθούν σε μη επανδρωμένα πλοία θα συμβάλλουν στον περιορισμό ή ακόμα και την εξάλειψη των ατυχημάτων που είναι πιθανό να συμβούν. Στις παρακάτω ενότητες, αναλύεται εκτενώς η λειτουργία αυτών των συστημάτων και παρατίθενται τα πλεονεκτήματά τους.

## 11.1 Συστήματα Συμβατικών Πλοίων

Σε αυτή την ενότητα, θα πραγματοποιηθεί λεπτομερής ανάλυση της λειτουργίας των υπάρχοντων συστημάτων για τα επανδρωμένα συμβατικά πλοία που όμως είναι υψίστης σημασίας να υπάρχουν και στα μη επανδρωμένα, είτε έτσι ακριβώς όπως είναι, είτε μαζί με συστήματα εφεδρείας. Πιο συγκεκριμένα, σε ένα αυτόνομο σκάφος, είναι σημαντικό να υπάρχουν συστήματα εφεδρείας στην περίπτωση που σταματήσουν να λειτουργούν τα βασικά συστήματα, αφού το προσωπικό δεν βρίσκεται πάνω στο πλοίο για να μπορέσει να τα επισκευάσει.

Το Αυτόματο Σύστημα Μηχανών (Engine Automation System-EAS & Power Management system-PMS) είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της ενέργειας του πλοίου, αλλά και τα συστήματα πρόωσης του. Ένα υποσύστημα αυτού είναι το AEMC και θα αναλυθεί παρακάτω. Το σύστημα αυτό αποτελείται από το AEMC, τις κύριες μηχανές, τις βοηθητικές μηχανές, τα συστήματα πρόωσης, τα συστήματα ελέγχου των δεξαμενών και ορισμένα συστήματα συναγερμού λόγω πυρκαγιάς ή βλάβης. Σε αυτό ανήκουν και τα συστήματα υποστήριξης των μηχανών που είναι υπεύθυνα για τη λίπανση των μηχανών, τον έλεγχο τους στάθμης των καυσίμων και τον έλεγχο ψύξης τους. Παρακάτω, θα αναλυθούν πλήρως τα υποσύστημα του. (42)

- Το Αυτόματο Σύστημα Παρακολούθησης και Ελέγχου των Μηχανών (Autonomous Engine Monitoring and Control-AEMC) ελέγχει το μηχανοστάσιο και λειτουργεί ως γέφυρα επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου ξηράς. Οι σημαντικότερες λειτουργίες αυτού του συστήματος είναι ο αυτόματος έλεγχος του μηχανοστασίου και ο χειρισμός έκτακτης ανάγκης. Για αυτές τις λειτουργίες απαιτείται πρόσβαση στο σύστημα αυτοματισμού του πλοίου και χρήση ορισμένων αισθητήρων, για παράδειγμα κάμερες, ανιχνευτές εισροής νερού, αερίου και πυρκαγιάς. Το σύστημα αυτό συνδέεται με το υποσύστημα διαχείρισης συναγερμών που αφορά μόνο τους συναγερμούς που είναι υπεύθυνοι για τα μηχανικά μέρη του πλοίου.

Ο χειρισμός έκτακτης ανάγκης περιλαμβάνει την απομακρυσμένη ανίχνευση βλάβης αλλά και την υιοθέτηση αντιμέτρων, έτσι ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε ζημιά στο μηχανικό μέρος του πλοίου. Μια εξίσου σημαντική διεργασία του συγκεκριμένου συστήματος είναι ο έλεγχος που πραγματοποιείται για τη σωστή λίπανση και ψύξη των κινητήρων. Το AEMC ελέγχει, τέλος, το σύστημα πρόωσης, παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας, το σύστημα στήριξης και εξάτμισης και το σύστημα καυσίμων. (43)

- Το Σύστημα Καταγραφής Δεδομένων των Μηχανών (Engine Data Logger-EDL) είναι υπεύθυνο για την καταγραφή όλων των πληροφοριών που σχετίζονται με τη λειτουργία των μηχανών του πλοίου. Πιο αναλυτικά, συλλέγει δεδομένα για τις μετρήσεις παραμέτρων των μηχανών, τον έλεγχο των θερμοκρασιών τους, αλλά και για οτιδήποτε προκύψει στο περιβάλλον τους. Το συγκεκριμένο σύστημα συμβάλλει στην αποτροπή πιθανών δυσλειτουργιών στις μηχανές του πλοίου, καθώς κατανοεί πλήρως τις διαδικασίες που αφορούν την λειτουργία τους. Τέλος, αποτελεί μια παραλλαγή του συστήματος καταγραφής δεδομένων ταξιδιού (VDR), το οποίο θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω, με την μόνη διαφορά ότι το EDL περιορίζεται στο περιβάλλον των μηχανών του πλοίου. (42)

Το Σύστημα Αυτοματισμού Γέφυρας (Bridge Automation System-BAS) περιλαμβάνει όλα τα υποσυστήματα στη γέφυρα τους πλοίου και τον εξοπλισμό τους, με τα πιο σημαντικά να είναι τα συστήματα πλοήγησης και διαχείρισης. Υπάρχουν πολλά συστήματα στη γέφυρα των πλοίων τα οποία λειτουργούν αυτόματα, π.χ. το AIS που θα αναλυθεί στη συνέχεια και είναι σε θέση να λειτουργήσουν χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου. (42) Τα υποσυστήματα του BAS είναι τα εξής :

- Το Σύστημα Καταγραφής Δεδομένων Ταξιδιού (Voyage Data Recorder–VDR) είναι ένα σύστημα που τοποθετείται στο πλοίο και καταγράφει διάφορα δεδομένα του πλοίου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση ατυχήματος. Οι πληροφορίες που συγκεντρώνει είναι συνήθως οι εξής : ημέρα και ώρα, τοποθεσία του πλοίου, ταχύτητα και προορισμός, ηχογραφήσεις στη γέφυρα, ηχογραφήσεις επικοινωνιών, δεδομένα του radar, συναγερμοί, κίνηση του πηδαλίου, καταγραφή των ανοιχτών πορτών, κατάσταση για υδατοστεγείς πόρτες και πόρτες πυρκαγιάς, επιτάχυνση, πιέσεις και ταχύτητα αλλά και κατεύθυνση ανέμου. Τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί παραμένουν στο σύστημα για δώδεκα ώρες, έτσι ώστε να μπορεί να διερευνηθεί οποιοδήποτε ατύχημα ή πρόβλημα στο μηχανικό μέρος του πλοίου. Το VDR είναι εφοδιασμένο με αντίστοιχη γεννήτρια, έτσι ώστε να είναι σε θέση να διατηρήσει τα αποθηκευμένα δεδομένα για τουλάχιστον δυο ώρες. Εκτός από την διερεύνηση του πιθανού ατυχήματος, το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συντήρηση, παρακολούθηση της απόδοσης, ανάλυση ζημιών εξαιτίας δυσμενών καιρικών συνθηκών, αποφυγή ατυχημάτων και εκπαίδευση για την βελτίωση της ασφάλειας και τη μείωση του κόστους λειτουργίας του πλοίου. (44)
- Το Σύστημα Αυτόματης Αναγνώρισης (Automatic Identification System-AIS) είναι ένα αυτοματοποιημένο, αυτόνομο σύστημα εντοπισμού που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή δεδομένων πλοήγησης μεταξύ διαφόρων σταθμών και του κέντρου ελέγχου ξηράς. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) ανακοίνωσε, τον Δεκέμβριο του 2004, ότι όλα τα επιβατηγά πλοία, καθώς και όλα τα εμπορικά πλοία άνω των 299 κόρων ολικής χωρητικότητας που ταξιδεύουν διεθνώς, να φέρουν σύστημα αυτόματης αναγνώρισης. Η συγκεκριμένη απόφαση λήφθηκε έπειτα από εντολή της συμφωνίας SOLAS (Ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα) του 2002. (45) Το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης λαμβάνει τη θέση και την κίνηση του πλοίου μέσω του συστήματος GPS του πλοίου ή μέσω του εσωτερικού αισθητήρα που είναι ενσωματωμένος στο πλοίο.

Αυτές οι πληροφορίες συγκεντρώνονται με άλλες πληροφορίες, όπως το όνομα του πλοίου, τον προορισμό του, και τον τύπο φορτίου και μεταδίδονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ λαμβάνονται και πληροφορίες άλλων πλοίων. Η μονάδα του συστήματος AIS μπορεί να έχει τη δική του ξεχωριστή κεραία ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαχωριστής κεραίας από την κεραία που εκπέμπει ο ασύρματος VHF. (46) Είναι ευλογοφανές ότι το AIS συμβάλλει στην αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ των πλοίων, καθώς και στον αποτελεσματικότερο έλεγχο της θαλάσσιας κυκλοφορίας.

- Το Σύστημα Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών (Electronic Chart Display and Information System-ECDIS) είναι ένα σύστημα που μεταδίδει χρήσιμες πληροφορίες στα υπόλοιπα συστήματα πλοήγησης του πλοίου. Τα δεδομένα που μεταδίδει αφορούν κυρίως την θέση του πλοίου και τα συλλέγει με τη βοήθεια του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS). Μια σημαντική λειτουργία αυτού του υποσυστήματος είναι η διαχείριση εκτάκτων περιστατικών, καθώς παρέχει οπτικοακουστικές προειδοποιήσεις για ενδεχόμενους κινδύνους. Το σύστημα αυτό συνδέεται με όργανα που βρίσκονται στη γέφυρα του πλοίου και συμβάλλουν στην ασφαλή πλοήγηση του. Τα όργανα αυτά είναι : το δρομόμετρο που ενημερώνει για την ταχύτητα του πλοίου, το βαθύμετρο που ενημερώνει για το βάθος που πλέει το πλοίο, η γυροσκοπική πυξίδα που ενημερώνει για την ακριβή θέση του πλοίου, το ανεμόμετρο που ενημερώνει για την ένταση του ανέμου, το ραντάρ που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την θέση του πλοίου και αξιολογεί τον κίνδυνο αν δυο πλοία έχουν την ίδια κατεύθυνση ή πλησιάζουν μεταξύ τους και τέλος ο δείκτης GPS που μεταδίδει την ακριβή θέση του πλοίου. (47)
- Το Σύστημα Προηγμένων Αισθητήρων (Advanced Sensor Systems-ASS) παράγει αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση που βρίσκεται το πλοίο. Στα υποσυστήματα του ανήκουν τα ραντάρ του πλοίου, οι κάμερες ασφάλειας και γενικά τα συστήματα που συμβάλλουν στον έλεγχο του περιβάλλοντα χώρου του πλοίου.

Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα αυτό ελέγχει την κίνηση του πλοίου και ανιχνεύει τους πιθανούς κινδύνους που μπορεί να συναντήσει το πλοίο στο ταξίδι του. Επομένως, το ASS ταξινομεί με αυτόματο τρόπο οποιοδήποτε εμπόδιο μπορεί να εμφανιστεί στο πλοίο, αλλά και γύρω από αυτό και εξάγει τις απαραίτητες πληροφορίες, για παράδειγμα την ορατότητα του πλοίου, με την βοήθεια διαφόρων αισθητήρων. (42)

- Το Σύστημα Ναυτικού Κινδύνου και Ασφάλειας (Global Maritime Distress and Safety System-GMDSS) αποτελεί ένα σύνολο διαδικασιών ασφαλείας, εξοπλισμού και πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Το σύστημα αυτό στέλνει σε άλλα πλοία κλήση για βοήθεια και προσδιορίζει τη θέση του πλοίου που βρίσκεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Επιπρόσθετα, εκπέμπει πληροφορίες σχετικές με την ασφαλή ναυσιπλοΐα και πληροφορίες που συμβάλλουν στην σωστή επικοινωνία μεταξύ πλοίου και ξηράς ή μεταξύ δυο πλοίων. Σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η γρήγορη εκπομπή πληροφοριών ,όπως η ταυτότητα του πλοίου, η θέση του και ο κίνδυνος στον οποίο βρίσκεται το ίδιο το πλοίο. Συνοψίζοντας, το GMDSS συντονίζει την επιχείρηση διάσωσης του πλοίου, καθώς ενημερώνει σχεδόν ταυτόχρονα τις αρμόδιες αρχές και τα κοντινά πλοία. (48)
- Το Σύστημα Διαχείρισης Φορτίου (Cargo Control Room-CCR) είναι υπεύθυνο για τον αποτελεσματικό έλεγχο και την διαχείριση του φορτίου που μεταφέρει ένα πλοίο. Ορισμένες από τις λειτουργίες αυτού του υποσυστήματος είναι η παρακολούθηση της πορείας του πλοίου, η εύρεση της θέσης του και ο έλεγχος του περιβάλλοντα χώρου του. Επιπλέον, είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία και τον συντονισμό των γερανών φόρτωσης και εκφόρτωσης που βρίσκονται πάνω στο πλοίο, αλλά και στα λιμάνια. Το CCR είναι υπεύθυνο και για την σωστή τοποθέτηση του φορτίου, έτσι ώστε να αποφευχθεί πιθανή απώλεια ισορροπίας ή ύπαρξη βλάβης.

Ορισμένα υποσυστήματα του CCR είναι τα εξής : το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου βαλβίδων (Valve Remote Control System-VRCS) το οποίο ελέγχει την θερμοκρασία και την πίεση και συμβάλλει στην φόρτωση και εκφόρτωση του πλοίου, το σύστημα συναγερμού για εισροή υδάτων (Water Intrusion Detection System – WIDS) το οποίο ανιχνεύει το νερό στα αμπάρια του πλοίου και συνδέεται με το κεντρικό σύστημα συναγερμού του πλοίου και το σύστημα έρματος το οποίο επιτρέπει την εισχώρηση και εκχώρηση υδάτων στο πλοίο όταν κρίνεται απαραίτητο. (49)

- Το Κλειστό Σύστημα Παρακολούθησης (Closed circuit television-CCTV) παρέχει συνεχή παρακολούθηση του περιβάλλοντα χώρου του πλοίου. Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι μπορεί να λειτουργήσει και σε δυσμενείς καταστάσεις, όπως είναι η χαμηλή ορατότητα και οι επικίνδυνες καιρικές συνθήκες. (50)
- Το Σύστημα Συναγερμού Ασφάλειας (Shipboard Security Alarm Systems-SSAS) συμβάλλει στην αποτροπή της πειρατείας, καθώς στέλνει σήμα εντοπισμού στις αρμόδιες αρχές όταν υπάρχει κίνδυνος. Πιο συγκεκριμένα, το SSAS είναι ένα αθόρυβο σύστημα συναγερμού το οποίο, όταν ενεργοποιείται, δεν εκπέμπει κανένα οπτικοακουστικό σήμα. Επομένως, αποτελεί μέτρο ασφαλείας για την καταστολή πειρατικών ή και τρομοκρατικών ενεργειών στον τομέα της ναυτιλίας. (51)

Έπειτα, οι αισθητήρες RADAR (Radio Detection and Ranging) και LiDAR (Light Detection and Ranging) ανιχνεύουν σήματα με βάση ραδιοσυχνότητες και συχνότητες οπτικές ή υπέρυθρου φωτός. Η διαφορά τους είναι η διασπορά του σήματος στο χώρο. Τα RADAR χρησιμοποιούν κεραίες με μεγάλο πλάτος δέσμης, επομένως υπάρχει δυσκολία στο να διακρίνουν λεπτομέρειες στα αντικείμενα που ανιχνεύουν. Τα LiDAR, αντίθετα, έχουν πολύ καλύτερη ευκρίνεια στα σήματα που δέχονται διότι η τεχνολογία τους βασίζεται στα λέιζερ. Συνεπώς, οι αισθητήρες LiDAR μπορούν να απεικονίσουν λεπτομερώς ένα αντικείμενο, ακόμα και από μεγάλη απόσταση. (11)

Το μειονέκτημα των αισθητήρων LiDAR, όμως, είναι ότι είναι ευαίσθητοι σε καιρικά φαινόμενα, όπως είναι οι βροχοπτώσεις. Οι αισθητήρες RADAR, από την άλλη πλευρά, διεισδύουν στα σύννεφα, τον καπνό και την ομίχλη, με αποτέλεσμα να θεωρούνται πιο αποδοτικοί σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Ως σύστημα αδιάλειπτης παροχής ρεύματος (Uninterruptible Power Source-UPS) ορίζεται μια συσκευή η οποία για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα παρέχει συνεχή ισχύ στον ραδιοεξοπλισμό του πλοίου, ανεξάρτητα από τυχόν διακοπές ρεύματος στην κύρια πηγή ή την πηγή έκτακτης ηλεκτρικής ενέργειας. Η συσκευή αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον έναν αυτόματο φορτιστή και δυο επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές. (55) Τα συστήματα UPS διασφαλίζουν ότι τα κρίσιμα συστήματα των πλοίων, δηλαδή τα συστήματα πλοήγησης και επικοινωνίας, παραμένουν λειτουργικά κατά τη διάρκεια διακοπής ρεύματος ή άλλων διαταραχών. Επιπρόσθετα, συμβάλλουν στην μείωση της κατανάλωσης των καυσίμων αποτρέποντας την ανάγκη για εκκίνηση εφεδρικών γεννητριών κατά τη διάρκεια διακοπής ρεύματος. Οι πτυχές ναυσιπλοΐας και ασφάλειας καθορίζουν τη χρήση του συστήματος UPS. Αυτές οι πτυχές μπορεί να είναι ο αυτοματισμός, η πλοήγηση, ο εξοπλισμός ραδιοεπικοινωνίας και αναγγελίας ασφαλείας, οι υδατοστεγείς πόρτες κ.λπ. (56)



## 11.2 Συστήματα Αυτόνομων Πλοίων

Στην ενότητα αυτή, θα αναλυθεί η λειτουργία των συστημάτων για τα αυτόνομα πλοία, όπως έχουν προταθεί από το έργο MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Network) και AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications).

Το Κέντρο Ελέγχου Ξηράς (Shore Control Center – SCC) ελέγχει και πλοηγεί ένα ή περισσότερα πλοία από την ακτή και προτάθηκε από το έργο MUNIN. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση του πλοίου μπορεί να πραγματοποιείται είτε καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού είτε σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπου δηλαδή υπάρχει ανάγκη. Χωρίς το κέντρο ελέγχου, το πλοίο θα έπρεπε να είναι εξοπλισμένο με εξαιρετικά πολύπλοκο λογισμικό για να αντιμετωπίσει όλα τα ενδεχόμενα. Τελικά, το SCC διασφαλίζει ότι το πλοίο μπορεί να λειτουργεί με ασφάλεια και περιορισμένη ευελιξία. (52) Το κέντρο ελέγχου ξηράς περιλαμβάνει τα εξής υποσυστήματα :

- Το Σύστημα Διεπαφής Πλοίου με Κέντρο Ελέγχου Ξηράς (Human Machine Interface – HMI) είναι σχεδιασμένο ώστε να παίρνει αποφάσεις για την λειτουργία του μη επανδρωμένου σκάφους. Το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να παρέμβει σε λειτουργίες επικοινωνίας και λειτουργίες πλοήγησης. Πιο αναλυτικά, παρέχει τον εξοπλισμό που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης για να χειρίζεται τα συστήματα του πλοίου, τα συστήματα ισχύος έως τη γέφυρα και τα συστήματα πλοήγησης. Επιπλέον, θα επιτρέπει στον χρήστη να λαμβάνει αποφάσεις και να εκτελεί λειτουργίες ελέγχου για το πλοίο γενικά. (53)
- Το Σύστημα Απομακρυσμένης Υποστήριξης Ελιγμών (Remote Maneuvering Support System – RMSS) συμβάλλει στον έλεγχο κίνησης του πλοίου από ένα κέντρο ελέγχου που βρίσκεται στη ξηρά. Επιπρόσθετα, ανιχνεύει την θέση του πλοίου και αποφασίζει για τυχόν ελιγμούς που πρέπει να πραγματοποιήσει το πλοίο για να αποφύγει πιθανά ατυχήματα.

