

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ



**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ:**

**AUTONOMOUS, REMOTELY OPERATED SHIPS, THE EFFECTS IN  
THE OPERATIONAL MANAGEMENT OF SHIPS**

**ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ (STT16023)**

Αριθμός Μητρώου: 2212016023

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΗΤΑΣ ΝΙΚΗΤΑΚΟΣ**

Χίος, Φεβρουάριος 2023

# **UNIVERSITY OF THE AEGEAN**



**SCHOOL OF BUSINESS STUDIES  
Dept. of Shipping, Trade and Transport**

**MASTER THESIS**

**SUBJECT:**

**AUTONOMOUS, REMOTELY OPERATED SHIPS, THE EFFECTS IN  
THE OPERATIONAL MANAGEMENT OF SHIPS**

**GEORGOULIS STYLIANOS (STT16023)**

**Registration Number: 2212016023**

**SUPERVISOR PROFESSOR: NIKITAKOS NIKITAS**

**Chios, February 2023**

## Περίληψη

Η αυτόνομη ναυτιλία βρίσκεται στην ατζέντα της ναυτιλιακής βιομηχανίας την τελευταία δεκαετία και τώρα είναι πιο κοντά στο να γίνει πραγματικότητα από ποτέ. Αν και είναι τεχνικά δυνατή η αυτοματοποίηση των πλοίων με τις εξελίξεις στις αυτόνομες τεχνολογίες τα τελευταία χρόνια, η αποτελεσματική χρήση των θαλάσσιων αυτόνομων σκαφών επιφανείας (MAAS) εξαρτάται από την κάλυψη των ειδικών επιχειρησιακών αναγκών του πλοίου. Επιπλέον, τα αυτόνομα σκάφη πρέπει να παρέχουν σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, πλεονεκτήματα ασφάλειας και διαλειτουργικότητας, ώστε να καταστεί δυνατή η μετάβαση στην αυτονομία.

Αυτή η μελέτη παρέχει μια λεπτομερή αξιολόγηση των λειτουργικών βελτιώσεων, των πιθανών συνεπειών και των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στη ναυτιλιακή βιομηχανία με την έλευση του Maas. Επιπλέον, αξιολογούμε τους μηχανισμούς που θα διασφαλίσουν την εφαρμογή της αυτόνομης διαλειτουργικότητας πλοίων-λιμένων. Στο πλαίσιο αυτό, η μελέτη εξετάζει τη μετάβαση στη MASS λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της αποδοχής του MASS. Τα συμπεράσματα αυτής της μελέτης αναδεικνύουν τα προβλήματα ναυσιπλοΐας που αντιμετωπίζουν οι λιμενικές περιοχές και τις προκλήσεις που σχετίζονται με τις μαζικές λιμενικές αλληλεπιδράσεις κατά τη μεταφορά φορτίων. Τα ευρήματα αυτής της έρευνας αναμένεται να βοηθήσουν τις προσπάθειες για την επιτυχή εφαρμογή αυτόνομων συστημάτων στην αλυσίδα των θαλάσσιων μεταφορών.

Λέξεις κλειδιά: Αυτόνομη ναυτιλία, Ασφάλεια ναυσιπλοΐας, λιμενικές λειτουργίες, ναυτικούς, τον καταλογισμό ευθυνών, την ασφάλεια των επικοινωνιών, συστήματα αισθητήρων, συστήματα ασφαλείας

## Abstract

Autonomous shipping has been on the shipping industry's agenda for the past decade and is now closer to becoming a reality than ever. Although it is technically possible to automate ships with developments in autonomous technologies in recent years, the effective use of Marine Autonomous Surface Vessels (MAAS) depends on meeting the ship's specific operational needs. In addition, autonomous vessels must provide significant economic, environmental, safety and interoperability advantages to enable the transition to autonomy.

This study provides a detailed assessment of operational improvements, possible consequences and problems that may arise in the shipping industry with the advent of Maas. In addition, we are evaluating the mechanisms that will ensure the implementation of autonomous interoperability of ships and ports. In this context, the study examines the transition to MASS taking into account a number of factors, including acceptance of MASS. The conclusions of this study highlight the navigation problems faced by port areas and the challenges associated with mass port interactions during cargo transport. The findings of this research are expected to help efforts to successfully implement autonomous systems in the maritime transport chain.

Keywords: Autonomous shipping, Maritime safety, port operations, seafarers, accountability, communications security, sensor systems, security systems

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract .....	4
Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Αυτόνομη Ναυτιλία.....	9
1.1. Τα πρώτα βήματα στην αυτόνομη ναυτιλία .....	9
1.2. Τάσεις στην αυτόνομη ναυτιλία.....	9
1.3 Το γενικό πλαίσιο λειτουργίας ενός αυτόνομου πλοίου .....	13
1.4. Διαλειτουργικότητα μαζικών θυρών .....	15
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Τεχνολογία .....	19
2.1 Συστήματα Ασφαλούς Πλοήγησης .....	19
2.2 Συστήματα Αποφυγής Σύγκρουσης .....	22
2.2.1 Βελτιστοποίηση Διαδρομής.....	23
2.2.2 Επίγνωση της Κατάσταση Πλοήγησης.....	24
2.3 Ηλεκτρονική πλοήγηση.....	25
2.4 Συστήματα Αισθητήρων .....	26
2.4.1 Σύγχρονοι Αισθητήρες .....	26
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : Το έργο MUNIN για την αυτόνομη ναυτιλία .....	29
3.1 Το έργο MUNIN .....	29
3.2 Περίπτωση εφαρμογής .....	30
3.3 Στοιχεία της ιδέας.....	30
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> : Νομοθετικό και Θεσμικό Πλαίσιο .....	32
4.1. Νομοθετικό Πλαίσιο .....	32
4.2 Παγκόσμιες Συμβάσεις.....	33
4.2.1 Ηνωμένα Έθνη – UNCLOS.....	33
4.2.2 Κράτη Σημαίας.....	34
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> : IMO και αυτόνομα πλοία.....	36
5.1. Εισαγωγικές Παρατηρήσεις.....	36
5.2. Νηογνώμονες και αυτόνομα πλοία .....	38
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> : Προκλήσεις των αυτόνομων πλοίων .....	41
6.1. Πιθανά οφέλη.....	41
6.2. Προγνωστική συντήρηση των πλοίων και της υποδομής .....	42
6.3. Πρόσθετη παραγωγή ανταλλακτικών .....	43
6.4. Πιθανά μειονεκτήματα .....	43