Τέλος, το σύστημα αυτό παρακολουθεί το πλοίο κατά τη διάρκεια των ελιγμών του και προβλέπει την κατάσταση του σε σχέση με την θέση του, την πορεία του, την ταχύτητα του κ.λπ. (54)

Το αυτόματο σύστημα πλοήγησης (Automatic Navigation System-ANS) σχεδιάστηκε υπό την αιγίδα του έργου AAWA και περιλαμβάνει λειτουργίες όπως τον σχεδιασμό διαδρομής του πλοίου (Route Planning-RP), την αναγνώριση κρίσιμων καταστάσεων (Situational Awareness-SA), την αποφυγή συγκρούσεων (Collision Avoidance-CA) και την ανίχνευση κατάστασης του πλοίου (Ship State Detection-SSD). Οι λειτουργίες αυτές συνδυάζονται, επίσης, και με το σύστημα αναγνώρισης, το σύστημα προώθησης και το σύστημα σύνδεσης δεδομένων προς το κέντρο ελέγχου στη ξηρά. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία σχεδιασμού του ταξιδιού RP είναι ένα εργαλείο που είναι υπεύθυνο από την αρχή έως το τέλος του ταξιδιού και χρησιμοποιείται αντί για τον άνθρωπο στα αυτόνομα πλοία. Η μονάδα αναγνώρισης κρίσιμων καταστάσεων SA συνδέεται με διάφορους αισθητήρες και εξάγει πληροφορίες σχετικά με τον περιβάλλοντα χώρο του πλοίου. Η μονάδα αποφυγής συγκρούσεων CA λαμβάνει υπόψιν την διαδρομή από την μονάδα RP και ελέγχει αν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης. Σε αντίθεση με την μονάδα RP που χρησιμοποιείται για προγραμματισμό, η μονάδα CA είναι πάντα ενεργή και παίρνει αποφάσεις ανάλογα με την κατάσταση του πλοίου σε πραγματικό χρόνο. Την μεγαλύτερη ευθύνη από όλα τα υποσυστήματα, όμως, την έχει η μονάδα ανίχνευσης κατάστασης πλοίου (Ship State Definition-SSD) ή μονάδα εικονικού καπετάνιου (Virtual Captain-VC), καθώς συλλέγει δεδομένα από όλα τα υποσυστήματα που αναφέρθηκαν και επιλέγει σε τι κατάσταση θα λειτουργεί το πλοίο. Οι καταστάσεις είναι οι εξής : αυτόνομη, απομακρυσμένου ελέγχου και ασφαλής πλοήγηση. (11)

Ένα σύστημα αυτοματισμού, όπως το K-Chief 700 της Kongsberg, είναι ένα σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου για τα πλοία. Η ευέλικτη αρχιτεκτονική του επιτρέπει τη χρήση του σε ένα ευρύ φάσμα εργασιών εντός της υπεράκτιας βιομηχανίας, των συστημάτων ασφάλειας και ελέγχου των πλοίων. Το αυτόνομο σύστημα K-Chief 700 καλύπτει σημαντικές λειτουργίες επί του σκάφους, όπως για παράδειγμα την διαχείριση της ισχύος, τον έλεγχο των βοηθητικών μηχανημάτων, την παρακολούθηση και τον έλεγχο του έρματος και τέλος την παρακολούθηση και τον έλεγχο του φορτίου. (55)

## Κεφάλαιο 12 : Αξιολόγηση Κόστους των Προτάσεων Μείωσης του Κινδύνου

Το ερώτημα για το αν η λειτουργία των αυτόνομων πλοίων θα συμβάλλει στη εξοικονόμηση κόστους σε γενικό πλαίσιο, παραμένει αναπάντητο καθώς η ιδέα των συγκεκριμένων πλοίων δεν έχει υλοποιηθεί, αλλά αναμένεται να υλοποιηθεί σε βάθος χρόνων. Παρακάτω, λοιπόν, θα γίνει μια εκτίμηση του κόστους (cost-benefit analysis) που θα χρειαστεί για να υλοποιηθεί αυτή η ιδέα.

Η μείωση του πληρώματος στα αυτόνομα πλοία θα έχει σίγουρα ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους. Αντίθετα, ο εξοπλισμός και τα συστήματα αυτόματου ελέγχου, καθώς και το προσωπικό που θα ελέγχουν το πλοίο απομακρυσμένα από το κέντρο ελέγχου ξηράς, είναι βέβαιο πως απαιτούν ένα αρκετά μεγάλο χρηματικό ποσό. Παρακάτω, θα αναλυθεί εκτενέστερα το κόστος λειτουργίας ενός αυτόνομου πλοίου, καθώς και το κόστος ορισμένων μέτρων ελέγχου των κινδύνων που προκύπτουν από την λειτουργία αυτών των πλοίων.

Αρχικά, με την λειτουργία του αυτόνομου πλοίου θα εξαλειφθούν τελείως οι μισθοί του πληρώματος επί του πλοίου. Επιπλέον, θα μειωθεί το κόστος του πληρώματος που ζεί για μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα στο πλοίο. Αυτό το κόστος σχετίζεται με τις καμπίνες ενδιαίτησης, τις ιατρικές υποδομές, αλλά και τον εξοπλισμό ασφαλείας. Από την στιγμή που δεν θα υπάρχουν υποδομές για να ζήσει κάποιος μέσα στο αυτόνομο πλοίο, όπως για παράδειγμα κλιματισμός σε μεγάλο εύρος και θέρμανση, αυτομάτως δεν θα υπάρχει ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς, θα μειωθούν και τα συγκεκριμένα έξοδα.

Στα αυτόνομα πλοία, όμως, προστίθεται ένα νέο κόστος, καθώς πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα έξοδα για τις χερσαίες υπηρεσίες. Όσον αφορά το κέντρο ελέγχου στην ξηρά, οι μισθοί του προσωπικού που θα βρίσκεται εκεί, καθώς και ο εξοπλισμός και το ενοίκιο των εγκαταστάσεων είναι επιπρόσθετα έξοδα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων.

Στον παρακάτω πίνακα, εμφανίζεται το κόστος από την υιοθέτηση ορισμένων συστημάτων που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, με σκοπό την αντιμετώπιση των κινδύνων που ελλοχεύουν από την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων.

**Πίνακας 13** : Κόστος προτάσεων μείωσης των κινδύνων

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ
<p><b>Τοποθέτηση προβολέων ομίχλης για καλύτερη ορατότητα</b></p>	<p>Ένα ενδεικτικό εύρος τιμών για τους προβολείς ομίχλης για τα πλοία είναι 250€-1.100€. (56) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης τους, η τιμή εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 500€-2.200€. Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικών προβολέων σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργούν οι βασικοί, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.</p>
<p><b>Χρήση συστήματος αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS, ANS)</b></p>	<p>Αυτά τα αυτόνομα συστήματα παρέχουν πολύ μεγάλο βαθμό ασφάλειας και η τιμή τους κυμαίνεται περίπου από 1.800€ έως 2.700€. (57) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης τους, η τιμή εκτιμάται ότι θα τριπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 5.400€-8.100€. Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικού συστήματος αυτόματης αναγνώρισης σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το βασικό, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.</p>
<p><b>Συνεχής χρήση συστήματος για την ανίχνευση της πορείας των άλλων πλοίων (ECDIS)</b></p>	<p>Ένα εύρος τιμών για το σύστημα ηλεκτρονικής απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS) είναι : 1.100 €-2.300€ (58), (59), (60) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης του, η τιμή εκτιμάται ότι θα τριπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 3.300€-6.900€. Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικού συστήματος ECDIS σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το βασικό, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.</p>
<p><b>Χρήση δορυφορικού συστήματος (GMDSS) για άμεση σύνδεση με το Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης</b></p>	<p>Είναι μια αξιόπιστη επιλογή για άψογη επικοινωνία με τις πιο απομακρυσμένες γωνιές των υδάτινων οδών του κόσμου. Το εύρος τιμών για το συγκεκριμένο σύστημα είναι : 4.700€-6.600€ (61), (62) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης του, η τιμή εκτιμάται ότι θα τριπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 14.100€-19.800€. Είναι, επίσης,</p>

	σημαντική η ύπαρξη εφεδρικού συστήματος GMDSS σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το βασικό, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.
<b>Χρήση δορυφορικών συστημάτων επικοινωνίας (HMI)</b>	Ένα μέσο κόστος του συστήματος αυτού εκτιμάται στα 200 €-1.200€. (63), (64) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης του, η τιμή εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 400€-2.400€. Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικού συστήματος HMI σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το βασικό, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.
<b>Τοποθέτηση συστημάτων βιντεοεπιτήρησης (CCTV)</b>	Το μέσο κόστος ενός ολόκληρου συστήματος CCTV κυμαίνεται μεταξύ 390€-2.220€, ανάλογα με τις επιμέρους προδιαγραφές, όπως η μνήμη, ο αριθμός των καμερών, η ποιότητα HD κ.λπ. Στη τιμή αυτή περιλαμβάνονται τα ανταλλακτικά και η εγκατάσταση του. (65) Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικών συστημάτων βιντεοεπιτήρησης σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργούν τα βασικά, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.
<b>Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματης ανίχνευσης καπνού, συναγερμού και κατάσβεσης (χρήση CO2/N2) στα σημεία που χρειάζεται</b>	Η τιμή των συστημάτων κατάσβεσης με χρήση διοξειδίου του άνθρακα κυμαίνεται από 1.500€ έως 6.300€. (66) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης τους, η τιμή εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 3.000€-12.600€. Όσον αφορά τις γεννήτριες ροής αζώτου, οι μικρές ξεκινούν από 2.700€ μέχρι 18.300€, οι μεσαίες κυμαίνονται μεταξύ 18.300€ και 91.700€ και οι μεγάλες είναι από 91.700 € και άνω. (67) Η τιμή εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί λόγω του κόστους εγκατάστασης τους. Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικών τέτοιων συστημάτων σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργούν τα βασικά, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.
<b>Τοποθέτηση εφεδρικού συστήματος παροχής ρεύματος (UPS)</b>	Τα συστήματα UPS αποτελούν μια ιδανική λύση για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας ισχύος για τα κρίσιμα συστήματα των πλοίων. Ένα εύρος τιμών για αυτό το σύστημα είναι 15.000€-30.000€. (68), (69) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης τους, η τιμή εκτιμάται ότι