6.5. Προκλήσεις ασφάλειας, κανονισμών και χρονοδιαγράμματος .....	45
6.6. Η ευθύνη του πλοιάρχου σήμερα και στο μέλλον .....	46
Συμπεράσματα .....	49
Βιβλιογραφία .....	53

## Εισαγωγή

Η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει να αναπτύξει στρατηγικές που συμβάλλουν στην αποδοτικότητα κόστους, την ανταγωνιστικότητα, την ασφάλεια και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα σε παγκόσμια κλίμακα. Σε απάντηση σε αυτές τις απαιτήσεις, η τεχνολογία έχει γίνει ο στυλοβάτης στις διαδικασίες σχεδιασμού, κατασκευής και ανατροφής πλοίων. Η χρήση της τεχνολογίας εφαρμόζεται ιδιαίτερα στον αποτελεσματικό σχεδιασμό του κύτους, την απόδοση του κινητήρα, τις προηγμένες διεπαφές πλοίου-ξηράς/πλοίου-πλοίου και τα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης γεφυρών (Jeong και Kim 2013; Im et al. 2018; Λουντ κ.ά. 2018; Κανβουλάτ κ.ά. 2019; Ρεν κ.ά. 2019).

Αν και οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν συμβάλει στην αποτελεσματικότητα του κλάδου, οι επιχειρήσεις έντασης ανθρώπων εξακολουθούν να δημιουργούν διάφορα τρωτά σημεία στην αλυσίδα των θαλάσσιων μεταφορών. Για παράδειγμα, το 70-90% των θαλάσσιων ατυχημάτων πιστεύεται ότι προκαλούνται από ανθρώπινο λάθος (Porathe et al. 2018). Από αυτή την άποψη, το Θαλάσσιο Αυτόνομο Πλοίο Επιφανείας (MASS) υπόσχεται να μειώσει αυτά τα ατυχή στατιστικά στοιχεία.

Ευτυχώς, χάρη στις προηγμένες τεχνολογίες αισθητήρων και υπολογιστών, τα θετικά αποτελέσματα των αυτόνομων συστημάτων στη μείωση του λειτουργικού κόστους και του αριθμού των πληρωμάτων επί του σκάφους, καθώς και στην αύξηση της ασφάλειας πλοήγησης, δείχνουν ότι η μετάβαση στο MASS είναι μια ρεαλιστική πιθανότητα (Porathe et al. 2014; Βρόμπελ κ.ά. 2017). Η MASS αναμένεται να αποκτήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα καθώς διευρύνεται η κλίμακα και το εύρος της αξιοποίησής της. Ωστόσο, το αρχικά υψηλό κόστος κεφαλαίου της προηγμένης νέας τεχνολογίας και ο χρόνος που απαιτείται για τη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή της ενέχουν σημαντικούς επενδυτικούς κινδύνους (Karlis 2018).

Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό ο κλάδος στο σύνολό του να αναπτύξει μηχανισμούς στρατηγικού σχεδιασμού για τεχνολογικές επενδύσεις, όπως η MASS, για τη μεγιστοποίηση των ευεργετημάτων τους και την αντιστάθμιση των επενδυτικών κινδύνων που σχετίζονται με αυτές. Αν και οι προηγμένες τεχνολογίες καθιστούν δυνατή τη MASS, είναι γεγονός ότι η βιομηχανία έχει κάποιες ανησυχίες. Για παράδειγμα, η απουσία πληρώματος σε πλήρως αυτόνομα πλοία θα απαιτήσει τη δημιουργία κέντρων ελέγχου ξηράς (SCC) και υψηλής ποιότητας, αξιόπιστων συστημάτων επικοινωνίας ξηράς-πλοίου που, επί του παρόντος, έχουν υψηλό κόστος (Van Den Boogaard et al. 2016, Ramos et al. 2018). Ωστόσο, προβλέπεται ότι θα υπάρξει πάντα ανάγκη για

προσωπικό στο SCC για τη βαθμονόμηση και τη συντήρηση των αυτόνομων συστημάτων επί του σκάφους και για την ανάλυση των πληροφοριών που λαμβάνονται από το MASS (Hogg and Ghosh 2016).

Έτσι, αν και το ανθρώπινο λάθος στις θαλάσσιες μεταφορές με αυτόνομα πλοία μπορεί να μειωθεί, δεν μπορεί να αναμένεται να εξαφανιστεί εντελώς. Ως εκ τούτου, θα υπάρχουν πάντα ορισμένες προκλήσεις για την ασφαλή λειτουργία και παρακολούθηση του MASS (Burmeister et al. 2014). Διάφορες πτυχές που πρέπει να προσδιοριστούν και να εξαλειφθούν για να καταστεί δυνατή η ομαλή μετάβαση στο MASS στο μέλλον. Ειδικότερα, η αβεβαιότητα σχετικά με τα οφέλη και τα οικονομικά οφέλη της MASS προκαλεί δισταγμό στις επενδυτικές αποφάσεις των πλοιοκτητών.

Αναμφίβολα, οι επιχειρησιακές στρατηγικές και πρακτικές των ναυτιλιακών εταιρειών πρέπει επίσης να επανεξεταστούν. Για παράδειγμα, οι τύποι πλοίων που εκτελούν δρομολόγια έντασης *trafc*, μεταφέρουν φορτία με πολύπλοκα χαρακτηριστικά ή πλέουν μεταξύ λιμένων που δεν μπορούν να παρέχουν τις υπηρεσίες που απαιτούνται από τη MASS θα επηρεάσουν τις αποφάσεις των ναυτιλιακών εταιρειών σχετικά με τη μετάβαση στη MASS.

Η αλληλεπίδραση του MASS με τους λιμένες και ο τρόπος διεξαγωγής λιμενικών λειτουργιών σε μη επανδρωμένα ή με μειωμένο πλήρωμα πλοία είναι ένα άλλο πολύπλοκο πρόβλημα. Ενώ τα συστήματα αυτοματισμού λιμένων χρησιμοποιούνται ενεργά στη διαχείριση, τη μεταφορά και την αποθήκευση φορτίων στους λιμένες, οι υπηρεσίες πλοήγησης, ο ελλιμενισμός και οι ελιγμοί στην περιοχή του λιμανιού εξακολουθούν να πραγματοποιούνται μέσω μιας ανθρωποκεντρικής προσέγγισης (Ghaderi 2020). Μπορεί να αναμένεται ότι οι λιμενικές εργασίες που σχετίζονται με τον κατάπλου/απόπλου του πλοίου ενδέχεται να αποτελούν μία από τις κύριες τεχνικές προκλήσεις για τους λιμένες όσον αφορά την εξυπηρέτηση του MASS. Η είσοδος στο λιμάνι, οι ελιγμοί και ο ασφαλής ελλιμενισμός ενός μη επανδρωμένου MASS σε βαριές λιμενικές διαδρομές απαιτούν τεχνικά ανώτερη τεχνολογία σε σύγκριση με τη ναυσιπλοΐα στην ανοιχτή θάλασσα.

Ο περιορισμένος αριθμός μελετών σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αλυσίδων εφοδιασμού MASS και ναυτιλίας αποκαλύπτει ένα ερευνητικό κενό στη βιβλιογραφία. Αυτή η παρατήρηση παρέχει ένα σημαντικό κίνητρο στους ερευνητές, καθοδηγώντας τους στη διαμόρφωση των ερευνητικών τους στόχων προς αυτή την κατεύθυνση. Η παρούσα εργασία εξετάζει τις εξελίξεις στη βιβλιογραφία σχετικά με το MASS και αναλύει τις πιθανές επιπτώσεις



στις θαλάσσιες αλυσίδες εφοδιασμού, τι θα συμβεί με τους ναυτικούς, τον καταλογισμό ευθυνών, την ασφάλεια των επικοινωνιών και την εφαρμογή στην πράξη της αυτόνομης ναυτιλίας εν γένει.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Αυτόνομη Ναυτιλία

### 1.1. Τα πρώτα βήματα στην αυτόνομη ναυτιλία

Στη δεκαετία του 1980, οι Ιάπωνες διερεύνησαν σε βάθος αυτή την έννοια της αυτονομίας σε μια προσπάθεια να μειώσουν το ακριβό κόστος προσωπικού. Η εισαγωγή ξένου και φθηνού προσωπικού με τη χρήση ανοικτών μητρώων (ή σημαίων ευκαιρίας) οδήγησε στην απόρριψη αυτής της ιδέας. Αργότερα, στη δεκαετία του 1990, οι σχεδιαστές πλοίων ισχυρίστηκαν ότι τα πλοία μπορούσαν να ταξιδέψουν σε μικρές αποστάσεις χωρίς πλήρωμα χρησιμοποιώντας GPS, ενώ ένας ναυπηγός ανέφερε ότι η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στα πλοία.

Παρά την έρευνα που διεξήχθη κατά τη διάρκεια αυτών των δύο δεκαετιών, η ιδέα παρέμεινε εκτός ενδιαφέροντος για τους πλοιοκτήτες κυρίως λόγω των υψηλών επενδύσεων και του λειτουργικού κόστους. Ωστόσο, με τη συνεχή ανάπτυξη της τεχνολογίας, αυτή η ιδέα έγινε πραγματικότητα την επόμενη δεκαετία, το 2007, όταν η Waterborn TP, μια ομάδα ναυτιλιακών φορέων, εξήγησε σαφώς πώς θα μοιάζει το αυτόνομο πλοίο και πρότεινε ότι ήταν επιθυμητή η περαιτέρω αυτοματοποίηση στη ναυτιλιακή κοινότητα.

### 1.2. Τάσεις στην αυτόνομη ναυτιλία

Ο ανθρωποκεντρικός χαρακτήρας των θαλάσσιων μεταφορών και η ανάγκη βελτίωσης της παραγωγικότητας, της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας, αυξάνει την ελκυστικότητα της αυτοματοποίησης, υποστηριζόμενη από υποστηρικτικές τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης (AI) και μηχανικής μάθησης (Mallam et al. 2020). Πειραματικές και αναπτυξιακές μελέτες για την αυτόνομη εμπορική ναυτιλία εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 2000.