	θα διπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 30.000€-60.000€.
<b>Χρήση συστημάτων καταγραφής δεδομένων ταξιδιού (VDR)</b>	Το μέσο κόστος ενός ολόκληρου συστήματος VDR κυμαίνεται μεταξύ 8.600€ και 19.600€ (70), (71) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης του, η τιμή εκτιμάται ότι θα τριπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 25.800€-58.800 €. Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικού συστήματος VDR σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το βασικό, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.
<b>Τοποθέτηση συστήματος διαχείρισης φορτίου (CCR)</b>	Το σύστημα ελέγχου φορτίου είναι ένα εξειδικευμένο σύστημα που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της φόρτωσης και εκφόρτωσης φορτίου σε ένα πλοίο. Μια ενδεικτική τιμή αυτού του συστήματος είναι 900€. (72) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης του, η τιμή εκτιμάται ότι θα τριπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 2.700€. Είναι, επίσης, σημαντική η ύπαρξη εφεδρικού συστήματος CCR σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το βασικό, γεγονός που θα αυξήσει κι άλλο το κόστος.
<b>Χρήση λογισμικού προστασίας από ιούς</b>	Ένα ενδεικτικό εύρος τιμών για λογισμικό προστασίας από ιούς είναι 1.800€-3.200€. (73) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης του, η τιμή εκτιμάται ότι θα τριπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 5.400€-9.600€.
<b>Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση αν ένας από τους δυο δεν έχει εμπειρία</b>	Εδώ τα έξοδα για τον μισθό του πληρώματος διπλασιάζονται, καθώς αντί για έναν χειριστή θα χρειάζονται δυο σε μια θέση.
<b>Αυτόματος συνεχής έλεγχος της συντήρησης του πλοίου (τύπου K-Chief 700)</b>	Η ιδέα του K-Chief 700 επιτρέπει σημαντική μείωση του κόστους και του χρόνου εγκατάστασης σε σύγκριση με τις παραδοσιακές λύσεις. Η εξοικονόμηση αυτή προκύπτει από την μείωση της καλωδίωσης, την μείωση των εργατωρών για τη μηχανική, την εγκατάσταση και τη θέση σε λειτουργία και τέλος την μείωση του χρόνου κατασκευής. Μια ενδεικτική τιμή αυτού του συστήματος είναι 1.800€ (74) Μαζί με το κόστος εγκατάστασης του, η τιμή εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 3.600€.

<b>Τοποθέτηση αισθητήρων ανίχνευσης (LIDAR)</b>	Ένα ενδεικτικό εύρος τιμών για τους αισθητήρες είναι 50.000€-58.000€. Στη τιμή αυτή περιλαμβάνονται το κόστος εγκατάστασης, η ασφάλιση του εξοπλισμού και το κόστος του λογισμικού. (75)
<b>Τοποθέτηση αισθητήρων ανίχνευσης (RADAR)</b>	Το μέσο κόστος των αισθητήρων αυτών κυμαίνεται μεταξύ 2.500€ και 14.600€. Μαζί με το κόστος εγκατάστασης τους, η τιμή εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί, επομένως θα ανέρχεται στα 5.000€-29.200€. (76) (77)

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω δεδομένα, δεν μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων μπορεί να συμβάλλει σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση κόστους σε σχέση με τα συμβατικά πλοία. Αν και με την πλήρη αφαίρεση του πληρώματος από το αυτόνομο πλοίο, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να αυξήσουν τα κέρδη τους, εξαιτίας της μείωσης του κόστους επάνδρωσης, υπάρχουν αρκετά αυτόνομα συστήματα που αυξάνουν κατά πολύ τα γενικά έξοδα που προκύπτουν. Επομένως, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί εκτενέστερη μελέτη για το αν τα αυτόνομα πλοία θα μπορέσουν να αντικαταστήσουν πλήρως τα συμβατικά. Μέχρι τώρα, μόνο στο έργο MUNIN αξιολογήθηκε και συζητήθηκε το αναμενόμενο κόστος που σχετίζεται με την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων. Η παρακάτω ενότητα, λοιπόν, επικεντρώνεται σε δυο μελέτες περίπτωσης που εξέτασε το έργο MUNIN, με σκοπό την εκτίμηση των οικονομικών επιδόσεων των αυτόνομων πλοίων.



## 12.1 Μελέτες περίπτωσης για την αξιολόγηση του κόστους λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθεί λεπτομερώς το κόστος των αυτόνομων πλοίων σε δύο επιλεγμένες μελέτες περίπτωσης, όπως περιγράφηκαν στο έργο MUNIN. Η ανάλυση αυτή επικεντρώνεται, αρχικά, στο κόστος λειτουργίας ενός πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου και στη συνέχεια ενός πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η βιβλιογραφική έρευνα που διεξήχθη βασίστηκε σε 19 σχετικά έγγραφα που δημοσιεύτηκαν από το 2014 έως το 2020. (78)

Με βάση την πρώτη μελέτη περίπτωσης, δηλαδή το πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου, προέκυψαν ορισμένα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους (54%) καταλαμβάνει το κόστος ταξιδιού το οποίο σχετίζεται με την κατανάλωση καυσίμων και την αγκυροβολία σε λιμάνι. Έπειτα, ακολουθεί το κόστος κεφαλαίου με ποσοστό 26%, το οποίο σχετίζεται με την αυτόνομη τεχνολογία και τέλος είναι το λειτουργικό κόστος που καταλαμβάνει το 20% του συνολικού κόστους. Η απουσία πληρώματος σε ένα αυτόνομο πλοίο θα μειώσει τα έξοδα που αφορούν τους μισθούς του, αλλά και τα γενικά έξοδα του πληρώματος, όπως για παράδειγμα τον εξοπλισμό ασφαλείας. Όμως θα δημιουργήσει την ανάγκη για την ανάπτυξη και την λειτουργία του Κέντρου Ελέγχου Ξηράς, ένα κόστος που υπολογίστηκε στα 33.000 δολάρια ανά πλοίο τον χρόνο. Ένα πρόσθετο κόστος θα είναι και οι επισκευές που θα πραγματοποιούνται στα λιμάνια από το εξειδικευμένο πλήρωμα. Στον παρακάτω πίνακα, εμφανίζονται οι μεταβολές που εκτιμώνται ότι θα συμβούν στις δαπάνες ενός αυτόνομου πλοίου, σε σύγκριση με ένα συμβατικό πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου. (78)

**Πίνακας 14** : Κόστος λειτουργίας ενός αυτόνομου χύδην φορτηγού πλοίου (78)

<b>Operating Costs</b>	<b>Voyage Costs</b>	<b>Capital Costs</b>
Crew wages (-) <sup>1</sup>	Air resistance (-)	Deckhouse (-)
Crew related costs (-)	Light ship weight (-)	Hotel system (-)
Shore Control Centre (+)	Hotel system (-)	Redundant technical systems (+)
Maintenance crews (+)	Boarding crew for port calls (+)	Autonomous ship technology (+)

<sup>1</sup> Minus sign (-) represents a reduction of costs, plus (+) denotes an increase.

Με βάση την δεύτερη μελέτη περίπτωσης, δηλαδή το πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Η μείωση του πληρώματος, άρα και των χώρων διαβίωσης, εκτιμάται ότι θα μειώσει το κόστος κεφαλαίου ενός μικρού πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κατά περίπου 5%. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα, το πλοίο να μεταφέρει περισσότερα εμπορευματοκιβώτια, καθώς αναμένεται να αυξήσει έως και 20% τον χώρο για εμπορευματοκιβώτια. Η εισαγωγή των αυτόνομων πλοίων στον τομέα της ναυτιλίας συνεπάγεται την αύξηση της χρήσης αισθητήρων. Πιο συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι πρέπει τουλάχιστον να διπλασιαστούν τα κρίσιμα συστήματα, μαζί και με τα συστήματα επικοινωνίας και πλοήγησης, καθώς και να αυξηθεί η παροχή ενέργειας. Αυτή η αύξηση θα οδηγήσει σε μεγαλύτερο κόστος επενδύσεων και λειτουργίας. Επιπρόσθετα, το κέντρο ελέγχου ξηράς αναμένεται να χρειάζεται δύο εξειδικευμένους χειριστές ανά βάρδια. Το ποσοστό της αύξησης του κόστους επικοινωνίας παραμένει ασαφές, ωστόσο, εκτιμάται ότι θα υπάρξει έως και δεκαπλάσια αύξηση σε σύγκριση με τα συμβατικά πλοία. (78)

Ανακεφαλαιώνοντας, τα θέματα που θεωρούνται ανοικτά είναι το κόστος των ασφαλίσεων, το κόστος της κυβερνοασφάλειας και το κόστος των συστημάτων έκτακτης ανάγκης. Αυτά παραλήφθηκαν στη παραπάνω έρευνα, πιθανότατα εξαιτίας της απουσίας αξιόπιστων στοιχείων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψιν σε κάθε επόμενη μελέτη για την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων, καθώς μπορεί να έχουν μεγάλη επιρροή στην οικονομική σκοπιμότητα αυτού του εγχειρήματος. (78)

## Κεφάλαιο 13 : Απόφαση για υιοθέτηση μέτρων μείωσης του κινδύνου

Έπειτα από αρκετή μελέτη, είναι αναγκαίο να αποφασιστεί ποια από τα αντίμετρα που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο χρειάζεται να υιοθετηθούν, έτσι ώστε να συμβάλλουν στη μείωση ή ακόμα και την εξάλειψη των κινδύνων που συνοδεύουν τα αυτόνομα πλοία. Η απόφαση αυτή εξαρτάται από το κόστος αυτών των αντίμετρων. Όσο πιο μεγάλο είναι το κόστος μιας πρότασης, τόσο πιο δύσκολα θα υιοθετηθεί.

Τα μέτρα που προτάθηκαν αφορούν κυρίως τα τεχνολογικά μέσα για την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων. Τα μέτρα ελέγχου που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αποσκοπούν στο να αποδειχθεί πόσο σημαντική είναι η ύπαρξη, αλλά και η εφαρμογή αυτών των μέτρων στο τομέα της αυτόνομης ναυτιλίας.

Από την μεθοδολογία της εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνου για τα αυτόνομα πλοία διαπιστώθηκαν τα παρακάτω :

- Πραγματοποιήθηκε ένας ολοκληρωμένος προσδιορισμός των κινδύνων.
- Διαπιστώθηκε ακριβώς ποιοι τομείς μπορεί να επηρεαστούν από τους κινδύνους.
- Εξετάστηκαν όλες οι ενδεχόμενες πηγές κινδύνων σχετικά με την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων.
- Τα μέτρα που προτάθηκαν, είναι ικανά να μειώσουν τον κίνδυνο και να τον κάνουν ελεγχόμενο.

Επομένως, τα μέτρα που έχουν αποδεκτό κόστος και είναι αναγκαίο να υιοθετηθούν διότι θα περιορίσουν τους κινδύνους εμφανίζονται παρακάτω :

- Τήρηση των κανόνων για την περιορισμένη ναυσιπλοΐα. Είναι ένα υποχρεωτικό μέτρο για όλα τα πλοία που, όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται και στα αυτόνομα.
- Ακινητοποίηση του πλοίου ή αλλαγή πορείας προς το λιμάνι.

- Τοποθέτηση προβολέων ομίχλης για καλύτερη ορατότητα και τοποθέτηση εφεδρικών προβολέων ομίχλης σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργούν οι πρώτοι.
- Μη αναχώρηση του πλοίου αν τα όρια ευστάθειας του δεν είναι επιτρεπτά. Είναι ένα υποχρεωτικό μέτρο για όλα τα πλοία που, όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται και στα αυτόνομα.
- Τήρηση των επιτρεπτών ορίων θερμοκρασίας για τη σωστή λειτουργία των υπολογιστών. Είναι ένα υποχρεωτικό μέτρο για όλα τα πλοία που, όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται και στα αυτόνομα.
- Τοποθέτηση συστημάτων βιντεοεπιτήρησης (CCTV) και τοποθέτηση εφεδρικών τέτοιων συστημάτων σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργούν τα πρώτα.
- Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματης ανίχνευσης καπνού, συναγερμού και κατάσβεσης (χρήση CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) στα σημεία που χρειάζεται. Είναι ένα υποχρεωτικό μέτρο για όλα τα πλοία που, όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται και στα αυτόνομα.
- Χρήση μη εύφλεκτων και πυράντοχων υλικών στους χώρους του πλοίου. Είναι ένα υποχρεωτικό μέτρο για όλα τα πλοία που, όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται και στα αυτόνομα.
- Τήρηση κανόνων σχετικά με το φορτίο που φορτώνεται στο πλοίο και ζύγιση αυτού. Είναι ένα υποχρεωτικό μέτρο για όλα τα πλοία που, όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται και στα αυτόνομα.
- Συνεχείς υπολογισμοί και δοκιμές της ευστάθειας του πλοίου.
- Εκπαίδευση των χειριστών σχετικά με την αντιμετώπιση της κυβερνοεπίθεσης.
- Χρήση λογισμικού προστασίας από ιούς.
- Τακτικός έλεγχος των γνώσεων των χειριστών.
- Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση αν ένας από τους δυο δεν έχει εμπειρία.
- Ιδιαίτερη προσοχή στις προγραμματισμένες ενημερώσεις λογισμικού.
- Τήρηση ώρας ανάπαυσης σύμφωνα με την Σύμβαση Ναυτικής Εργασίας (MLC). Είναι ένα υποχρεωτικό μέτρο για όλα τα πλοία που, όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται και στα αυτόνομα.

- Χρήση δορυφορικών συστημάτων επικοινωνίας (HMI) και τοποθέτηση εφεδρικών συστημάτων HMI σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργούν τα πρώτα.
- Τοποθέτηση συστήματος διαχείρισης φορτίου (CCR) και τοποθέτηση εφεδρικού τέτοιου συστήματος σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το πρώτο.
- Αυτόματος συνεχής έλεγχος της συντήρησης του πλοίου (K-Chief 700)
- Χρήση συστήματος αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS,ANS) και τοποθέτηση εφεδρικών τέτοιων συστημάτων σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργούν τα πρώτα.
- Συνεχής χρήση συστήματος για την ανίχνευση της πορείας των άλλων πλοίων (ECDIS) και τοποθέτηση εφεδρικού τέτοιου συστήματος σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη ή δεν λειτουργεί το πρώτο.

Τα υπόλοιπα μέτρα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αλλά δεν αναφέρονται παραπάνω διαθέτουν πολύ υψηλό κόστος, με αποτέλεσμα να μην είναι αναγκαία η υιοθέτηση τους. Είναι γνωστό ότι η τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, επομένως είναι λογικό να αυξάνεται το κόστος χρήσης των τεχνολογικών αυτών μέσων. Αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι η τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων δεν έχει μια θέση στον τομέα της ναυτιλίας στα επόμενα χρόνια.

## Κεφάλαιο 14 : Επανυπολογισμός κινδύνου με βάση τα μέτρα ελέγχου

Αφού τεθεί σε εφαρμογή η εκτίμηση κινδύνου, θα πρέπει να παρακολουθείται ως προς την αποτελεσματικότητά της. Σε περίπτωση που υπάρξει κάποια αστοχία, ή δεν προκύψουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα θα πρέπει να επανεξετάζεται. Σε περίπτωση που μειωθεί ο αρχικός κίνδυνος αλλά δημιουργηθεί ένας νέος που δεν προϋπήρχε, πρέπει να πραγματοποιηθεί επανεκτίμηση των μέτρων ελέγχου.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα επαναυπολογιστεί ο δείκτης ρίσκου (risk reassessment), έως ότου ο κίνδυνος θεωρηθεί αποδεκτός. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με την μείωση της συχνότητας εμφάνισης ή/και της συνέπειας του κινδύνου, αφού ληφθούν υπόψιν τα μέτρα ελέγχου που προτάθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στις στήλες των δεικτών σοβαρότητας και συχνότητας, εμφανίζονται και οι αρχικές τιμές τους, δηλαδή πριν την υιοθέτηση των αντίμετρων.

**Πίνακας 15 :** Πίνακας επαναυπολογισμού δείκτη ρίσκου

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΡΙΣΚΟΥ
Χαμηλή ορατότητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τήρηση των κανόνων για την περιορισμένη ναυσιπλοΐα.</li> <li>Τοποθέτηση κατάλληλων περιβαλλοντικών αισθητήρων για την ανίχνευση των τοπικών συνθηκών (ASS).</li> </ul>	3→3	3→2	6
Αντίξοες καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ακινητοποίηση του πλοίου ή αλλαγή πορείας προς το λιμάνι.</li> <li>Τοποθέτηση προβολέων ομίχλης για καλύτερη ορατότητα.</li> </ul>	4→3	4→2	6
Σύγκρουση πλοίου με άλλο πλοίο	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση προβολέων ομίχλης για καλύτερη ορατότητα.</li> </ul>	4→3	3→2	6

Πρόσκρουση πλοίου σε στεριά, λιμάνι ή υποθαλάσσιο στερέο	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση συστήματος αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS).</li> <li>Συνεχής χρήση συστήματος για την ανίχνευση της πορείας των άλλων πλοίων (ECDIS).</li> <li>Χρήση δορυφορικού συστήματος (GMDSS) για άμεση σύνδεση με το Κέντρο Έρευνας και Διάσωσης.</li> </ul>	4→4	2→1	4
Αυξημένη κίνηση πλοίων	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση συστήματος αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS).</li> <li>Τήρηση των κανόνων για την περιορισμένη ναυσιπλοΐα.</li> </ul>	3→3	3→2	6
Απώλεια ευστάθειας πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συνεχής απομακρυσμένη παρακολούθηση της ευστάθειας του πλοίου (βύθισμα, διαγωγή, μετάκεντρο).</li> <li>Μη αναχώρηση του πλοίου αν τα όρια ευστάθειας του δεν είναι επιτρεπτά.</li> <li>Τοποθέτηση συστήματος καταγραφής συμβάντων στο μηχανικό μέρος του πλοίου (EDL).</li> </ul>	2→2	3→2	4
Αποτυχία επικοινωνίας με αρμόδιες αρχές/πλοία στη περιοχή	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τήρηση των επιτρεπτών ορίων θερμοκρασίας για τη σωστή λειτουργία των υπολογιστών.</li> <li>Χρήση δορυφορικών συστημάτων επικοινωνίας (HMI).</li> <li>Χρήση εφεδρικών συστημάτων επικοινωνίας και μετάδοσης δεδομένων.</li> </ul>	3→3	3→2	6
Αποτυχία στη μετάδοση δεδομένων		3→3	3→2	6
Διακοπή της σύνδεσης επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου		4→3	3→2	6
Πυρκαγιά / Πλημμύρα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση συστημάτων βιντεοεπιτήρησης (CCTV).</li> <li>Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματης ανίχνευσης καπνού, συναγερμού και</li> </ul>	5→3	3→2	6

	<p>κατάσβεσης (χρήση CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) στα σημεία που χρειάζεται.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση μη εύφλεκτων και πυράντοχων υλικών στους χώρους του πλοίου.</li> <li>Συνεχής έλεγχος των σεντινών, των αντλιών υδροσυλλεκτών θαλάσσης.</li> </ul>			
Διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση εφεδρικού συστήματος παροχής ρεύματος (UPS).</li> </ul>	4→3	3→2	6
Βλάβη της πρόωσης ή του συστήματος διεύθυνσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματης παρακολούθησης βαλβίδων (VRCS), δεξαμενών, σωλήνων και φρακτών.</li> <li>Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματου ελέγχου των μηχανών (AEMC).</li> <li>Χρήση συστημάτων ανίχνευσης βλάβης από απόσταση (VDR).</li> <li>Τοποθέτηση συστημάτων εφεδρείας.</li> </ul>	3→3	3→2	6
Βλάβη στον εξοπλισμό του πλοίου		2→2	3→2	4
Βλάβη στον εξοπλισμό πρόσδεσης και αγκυροβολίας		3→3	2→1	3
Βλάβη ή αστοχία αισθητήρων	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση καλών αισθητήρων, έτσι ώστε να συνεχίσουν κανονικά οι υπόλοιπες λειτουργίες του πλοίου (ASS).</li> <li>Τοποθέτηση εφεδρικών αισθητήρων.</li> </ul>	3→3	3→2	6
Υπερφόρτωση του πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση συστήματος διαχείρισης φορτίου (CCR).</li> <li>Τήρηση κανόνων σχετικά με το φορτίο που φορτώνεται στο πλοίο και ζύγιση αυτού.</li> </ul>	4→4	2→1	4
Απώλεια ευστάθειας πλοίου λόγω μετατόπισης του φορτίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συνεχείς υπολογισμοί και δοκιμές της ευστάθειας του πλοίου.</li> <li>Τοποθέτηση συστήματος διαχείρισης φορτίου (CCR).</li> </ul>	4→3	3→2	6