Ο IMO έχει ήδη προτείνει τον όρο «θαλάσσιο αυτόνομο πλοίο επιφανείας» (MASS) ως κοινό όρο για τα αυτόνομα σκάφη. Η μάζα καθιερώθηκε ως «πλοία με ποικίλους βαθμούς αυτονομίας, ικανά να λειτουργούν ανεξάρτητα από την ανθρώπινη αλληλεπίδραση». (IMO, MSC 99, 2018) Ο ΔΝΟ πρότεινε τους ακόλουθους τέσσερις βαθμούς αυτονομίας:

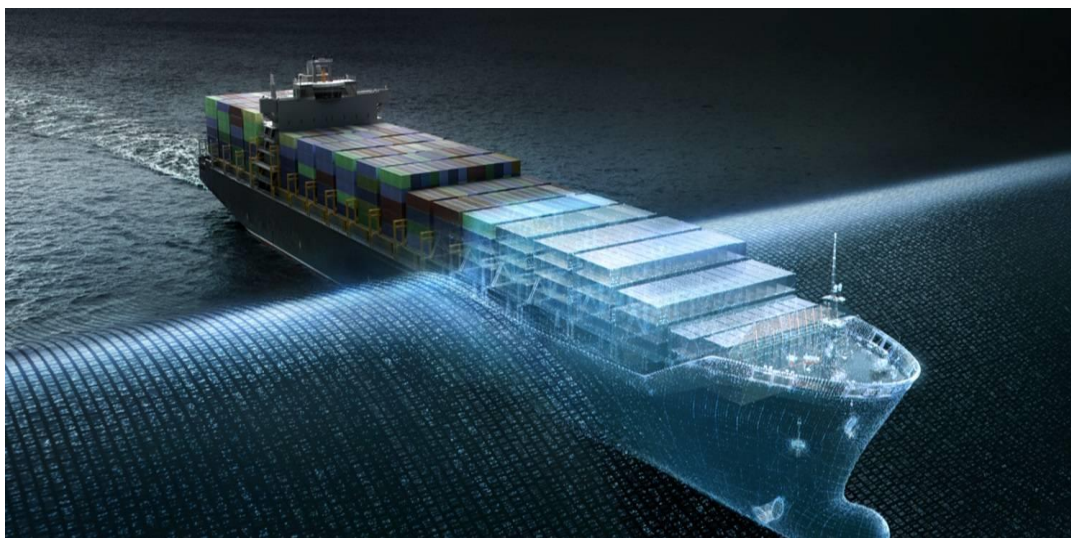
1) Ένα πλοίο με αυτοματοποιημένες διαδικασίες και προηγμένες λειτουργίες λήψης αποφάσεων. Το πλήρωμα βρίσκεται στο πλοίο και διαχειρίζεται και ελέγχει όλες τις ρυθμίσεις και τις λειτουργίες του. Ορισμένες λειτουργίες ενδέχεται να είναι αυτοματοποιημένες.

2) Υπάρχει πλήρωμα σε τηλεκατευθυνόμενο πλοίο. Το πλοίο ελέγχεται από απομακρυσμένη τοποθεσία, αλλά το πλήρωμα εξακολουθεί να βρίσκεται στο πλοίο.

3) Τηλεκατευθυνόμενο πλοίο χωρίς πλήρωμα. Το πλοίο ελέγχεται από απομακρυσμένη τοποθεσία, αλλά το πλήρωμα εξακολουθεί να βρίσκεται στο πλοίο.

4) Πλήρως αυτόνομο πλοίο. Το λειτουργικό σύστημα του πλοίου είναι σε θέση να λαμβάνει αποφάσεις και να χειρίζεται όλες τις καταστάσεις χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.

Η απουσία του ανθρώπινου στοιχείου δεν είναι η μόνη διαφορά μεταξύ ενός συμβατικού πλοίου και ενός αυτόνομου πλοίου. Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο είναι η επέκταση, η συντήρηση και η εφαρμογή των αντίστοιχων αποφάσεων που εφαρμόζουν το πλήρωμα και ο πλοίαρχος σε ένα συμβατικό πλοίο. Ένα μη επανδρωμένο πλοίο μπορεί να επιτευχθεί με συνδυασμό τεχνολογιών που επιτρέπουν τον απομακρυσμένο, αυτόματο και αυτόνομο έλεγχο.



Εικόνα 1<sup>η</sup> : Αυτόνομη ναυτιλία πιέζοντας το πλήρες ατμό μπροστά

Οι προσδοκίες για το μέλλον της MASS εκφράζονται από τον Mikael Mäkinen, Πρόεδρο, Marine στη Rolls-Royce Plc.: «η αυτόνομη ναυτιλία είναι το μέλλον της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Τόσο ανατρεπτικό όσο το smartphone, το έξυπνο πλοίο θα φέρει επανάσταση στο τοπίο του σχεδιασμού και των λειτουργιών του πλοίου» (RollsRoyce Ship Intelligence 2016). Υπάρχουν στην πραγματικότητα διάφορα επίπεδα αυτονομίας στην πορεία προς ένα πλήρως αυτόνομο πλοίο. Στο πρώτο στάδιο της αυτονομίας, το πλήρωμα λαμβάνει την υποστήριξη συστημάτων και αισθητήρων στη συλλογή δεδομένων ή στη λήψη αποφάσεων κατά τη διάρκεια των λειτουργιών του πλοίου.



Εικόνα 2<sup>η</sup> :

Για παράδειγμα, μια βλάβη εντοπίζεται και επισκευάζεται από το πλήρωμα, μετά από προειδοποίηση του αισθητήρα βλάβης του μηχανήματος. Καθώς το επίπεδο αυτονομίας αυξάνεται, τα πλοία ονομάζονται πλέον έξυπνα πλοία ή ημιαυτόνομα πλοία (Bureau Veritas 2018). Στα επόμενα στάδια της αυτονομίας, τα πλοία φτάνουν σε επίπεδα όπου μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις και να ξεκινούν ενέργειες υπό την εξουσιοδότηση και την επίβλεψη του πληρώματος. Στα αρχικά στάδια, οραματίζονται μη επανδρωμένα, πλήρως αυτόνομα, πλοία.