Παρεμβολή ή αλλοίωση των σημάτων του AIS ή του GPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση συστήματος εκπομπής σήματος κινδύνου (SSAS) όταν ανιχνευτεί κίνδυνος πειρατικής ή τρομοκρατικής επίθεσης.</li> <li>Τοποθέτηση εναλλακτικών συστημάτων εκτίμησης θέσης του πλοίου (VDR).</li> </ul>	3→3	3→2	6
Παρεμβολή ή αλλοίωση της επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου ή τις αρμόδιες αρχές	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εκπαίδευση των χειριστών σχετικά με την αντιμετώπιση της κυβερνοεπίθεσης.</li> <li>Χρήση λογισμικού προστασίας από ιούς.</li> </ul>	3→3	3→2	6
Υποκλοπή δεδομένων		4→3	3→2	6
Εσκεμμένη βλάβη στο πλοίο και τον εξοπλισμό του	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση συστήματος εκπομπής σήματος κινδύνου (SSAS) όταν ανιχνευτεί κίνδυνος πειρατικής ή τρομοκρατικής επίθεσης.</li> </ul>	4→3	3→2	6
Απόπειρα μη εξουσιοδοτημένης επιβίβασης στο πλοίο	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εκπαίδευση των χειριστών σχετικά με την αντιμετώπιση της κυβερνοεπίθεσης.</li> </ul>	4→3	3→2	6
Έλλειψη εμπειρίας και ευχρηστίας των αυτοματοποιημένων λειτουργιών	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τακτικός έλεγχος των γνώσεων των χειριστών.</li> <li>Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση αν ένας από τους δυο δεν έχει εμπειρία.</li> </ul>	1→1	3→2	2
Σφάλμα στη συντήρηση του πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αυτόματος συνεχής έλεγχος της συντήρησης του πλοίου (K-Chief 700).</li> <li>Χρήση προγράμματος που διασφαλίζει ότι όλα τα συστήματα παραμένουν λειτουργικά ανά πάσα στιγμή.</li> <li>Ιδιαίτερη προσοχή στις προγραμματισμένες ενημερώσεις λογισμικού.</li> </ul>	3→3	3→2	6
Υπερβολική εμπιστοσύνη ή δυσπιστία στα συστήματα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τακτικός έλεγχος των γνώσεων των χειριστών.</li> <li>Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση σε αντίξοες συνθήκες.</li> </ul>	3→3	3→2	6

Έλλειψη και υποβάθμιση των δεξιοτήτων σε δύσκολες καιρικές συνθήκες	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εκπαίδευση των χειριστών σχετικά με τα συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου και υποστήριξης (RMSS).</li> <li>Τακτικός έλεγχος των γνώσεων των χειριστών.</li> <li>Ύπαρξη δυο χειριστών στην ίδια θέση σε αντίξοες συνθήκες.</li> </ul>	3→3	3→2	6
Τυπογραφικά λάθη κατά την διάρκεια των εργασιών ανάπτυξης του λογισμικού	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση αξιόπιστου συστήματος που να απομονώνει τις αστοχίες και να επιτρέπει στο υπόλοιπο σύστημα να λειτουργεί κανονικά.</li> </ul>	3→3	2→1	3
Απροσεξία κατά την διάρκεια της κωδικοποίησης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διπλή επαλήθευση κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του λογισμικού.</li> </ul>	3→3	2→1	3
Περιορισμένη γνώση των τοπικών συνθηκών	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθέτηση κατάλληλων περιβαλλοντικών αισθητήρων για την ανίχνευση των τοπικών συνθηκών (ASS).</li> </ul>	4→3	3→2	6
Περιορισμένη συνειδητοποίηση της κατάστασης λόγω της μειωμένης αίσθησης του πλοίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (AIS).</li> <li>Εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου και υποστήριξης (RMSS).</li> <li>Εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα ηλεκτρονικής απεικόνισης χαρτών (ECDIS).</li> </ul>	4→3	3→2	6
Άγχος, κόπωση και έλλειψη ξεκούρασης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τήρηση ώρας ανάπαυσης σύμφωνα με την Σύμβαση Ναυτικής Εργασίας (MLC).</li> </ul>	4→3	2→2	6
Υπερφόρτωση πληροφοριών λόγω της πληθώρας των υπό έλεγχο πλοίων και των αισθητήρων τους	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση συστήματος που να απομονώνει τα πλοία και την πορεία τους.</li> <li>Σωστή χρήση των συστημάτων απομακρυσμένου ελέγχου από τους χειριστές στο κέντρο ελέγχου ξηράς.</li> </ul>	4→2	3→2	4

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, έπειτα από την υιοθέτηση των μέτρων ελέγχου, κανένας κίνδυνος δεν θεωρείται υψηλός ή κρίσιμος. Πιο συγκεκριμένα, ισχύει ότι  $R < 8$ . Αυτό σημαίνει ότι οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν από την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων μπορούν να μετριαστούν μέσω της λήψης των απαραίτητων μέτρων.

## Κεφάλαιο 15 : Συμπεράσματα και Προτάσεις

### 15.1 Συμπεράσματα

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να παρουσιαστούν οι κίνδυνοι που αφορούν τα αυτόνομα πλοία στο τομέα της ναυτιλίας. Μέσα από την ανάλυση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, προσδιορίστηκαν οι κίνδυνοι αυτοί καθώς και ορισμένες προτάσεις μείωσης τους. Η συγκεκριμένη θεωρητική έρευνα επικεντρώθηκε γύρω από τους εξής τομείς : τεχνολογία και ασφάλεια.

Αρχικά, όσον αφορά την τεχνολογία των μη επανδρωμένων πλοίων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν αρκετά τεχνολογικά μέσα για την επίτευξη και την υλοποίηση αυτής της ιδέας. Η μεγαλύτερη πρόκληση, όμως, είναι να συνδυαστούν αυτά τα μέσα με τέτοιο τρόπο ώστε να συμβάλλουν σε μια πιο ασφαλή και οικονομική λύση για τη ναυτιλία. Μέχρι στιγμής, χρειάζεται αρκετός χρόνος για να δοκιμαστεί η ιδέα αυτή και να είναι έτοιμη να υιοθετηθεί με σκοπό τη λειτουργία των αυτόνομων πλοίων.

Μια επιπλέον μεγάλη πρόκληση που προκύπτει από την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων είναι η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν από τις επιθέσεις στα συστήματα των αυτόνομων πλοίων προκαλούν μεγάλη ανησυχία στους πλοιοκτήτες, αλλά και το ευρύ κοινό. Καθώς τα αυτόνομα πλοία θα παρακολουθούνται απομακρυσμένα από ένα κέντρο ελέγχου, είναι απαραίτητο να είναι εξοπλισμένα με υψηλής ποιότητας συστήματα επικοινωνίας μεταξύ του πλοίου και της ακτής. Επομένως, για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι κυβερνοεπίθεσης, ώστε να εξασφαλιστεί ο τρόπος προστασίας ή αντιμετώπισης τους.

Στη παρούσα μελέτη, επεξηγήθηκαν αναλυτικά διάφοροι όροι με σκοπό να γίνει κατανοητή η έννοια του αυτόνομου πλοίου. Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε μια αξιολόγηση κινδύνων που βασίζεται στην λειτουργία αυτών των πλοίων. Η συμβολή της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγκειται στα παρακάτω σημεία :

- Βιβλιογραφική ανασκόπηση της λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων
- Αναλυτική παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου των αυτόνομων πλοίων
- Εντοπισμός πιθανών κινδύνων από την υλοποίηση της ιδέας της αυτόνομης ναυτιλίας
- Εκτίμηση συχνότητας εμφάνισης των ενδεχόμενων κινδύνων
- Καθορισμός και υιοθέτηση τρόπων αντιμετώπισης των κινδύνων, με σκοπό τον περιορισμό ή την εξάλειψή τους

Είναι αρκετά δύσκολο να προβλεφθεί εάν η αυτονομία στον τομέα της ναυτιλίας θα περιορίσει σε μεγάλο βαθμό τα ατυχήματα που συμβαίνουν στην θάλασσα. Όμως, το γεγονός ότι δεν θα υπάρχουν πλέον επιβαίνοντες στα αυτόνομα πλοία θα εξαλείψει τον αριθμό των ανθρώπων που χάνουν την ζωή τους στη θάλασσα και ως εκ τούτου θα αυξήσει την ασφάλεια στη ναυτιλία. Ωστόσο, το να μην υπάρχουν επιβαίνοντες στο πλοίο δεν αποτελεί τη βέλτιστη λύση για το μέλλον. Παρ' όλα αυτά, ολοένα και περισσότερα πλοία εκτιμάται ότι θα μειώσουν τον αριθμό των μελών τους σε βάθος χρόνων. Αυτό θα συμβεί διότι ένα αυτόνομο πλοίο θα προσφέρει πληθώρα δυνατοτήτων στον τομέα της ναυτιλίας.

Από την άλλη πλευρά, όμως, προκύπτουν διάφορα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να θεωρηθούν τα αυτόνομα πλοία ασφαλή και αποδοτικά μέσα μεταφοράς. Η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία και για αυτό τον λόγο είναι σημαντικό να προβλέπονται μελλοντικές αστοχίες. Επομένως, για μια τόσο καινοτόμο τεχνολογία, όπως αυτή των αυτόνομων πλοίων, είναι απαραίτητη η πληροφόρηση για τους κινδύνους που ελλοχεύουν.

Με βάση την μελέτη που πραγματοποιήθηκε, είναι ευλογοφανές ότι οι κίνδυνοι για τα μη επανδρωμένα πλοία θα είναι στο μέλλον λιγότεροι από ό, τι για τα επανδρωμένα, αλλά αυτό δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί την παρούσα στιγμή. Είναι αρκετά δύσκολο για τη ναυτιλία και τους ανθρώπους που ανήκουν στον τομέα αυτό να εμπιστευτούν μία τόσο καινοτόμο και επαναστατική τεχνολογία. Επιπλέον, είναι δύσκολο να τροποποιηθεί τόσο σημαντικά το επάγγελμα του ναυτικού.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση το επάγγελμα αυτό δεν θα «εξαφανιστεί» αλλά θα αναδιαμορφωθεί. Τέλος, όσον αφορά την οικονομική βιωσιμότητα των αυτόνομων πλοίων, δεν υπάρχουν σαφή δεδομένα αλλά μόνο υποθέσεις.

Ανακεφαλαιώνοντας, τα αυτόνομα πλοία αποτελούν μία πρόκληση που θα απασχολήσει μελλοντικά σε μεγάλο βαθμό τη ναυτιλία. Η υιοθέτηση της ιδέας για την λειτουργία των μη επανδρωμένων πλοίων θα είναι σταδιακή και θα πραγματοποιηθεί έπειτα από συλλογική προσπάθεια. Από τις προκλήσεις που αναφέρθηκαν στην παρούσα έρευνα, καμία δεν θεωρείται ακατόρθωτη, όμως απαιτείται αρκετός χρόνος και δοκιμές για να γίνει η αυτόνομη ναυτιλία πραγματικότητα.

Η τεχνολογία των μη επανδρωμένων πλοίων αποτελεί μια καινοτόμο ιδέα για την μελλοντική ναυτιλιακή βιομηχανία που θα αποφέρει σημαντικά οφέλη, κυρίως στη βιώσιμη ανάπτυξη. Μέσα στα επόμενα χρόνια, είναι σημαντικό να διερευνηθούν εκτενέστερα τα οφέλη των αυτόνομων πλοίων, υιοθετώντας λύσεις και προτάσεις που αφορούν νομικά θέματα και αλλαγές για την εξάλειψη των προκλήσεων που συνοδεύουν τα μη επανδρωμένα σκάφη.

## 15.2 Προτάσεις

Η παρούσα έρευνα είναι βασισμένη στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και στη θεωρητική προσέγγιση της ιδέας των αυτόνομων πλοίων. Μελετώντας το συγκεκριμένο εγχείρημα, προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπάρχουν αρκετά ερωτηματικά σε σχέση με την κατασκευή, την λειτουργία και την ασφάλεια των μη επανδρωμένων πλοίων. Συνεπώς, χρειάζεται αρκετή μελέτη και έρευνα, έτσι ώστε να μπορέσει η αυτόνομη ναυτιλία να μην είναι πια μια ιδέα αλλά να γίνει πραγματικότητα.

Η παρούσα βιβλιογραφική προσέγγιση θα μπορούσε να αποτελέσει την αρχή για περαιτέρω έρευνα, καθώς υπάρχει ανάγκη να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο για τη διαχείριση κινδύνων στην αυτόνομη ναυτιλία. Παρακάτω, θα αναφερθούν διάφορες προτάσεις που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψιν, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί έρευνα γύρω από τον τομέα της αυτόνομης ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία, οι οργανισμοί πρέπει να είναι προετοιμασμένοι για ενδεχόμενους κινδύνους που σχετίζονται με την κυβερνοασφάλεια, τις παραβιάσεις δεδομένων, την τεχνητή νοημοσύνη και την αυτονομία. Οι μελλοντικές έρευνες για τη διαχείριση κινδύνων θα περιλαμβάνουν την δημιουργία δυναμικών στρατηγικών για την αντιμετώπιση αυτών των κινδύνων και τη διασφάλιση της ασφαλούς χρήσης της αυτόνομης τεχνολογίας.

Ένα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας θα ήταν κατά πόσο η χρήση των αυτόνομων συστημάτων στα μη επανδρωμένα πλοία θα συνέβαλε στην εξάλειψη των κινδύνων που συνοδεύουν το πλοίο.

Επίσης, καθοριστική θα ήταν και η μελέτη των επιπτώσεων στην οικονομία, με βάση την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων.

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή συστημάτων που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεί μια ακόμη ενδιαφέρουσα πρόταση για μελλοντική έρευνα.

Αυτό συμβαίνει διότι η τεχνολογία πρέπει να εξελίσσεται ανάλογα με τις ανάγκες του περιβάλλοντος και να ανακαλύπτονται αποδοτικές λύσεις που στοχεύουν στην προστασία του πλανήτη γενικότερα.

Η ανάλυση του αντίκτυπου της λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων στο μέλλον θα αποτελούσε μια υψίστης σημασίας έρευνα, τόσο γύρω από θέματα που αφορούν το ναυτικό και την εργασία του, όσο γύρω από θέματα που αφορούν το περιβάλλον.

Για μελλοντική έρευνα, θα ήταν ωφέλιμο να πραγματοποιηθεί ανάλυση των αυτόματων συστημάτων των μη επανδρωμένων πλοίων. Η ανάλυση αυτή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί τόσο στα συστήματα που έχουν υλοποιηθεί, όσο και σε αυτά που δεν έχουν.

Επιπρόσθετα, καθοριστική θα ήταν και μια δομημένη ανάλυση για την λειτουργία κι άλλων τύπων αυτόνομων πλοίων εκτός από τα εμπορικά. Με αυτή την έρευνα, θα συγκρίνονταν τα πλεονεκτήματα όλων των τύπων αυτόνομων πλοίων και στο τέλος θα εντοπιζόνταν ακριβώς οι ωφέλιμες εφαρμογές του καθενός.

Τέλος, με γνώμονα ότι αρκετές χώρες έχουν ήδη ενδιαφερθεί για τα αυτόνομα πλοία και την τεχνολογία τους, θα ήταν αρκετά ενδιαφέρον αν συμμετείχε και η Ελλάδα σε αυτό το εγχείρημα. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν κέντρα έρευνας στα Πανεπιστήμια της Ελλάδας, τα οποία σε συνεργασία με ναυτιλιακές εταιρίες θα πρόσθεταν την πινελιά τους στον τομέα της αυτόνομης ναυτιλίας.



## Κεφάλαιο 16 : Βιβλιογραφία

1. IMO. [Ηλεκτρονικό] <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>.
2. Innovation News Network. Innovation News Network. [Ηλεκτρονικό] 19 Αύγουστος 2020. <https://www.innovationnewsnetwork.com/the-benefits-of-autonomous-shipping-technologies/6531/>.
3. Callum O Brien. Safety 4 Sea. [Ηλεκτρονικό] 21 Σεπτέμβριος 2018. <https://safety4sea.com/key-advantages-and-disadvantages-of-ship-autonomy/>.
4. MARPRO. [Ηλεκτρονικό] 15 Φεβρουάριος 2023. <https://maritime-professionals.com/how-autonomous-ships-are-revolutionizing-the-maritime-industry/#:~:text=Improved%20efficiency%20and%20safety%3A%20Autonomous,t he%20possibility%20of%20human%20error.>
5. EENMA. [Ηλεκτρονικό] 1 Απρίλιος 2019. <https://www.shortsea.gr/plia-choris-pliroma-unmanned-vessels/>.
6. *Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective*. Burmeister, Hans-Christoph; Bruhn, Wilko; Rodseth, Ørnulf Jan; Porathe, Thomas. 2014.
7. *Waterborne Implementation Plan : Issue*. Waterborne TP. 2011.
8. The Autonomous Ship. [Ηλεκτρονικό] <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomus-ship/>.
9. BSSC. [Ηλεκτρονικό] [https://balticcluster.pl/?page\\_id=7867](https://balticcluster.pl/?page_id=7867).
10. DNV. ReVolt. [Ηλεκτρονικό] <https://www.dnv.no/karriere/employee-stories/interview-articles/revolt.html#>.
11. AAWA. [Ηλεκτρονικό] [https://www.rolls-royce.com/~/\\_media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf](https://www.rolls-royce.com/~/_media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf).

12. Ship Technology. YARA Birkeland Autonomous Container Vessel. [Ηλεκτρονικό] 5 Οκτωβρίου 2017. <https://www.ship-technology.com/projects/yara-birkeland-autonomous-container-vessel/?cf-view&cf-closed>.
13. YARA. [Ηλεκτρονικό] <https://www.yara.com/corporate-releases/yara-to-start-operating-the-worlds-first-fully-emission-free-container-ship/>.
14. [Ηλεκτρονικό] <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>.
15. *INTERIM GUIDELINES FOR MASS TRIALS-MSC.1/Circ.1604*. IMO. 2019.
16. Λελεδάκης Γ. *Ανάλυση και Διαχείριση Χαρτοφυλακίου*. σ.λ.: Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2007.
17. Τριανταφυλλίδη, Λεξικό. [Ηλεκτρονικό] [https://www.greek-language.gr/greekLang/modern\\_greek/tools/lexica/triantafyllides/search.html?lq=%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%82&dq=](https://www.greek-language.gr/greekLang/modern_greek/tools/lexica/triantafyllides/search.html?lq=%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%82&dq=).
18. Μπαμπινιώτης. Λεξικό. [Ηλεκτρονικό] <https://users.sch.gr/galexiad/files/lexika/babiniotis.pdf>.
19. Ινστιτούτο Διαχείρισης Μετεωρολογικών Ερευνών και Καταστροφών. [Ηλεκτρονικό] <https://idimek.gr/%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%83/>.
20. Chicken, John και Posner, Tamar. *The Philosophy of Risk*. σ. 7.
21. Ζαπράνης, Αχιλλέας. *Διαχείριση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων με το Matlab*. 2009.
22. [Ηλεκτρονικό] <https://www.unison.org.uk/get-help/knowledge/health-and-safety/risk-assessment/#:~:text=A%20risk%20assessment%20is%20the,harm%20to%20employees%20and%20visitors>.