Αν και διαφορετικές ταξινομίες χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τον βαθμό αυτονομίας των πλοίων, οι τελευταίες μπορούν να προσδιοριστούν λεπτομερέστερα σε έξι επίπεδα, από χαμηλή αυτοματοποίηση έως εντελώς μη επανδρωμένα πλοία. Τα συμβατικά, επανδρωμένα πλοία συμβολίζονται ως βαθμό αυτονομίας (Lloyd's Register 2016). Με βάση τα επίπεδα αυτονομίας, οι λιμένες αναμένεται επίσης να αντιμετωπίσουν ορισμένες προκλήσεις. Για παράδειγμα, αν και δεν είναι απαραίτητο να εντοπιστούν SCC σε λιμένες, ο λιμένας μπορεί να είναι ο ιδανικός χώρος και, ως εκ τούτου, οι εγκαταστάσεις εντός αυτού θα πρέπει να προσδιοριστούν. σε πολυσύχναστα λιμάνια, αυτό δεν είναι πάντα εύκολο (Munimet al. 2021).

Επιπλέον, με το πλήρωμα να μειώνεται, ενδέχεται να χρειαστεί ένα λιμενικό σκάφος για ορισμένες εργασίες όπως η συνήθης συντήρηση επί του σκάφους ή η ασφαλής στοίβαξη φορτίου επί του πλοίου. Αυτά συνήθως εκτελούνται από το πλήρωμα σε συμβατικά πλοία. Αυτό θα μπορούσε να εκληφθεί ως μια άλλη πρόκληση που σχετίζεται με τη μείωση του πληρώματος. Όταν το MASS φτάσει σε ένα εντελώς μη επανδρωμένο επίπεδο, η απουσία εποπτείας θα απαιτήσει αδιάλειπτη και συνεχή επικοινωνία μεταξύ mass και port και, φυσικά, η διασφάλιση αυτού του βιώσιμου μπορεί να είναι μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για τα λιμάνια.

Τα ελκυστικά οφέλη που υπόσχεται η MASS, όπως η υψηλότερη ασφάλεια, η παρακολούθηση της κατάστασης του φορτίου και της απόδοσης των μηχανημάτων, ο περιορισμός του χώρου του πληρώματος, η αυξημένη χωρητικότητα φορτίου και το λιγότερο ανθρώπινο λάθος γίνονται θέματα συζήτησης και ανάλυσης σε πρόσφατες δημοσιεύσεις (Kim et al. 2020). Στην απλούστερη μορφή της, η απομάκρυνση πολλών εγκαταστάσεων και συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τη στέγαση και την ευημερία του πληρώματος θα δημιουργήσει περισσότερο χώρο φορτίου και θα αυξήσει την προσδοκία υψηλότερου εισοδήματος από φορτία. Ταυτόχρονα, εκτιμάται ότι η εξοικονόμηση στο κόστος καυσίμων και στις δαπάνες των πληρωμάτων θα μπορούσε να φτάσει τα 4,3 εκατομμύρια δολάρια σε έναν 25ετή κύκλο ζωής, σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου του έργου Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN) (Kretschmann et al. 2017).

Το MUNIN ήταν το πρώτο αυτόνομο έργο τεχνολογίας πλοίων, που αναπτύχθηκε από μια πρωτοβουλία με έδρα τη Νορβηγία, για να συμβάλει στην ανταγωνιστικότητα και τη βιωσιμότητα της ευρωπαϊκής ναυτιλιακής βιομηχανίας (Rødseth και Burmeister 2012). Πληροφορίες για άλλα σχέδια που πραγματοποιήθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο παρέχονται στον πίνακα 1. Οι πρωτοβουλίες του έργου που στοχεύουν στην ανάπτυξη του MASS έχουν επικεντρωθεί στην τεχνολογική έρευνα που θα επέτρεπε τη μετάβαση σε μη επανδρωμένα πλοία. Για παράδειγμα, το πρώτο αυτόνομο πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μηδενικών εκπομπών στον κόσμο (Yara Birkeland-120 TEU) κατασκευάζεται στη Ρουμανία και εκφορτώνεται στη Νορβηγία.

Το πλοίο προγραμματίζεται να κάνει το παρθενικό του ταξίδι μέχρι το τέλος του 2021 (Yara 2021, Kongsberg 2021, Μπέιτον 2021). Οι οργανισμοί που ασχολούνται με την αυτόνομη ναυτιλιακή αγορά συγκεντρώνονται στις περιοχές της Ασίας-Pacific και της Ευρώπης. Η παγκόσμια αυτόνομη αγορά πλοίων, η οποία περιλαμβάνει αυτές τις πρωτοβουλίες έργων, αναμένεται να φτάσει τα 165 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2030 (Jadhav και Mutreja 2020). Η πρώτη γενιά αυτόνομων φορτηγών πλοίων που αναπτύχθηκαν, όπως το Yara Birkeland (Yara 2021) και το ReVolt (Αυτόνομα Πλοία HQ 2017), αναμένεται να πλεύσουν με χαμηλότερη ταχύτητα λόγω ασφάλειας και τεχνικών περιορισμών.

Οι μεγαλύτεροι χρόνοι ταξιδιού και η χαμηλότερη παραγωγικότητα που προκύπτουν από τις χαμηλότερες ταχύτητες ενδέχεται να απαιτούν τη συμπερίληψη περισσότερων πλοίων στα δρομολόγια τακτικών γραμμών. Η Rolls Royce προβλέπει ότι το πρώτο στάδιο της αυτονομίας του πλοίου θα περιλαμβάνει ένα τηλεχειριζόμενο παράκτιο πλοίο. Στη συνέχεια, τα μη επανδρωμένα πλοία πιθανότατα θα ξεκινήσουν τοπικά (όπως το Yara Birkeland, που λειτουργεί κατά μήκος των νορβηγικών ακτών) έως ότου τεθούν σε ισχύ οι διεθνείς κανόνες και κανονισμοί, που ακυρώνουν τις ευθύνες. Τέλος, προβλέπεται ότι ένα μη επανδρωμένο ποντοπόρο πλοίο θα είναι σε λειτουργία έως το 2035 (Rolls-Royce Ship Intelligence 2016).

### 1.3 Το γενικό πλαίσιο λειτουργίας ενός αυτόνομου πλοίου

Εκτός από την κατηγορία AAB1, είναι σχεδόν βέβαιο ότι όλα τα αυτόνομα σκάφη θα διαθέτουν σύστημα αισθητήρων ξηράς (SCC). Χρησιμοποιείται εν μέρει ως εφεδρική συσκευή εάν το πλοίο αντιμετωπίσει απροσδόκητα γεγονότα, εν μέρει για να μειωθεί η απαραίτητη πολυπλοκότητα των συστημάτων αντίχρεωσης και ελέγχου επί του πλοίου και εν μέρει για να ικανοποιηθούν οι νομικές απαιτήσεις που έχει ο άνθρωπος για τον έλεγχο του πλοίου. Η SCC, ενώ ελέγχει το πλοίο, αναλαμβάνει την ευθύνη του ιδιοκτήτη του πλοίου και οποιουδήποτε προσώπου έχει αναθέσει ρόλους επί του πλοίου. Θα πρέπει να λειτουργεί ως ιδιωτική υπηρεσία εξ ονόματος του πλοιοκτήτη ή για λογαριασμό του. Γενικότερα αναμένεται ότι η SCC θα εξυπηρετήσει πολλά πλοία για να κάνει την καλύτερη δυνατή χρήση των πόρων της. Ένα πλοίο μπορεί επίσης να εξυπηρετείται από διαφορετικές SCC, όπως να είναι εγκατεστημένο σε διαφορετικές ζώνες ώρας. Ωστόσο, αυτό μπορεί να προκαλέσει νομικά προβλήματα και να απαιτήσει περαιτέρω διερεύνηση.

Η ομάδα ελέγχου oct-on-board και η ομάδα ελέγχου έκτακτης ανάγκης ECT είναι κινητές ομάδες που μπορούν να εισέλθουν στο πλοίο σε ειδικές καταστάσεις, όπως για την είσοδο ή την αναχώρηση ενός πλοίου στο λιμάνι (CF). PUS) ή μετά από σοβαρές ζημιές στα συστήματά του.

Περαιτέρω θαλάσσιες υπηρεσίες που πρέπει να συνδέονται με οποιοδήποτε πλοίο. Αυτά είναι:

- VTS/Αναφορά πλοίου: Υπηρεσίες θαλάσσιας κυκλοφορίας ή περιοχές όπου το πλοίο υποβάλλει αναφορά, όπου θα πρέπει να επικοινωνήσετε με τον φορέα εκμετάλλευσης του πλοίου για καθοδήγηση ή αναφορά.

- Βοήθεια με την πλοήγηση (ATON) και AIS: Συστήματα που παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στο πλοίο σχετικά με θαλάσσιες διαδρομές ή άλλα σκάφη.

- Κέντρο Συντονισμού Θαλάσσιας Διάσωσης (MRCC) και Παγκόσμιο Σύστημα Θαλάσσιας Διαταραχής και Ασφάλειας (GMDSS): Πρόκειται για τις υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνιών που χρησιμοποιούνται για πλοία σε καταστάσεις κινδύνου ή έκτακτης ανάγκης. Το αυτόνομο πλοίο θα χρησιμοποιήσει αυτές τις υπηρεσίες και θα πρέπει να ανταποκριθεί σε αυτές.

- Άλλα πλοία: Το σύστημα επικοινωνίας VHF-πολύ υψηλής συχνότητας και το αυτοματοποιημένο σύστημα αναγνώρισης AIS μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία με άλλα πλοία.

- Οι πιλότοι, τα ρυμουλκά και οι ταξιθέτες (πιλότοι, ρυμουλκά και καμπίνες) αλληλεπιδρούν με το πλοίο για την παροχή υπηρεσιών.

- Λιμενικές Υπηρεσίες: Στο λιμάνι θα πρέπει να οργανώνονται υπηρεσίες logistics και logistics. Περιλαμβάνει όλα τα αυτόματα συστήματα πρόσδεσης και τις ηλεκτρικές συνδέσεις. Ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και τον τύπο του πλοίου, ενδέχεται να υπάρχουν και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες.

Σχετικά με άλλες υπηρεσίες που μπορεί να είναι διαθέσιμες:

- Άλλα προηγμένα πλοία μπορούν να χρησιμοποιήσουν πιο προηγμένα ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας, όπως το VHF Data Exchange System (VDL), το οποίο τους επιτρέπει να στέλνουν ή να λαμβάνουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους στόχους και την κατάσταση.