23. [Ηλεκτρονικό] <https://www.britsafe.org/training-and-learning/informational-resources/risk-assessments-what-they-are-why-they-re-important-and-how-to-complete-them>.
24. Τίγκας, Ιωάννης. Σημειώσεις μαθήματος "Εκτίμηση και Διαχείριση Κινδύνου στη Ναυτιλία".
25. [Ηλεκτρονικό] <https://www.safeopedia.com/definition/5005/checklist-analysis-cla>.
26. Haugen, Stein και Rausand, Marvin . Risk Assessment : HAZOP. [Ηλεκτρονικό] <https://www.ntnu.edu/documents/624876/1277591044/chapt09-hazop.pdf/9e85796d-dc7f-41f8-9f04-9e13a4ce3893#:~:text=What%20is%20HAZOP%3F,or%20prevent%20e%20icient%20operation..>
27. [Ηλεκτρονικό] <https://sigma-hse.com/news-insights/hazid-hazop-differences/>.
28. Shipping, American Bureau of. RISK ASSESSMENT APPLICATIONS FOR THE MARINE AND OFFSHORE INDUSTRIES. 2000.
29. Bureau Veritas. *Guidelines for Autonomous Shipping*. 2019.
30. [Ηλεκτρονικό] <https://proactima.com/counsel-and-analysis/analysis/hazard-identification-hazid-2/?lang=en>.
31. *Risk assessment of the operations of maritime autonomous surface ships*. Chang, Chia-Hsun, και συν. 2021.
32. *A novel risk assessment process : Application to an autonomous inland*. Bolbot, Victor , και συν.
33. Ιωάννης Τίγκας. Εκτίμηση και Διαχείριση Κινδύνου στη Ναυτιλία. [Ηλεκτρονικό] 2020. <https://eclass.uniwa.gr/courses/NA237/>.
34. Wróbel, Krzysztof, Montewka, Jakub και Kujala, Pentti. Towards the development of a system-theoretic model for safety assessment of autonomous merchant vessels. s.l. : Reliability Engineering and System Safety, 2018.

35. Kwangil Lee, Ørnulf Jan Rødseth. [Ηλεκτρονικό] SINTEF Academic Press, 2019. <http://hdl.handle.net/11250/2599019>.
36. *Human factors challenges in unmanned ship operations-insights from other domains*. Wahlstrom M, Hakulinen J, Karvonen H, Lindborg I. s.l.: Procedia Manufacturing, 2015.
37. *Situation Awareness in Remote Control Centres for Unmanned Ships*. Yemao Man, Monica Lundh, Thomas Porathe. 2014 .
38. ABS. *RISK ASSESSMENT APPLICATIONS FOR THE MARINE AND OFFSHORE INDUSTRIES*. 2020.
39. [Ηλεκτρονικό] <http://www.bluefrontcapital.com/assessing-risk-using-historical-data/>.
40. Zhang, Wenjun και Zhang, Yingjun. Navigation Risk Assessment of Autonomous Ships Based on Entropy—TOPSIS—Coupling Coordination Model. 2023.
41. *REVISED GUIDELINES FOR FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA)*. IMO. 2018.
42. *Cyber-attacks against the autonomous ship*. Kavallieratos, Georgios , Katsikas, Sokratis και Gkioulos, Vasileios . 2019.
43. *Communication architecture for autonomous passenger ship*. Amro, Ahmed , Gkioulos, Vasileios και Katsikas, Sokratis . 2021.
44. Bhattacharjee, Shilavadra. Voyage Data Recorder (VDR) on a Ship Explained. [Ηλεκτρονικό] 2019. <https://www.marineinsight.com/guidelines/voyage-data-recorder-on-a-ship-explained/>.
45. [Ηλεκτρονικό] <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/204581828-What-is-the-Automatic-Identification-System-AIS>.
46. [Ηλεκτρονικό] <https://shipping.nato.int/nsc/operations/news/2021/ais-automatic-identification-system-overview>.

47. *Information and communication technologies in shipping industry*. Linardatos, D. , και συν. s.l. : Stamoulis, 2011.
48. *Munin d5.2: Process map for autonomous navigation*. Bruhn, W. , και συν. 2013.
49. *The Guidelines on Cyber Security Onboard Ships*. BIMCO. 2016.
50. [Ηλεκτρονικό] <https://www.hikvision.com/europe/solutions/solutions-by-industry/maritime/>.
51. [Ηλεκτρονικό] <https://www.deutsche-flagge.de/en/safety-and-security/isps/ssas/ssas>.
52. *MUNIN D8.6: Final Report: Autonomous Bridge*. Burmeister, H.-C. , και συν. 2015.
53. *The Future of Work at Sea: Designing Human-Machine Interfaces for Autonomous Vessels*. [Ηλεκτρονικό] <https://thetius.com/the-future-of-work-at-sea-designing-human-machine-interfaces-for-the-maritime-industry/#:~:text=An%20HMI%20System%20will%20provide,receive%20feedback%20on%20those%20actions..>
54. [Ηλεκτρονικό] <https://www.maseurope.com/project-solutions/marine/maneuvering-systems/>.
55. [Ηλεκτρονικό] <https://www.kongsberg.com/maritime/products/engines-engine-room-and-automation-systems/automation-safety-and-control/vessel-automation-k-chief/integrated-marine-automation-system-k-chief-700/#technicalInformation>.
56. [Ηλεκτρονικό] <https://www.galanos.gr/product-category/impa-issa-marine-stores/navigation-lights-solar-powered/>.
57. [Ηλεκτρονικό] <https://www.boatus.com/expert-advice/expert-advice-archive/2017/june/do-you-really-need-ais#:~:text=Average%20cost%20is%20in%20the%20%241%2C000%20range..>
58. [Ηλεκτρονικό] <https://marinesparesbd.com/products/ecdis-2000-electronic-chart-display-and-information-system-p-n->

deb00210?variant=40502593945779&currency=USD&utm\_medium=product\_sync  
&utm\_source=google&utm\_content=sag\_organic&utm\_campaign=sag\_organic&  
gad\_source=1&gclid=C.

59. [Ηλεκτρονικό] <https://www.lambdamarine.com/SeaPro-Professional-Electronic-Chart-System-p/en01.00005.htm>.

60. [Ηλεκτρονικό] <https://www.indiamart.com/proddetail/electronic-chart-display-and-information-system-23080064562.html>.

61. [Ηλεκτρονικό] <https://www.radiotrader.ie/shop/marine/icom-gm800-gmds-mf-hf-transceiver-with-class-a-dsc-and-at141-automatic-antenna-tuner.htm?srsId=AfmBOoolspfx3v8AePeD2FPIQO2mApRkdjzH8TKfD76YpoUdUgmJlVfHfSc>.

62. [Ηλεκτρονικό] [https://www.tradeinn.com/waveinn/gr/iridium-everywhere-certus-lt-3100s-gmdss-%CE%A4%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%9A%CE%B1%CF%80%CE%AC%CE%BA%CE%B9/140619685/p?utm\\_source=google\\_products&utm\\_medium=merchant&id\\_producte=142275286&count](https://www.tradeinn.com/waveinn/gr/iridium-everywhere-certus-lt-3100s-gmdss-%CE%A4%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%9A%CE%B1%CF%80%CE%AC%CE%BA%CE%B9/140619685/p?utm_source=google_products&utm_medium=merchant&id_producte=142275286&count).

63. [Ηλεκτρονικό] <https://www.digikey.gr/en/products/filter/human-machine-interface-hmi/946?s=N4lgrCBcoA5QTAGhDOI5gL6aA>.

64. [Ηλεκτρονικό] <https://www.indiamart.com/proddetail/human-machine-interface-12955919691.html?pos=4>.

65. [Ηλεκτρονικό] <https://taun-tech.co.uk/cctv-installation-cost/#:~:text=The%20average%20cost%20of%20an,of%20cameras%2C%20HD%20quality%20etc.&text=Summary%20of%20prices%20for%20CCTV%20Camera%20Systems..>

66. [Ηλεκτρονικό] <https://www.indiamart.com/proddetail/water-mist-system-high-medium-low-pressure-system-26426826448.html?pos=1>.

67. [Ηλεκτρονικό] <https://nitrogen-generators.com/nitrogen-generator-price/>.

68. [Ηλεκτρονικό] [https://it-planet.com/en/p/apc-woe2yr-px-74-382901.html?number=2398956000.1&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw-\\_mvBhDwARIsAA-Q0Q6lyE7yprxFuCITNVkjbJYtfaQdYrfvwaBywuxwj4qRGMMQq1GvVE1EaAojisEALw\\_wcB](https://it-planet.com/en/p/apc-woe2yr-px-74-382901.html?number=2398956000.1&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw-_mvBhDwARIsAA-Q0Q6lyE7yprxFuCITNVkjbJYtfaQdYrfvwaBywuxwj4qRGMMQq1GvVE1EaAojisEALw_wcB).
69. [Ηλεκτρονικό] <https://www.somersetpowersystems.com/shop/liebert-610t-500-kva-ups-system/>.
70. [Ηλεκτρονικό] [https://www.marinedeal.com/Voyage\\_Data\\_Recorder\\_s/4840.htm](https://www.marinedeal.com/Voyage_Data_Recorder_s/4840.htm).
71. [Ηλεκτρονικό] <https://www.indiamart.com/proddetail/svdr-simplified-voyage-data-recorder-nsr-marine-nvr-9000s-22119411412.html>.
72. [Ηλεκτρονικό] <https://www.bossgoo.com/product-detail/new-products-cargo-control-console-for-62981284.html>.
73. [Ηλεκτρονικό] <https://www.vc3.com/blog/managed-cyber-security-services-cost#:~:text=Minimum%20costs%20for%20outsourced%20cybersecurity,user%20%20including%20support%20and%20maintenance..>
74. [Ηλεκτρονικό] <https://dptrainingsolutions.com/product/k-chief-700-dp-maintenance/>.
75. [Ηλεκτρονικό] <https://candrone.com/blogs/news/the-real-cost-of-starting-a-lidar-drone-business>.
76. [Ηλεκτρονικό] <https://www.marinesuperstore.com/gps-radar/radar-scanners>.
77. [Ηλεκτρονικό] <https://www.bme.net.au/shop/marine-electronics/radars/furuno-drs6ax-radar-sensor/>.
78. *Costs and Benefits of Autonomous Shipping—A Literature Review*. Ziajka-Poznanska, Ewelina και Montewka, Jakub. s.l. : José A. Orosa and Salman Nazir, 2021.

79. IMO. Guidelines on the Configuration of the Reserve Source or Sources of Energy Used to Supply Radio Installations on GMDSS Ships. *Annex 3 - Uninterruptable Power Supplies (UPS)*. 1998.

80. Valkeejärvi, Kari. The ship' s electrical network, engine control and automation. s.l. : Wärtsilä Corporation.

81. [Ηλεκτρονικό] <https://www.lambdamarine.com/SeaPro-Professional-Electronic-Chart-System-p/en01.00005.htm>.

82. Σημειώσεις μαθήματος The contribution of human performance, which has its roots in human and.