- Ομοίως, οι προηγμένοι εξισωτικοί ή σταθμοί βάσης AIS μπορεί να διαθέτουν εξοπλισμό που τους επιτρέπει να στέλνουν περισσότερες πληροφορίες σε αυτόνομα ή προηγμένα σκάφη,

όπως κύματα, ρεύμα, άνεμο ή άλλες παραμέτρους. Όσον αφορά τις προαιρετικές παράκτιες υποδομές στις περιοχές όπου δραστηριοποιείται το αυτόνομο πλοίο:

- Τοπικές υπηρεσίες παρακολούθησης (LMS) και σύστημα αισθητήρων ξηράς (SSS), το οποίο μπορεί να είναι ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης πληροφοριών σε συγκεκριμένα λιμάνια ή σε περιοχές με μεγάλη συμφόρηση. Είναι χρήσιμο να παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τις τρέχουσες συνθήκες θαλάσσιας κυκλοφορίας και τις καιρικές συνθήκες σε ένα αυτόνομο σκάφος ή να αποστέλλονται πληροφορίες σχετικά με τις δραστηριότητες αυτόνομων σκαφών σε άλλα σκάφη στην περιοχή, συμπεριλαμβανομένων των ευτυχημένων σκαφών και της αλιείας.

#### Κέντρο Ρύθμισης Παράκτιων Περιοχών (SCC)

Η ιδέα της κατασκευής ενός κέντρου ελέγχου στην ξηρά παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησης του στόλου των μη επανδρωμένων σκαφών. Ο αγγλικός όρος κέντρο ελέγχου ξηράς (SCC) εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως στη βιβλιογραφία, καθώς καταδεικνύει σαφώς την ιδέα ότι το κέντρο που εκτελεί τον έλεγχο των πλοίων δεν βρίσκεται σε αυτόνομο σκάφος. Τα υποσυστήματα που υπάγονται στο κέντρο τηλεχειρισμού του πλοίου είναι το Σύστημα Υποστήριξης Απομακρυσμένης Παρακολούθησης (RMSS) και το Σύστημα Διασύνδεσης Πλοίου (Human Machine Interface -HMI) με τους σιδηροδρόμους.

#### 1.4. Διαλειτουργικότητα μαζικών θυρών

Οι μελέτες που εξετάζουν διάφορες πτυχές του MASS αυξάνονται καθημερινά, αλλά, μεταξύ αυτών, οι ολιστικές μελέτες που ασχολούνται με τα οφέλη και τα οικονομικά οφέλη στις θαλάσσιες μεταφορές και τις πιθανές επιπτώσεις του MASS στις λιμενικές λειτουργίες, είναι περιορισμένες. Ως εκ τούτου, αυτή η ενότητα στοχεύει να περιγράψει τις πιθανές ευκαιρίες για τους λιμένες, όσον αφορά την ικανότητά τους να παρέχουν υπηρεσίες στο MASS, προσδιορίζοντας τις δυσκολίες που μπορεί να προκύψουν στη διαλειτουργικότητα του MASS-port. Προηγουμένως δημοσιευμένη έρευνα σχετικά με το MASS έχει επικεντρωθεί γενικά στις τεχνολογίες που απαιτούνται (Burmeister et al. 2014) και κατά πόσον αυτές θα είναι εξίσου ασφαλείς με τα υπάρχοντα πλοία (Utne et al. 2020), την οικονομική τους σκοπιμότητα (Kretschmann et al. 2017), τις νομοθετικές και ρυθμιστικές πτυχές τους (Κομιανός 2018), την ευθύνη ατυχήματος (Vojković και Milenković 2020) και την ανθεκτικότητα σε νεοεμφανιζόμενους κινδύνους (Tam and Jones 2018).

Ωστόσο, οι περισσότερες από τις μελέτες σχετικά με τις πρώτες φάσεις της εισαγωγής MASS πραγματοποιήθηκαν με έμφαση στις τεχνολογικές εξελίξεις που θα καταστήσουν το MASS τεχνικά εφαρμόσιμο (Rødseth and Burmeister 2012). Ως αποτέλεσμα αυτών των μελετών, αρκετοί τύποι MASS έχουν ήδη αναπτυχθεί και πέρασαν με επιτυχία τις δοκιμές (Kongsberg 2021). Μεταγενέστερες μελέτες επικεντρώθηκαν στην εμπορική σκοπιμότητα του MASS και την οικονομική προσαρμοστικότητά του στις αλυσίδες θαλάσσιων μεταφορών (Kretschmann et al. 2017).

Μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας από τον Munim (2019) έδειξε ότι έχουν δημοσιευθεί 90 ακαδημαϊκές μελέτες σε θέματα five που σχετίζονται με το MASS. Αυτές ήταν (1) τεχνολογικές εξελίξεις: 68 μελέτες· (2) καινοτόμες εφαρμογές του MASS: 9 μελέτες· (3) ασφάλεια: 5 μελέτες· (4) κανονισμοί και θέματα διαχείρισης: 5 μελέτες· και (5) ανθρώπινος παράγοντας: 3 μελέτες. Ωστόσο, οι αλληλεπιδράσεις MASS-port και οι επιπτώσεις του MASS στις λιμενικές λειτουργίες δεν έχουν θεωρηθεί ως ένας από τους τομείς έρευνας. Στο έργο MUNIN, το οποίο είναι ένα από τα πρώτα και πιο ολοκληρωμένα έργα που πραγματοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του MASS, προβλέπεται ότι ένα μη επανδρωμένο πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου θα λειτουργεί σε μια αργή αλλά μεγάλων αποστάσεων διαδρομή μεταξύ δύο λιμένων (Rødseth και Burmeister 2012). Στο πλαίσιο του έργου, αναφέρεται ότι ένα λιμενικό πλήρωμα θα πρέπει να επιβιβαστεί στο πλοίο ενώ πλησιάζει στην περιοχή του λιμανιού (Kretschmann et al. 2017).

Επιπλέον, προβλέπονται υπηρεσίες από την ξηρά και το λιμάνι, συμπεριλαμβανομένης της SCC, καθώς και η υποστήριξη ομάδας συντήρησης κατά τη διάρκεια της παραμονής στον λιμένα. Η μεταφορά πληρώματος για καθήκοντα πλοήγησης, συντήρησης και φορτίου (καθαρισμός αμπαριών και ευστάθεια φορτίου) θα απαιτούσε ελικόπτερο και περιοχή προσγείωσης, σκάφος μεταφοράς ή πιλοτική εκτόξευση ικανή να παρέχει απομακρυσμένη πλοήγηση. Αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως οι κύριες επιπτώσεις του MASS στις λιμενικές λειτουργίες. Οι Hogg και Ghosh (2016) πραγματοποίησαν εξέταση των παραγόντων που επηρεάζουν την αποτελεσματική λειτουργία των μη επανδρωμένων εμπορικών πλοίων στην αλυσίδα θαλάσσιων μεταφορών.

Όπως και με το έργο MUNIN, οι Hogg και Ghosh (2016) μοιράστηκαν παρόμοιες απόψεις σχετικά με την επιβίβαση στο πλοίο στο λιμάνι, σχετικά με τη συντήρηση και τον καθαρισμό των αμπαριών φορτίου. Οι συγγραφείς προέβλεψαν επίσης ότι καθώς τα σχέδια πλοίων γίνονται πιο περίπλοκα και παράγουν μεγάλα δεδομένα, ενδέχεται να προκύψουν νέοι ρόλοι που θα μπορούσαν



να επηρεάσουν τις λιμενικές λειτουργίες. Αυτό σημαίνει ότι για τους λιμένες που δεν επενδύουν στις απαραίτητες εγκαταστάσεις και προσωπικό ή δεν μπορούν να συμβαδίσουν με την εποχή, η μετάβαση στην αυτονομία θα είναι προβληματική.

Στη μελέτη τους, στην οποία εξετάζουν τις επιπτώσεις της αυτόνομης ναυτιλίας στους κανονισμούς, τις τεχνολογίες και τις βιομηχανίες, οι Kim et al. (2020) αναφέρουν ότι η αποτελεσματική και αποτελεσματική λειτουργία του MASS εξαρτάται από την υγιή επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ της ναυτιλιακής εταιρείας και του λιμανιού. Σημειώνουν ότι θα μπορούσαν τελικά να αναπτυχθούν αυτόνομα λιμάνια για την υποστήριξη επιχειρήσεων μη επανδρωμένων πλοίων.

Το αυτόνομο πλοίο YARA Birkeland, που αναπτύχθηκε από την Kongsberg, θα μπορεί να εκτελεί αυτόματα εργασίες ελλιμενισμού, ελλιμενισμού και αναχώρησης χωρίς εξειδικευμένη αποβάθρα ή επιπλέον λιμενικές εγκαταστάσεις για το MASS (Yara 2021). Ο Κομιανός (2018) προέβλεψε ότι οι καινοτομίες και οι κανονισμοί που εισήχθησαν στην εποχή της αυτόνομης ναυτιλίας θα μπορούσαν να επηρεάσουν όχι μόνο τη MASS, αλλά ολόκληρο τον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών, με εξελίξεις στη λειτουργία, τη νομοθεσία και την ποιότητα. Από την άλλη, η εισαγωγή νέων νόμων είναι επίσης απαραίτητη για τον προσδιορισμό των υποχρεώσεων εάν κάτι πάει στραβά στην αυτόνομη ναυτιλία.

Η πρωτοβουλία του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO 2017) για την ασφαλή, προστατευμένη και περιβαλλοντικά αποδοτική προσαρμογή του MASS αναμένεται να τεθεί σε εφαρμογή σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων των λιμένων. Στη μελέτη του Ringbom (2019), στην οποία αναλύθηκαν οι πιθανοί κανονισμοί σχετικά με τα αυτόνομα πλοία, αναφέρθηκε ότι εάν το MASS ήταν νομικά αποδεκτό, με βάση τον ορισμό του πλοίου στη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS), τα υπάρχοντα δικαιώματα και υποχρεώσεις του flag, του παράκτιου και του κράτους λιμένα θα μπορούσαν να είναι εξίσου έγκυρα.

Από τις μέχρι τώρα μελέτες, μπορεί να συναχθεί ότι οι κύριες τεχνικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα λιμάνια στην εξυπηρέτηση του MASS είναι η ασφαλής πλοήγηση, ο ελλιμενισμός και οι ελιγμοί. Τα προηγμένα συστήματα παράκτιων τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (ICT) που μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες απομακρυσμένης πλοήγησης αναμένεται να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο εάν η ομάδα που θα αναλάβει τον έλεγχο των λειτουργιών mass-port, όπως εκφράζεται σε έργα όπως το MUNIN, πρόκειται να εξαλειφθεί. Κατά

συνέπεια, ορισμένες δραστηριότητες, τις οποίες προηγουμένως εκτελούσε το πλήρωμα, πρέπει να αναλαμβάνονται από λιμενικό προσωπικό. Οι δραστηριότητες αυτές μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

- (1) επιχειρησιακή διαχείριση πλοίων,
- (2) τεχνική διαχείριση πλοίων και
- (3) διαχείριση εμπορευματικών δραστηριοτήτων.

Οι δραστηριότητες διαχείρισης πλοίων περιλαμβάνουν επιχειρησιακά ασφαλείς λειτουργίες ναυσιπλοΐας, ελλιμενισμού και ελιγμών και τεχνικές εργασίες συντήρησης και επισκευής. Οι δραστηριότητες διαχείρισης των εργασιών φορτίου περιλαμβάνουν τη διακίνηση φορτίου, όπως ο καθαρισμός των καταπακτών, η αξιολόγηση της ευστάθειας, η στοίβαξη κ.λπ. Έτσι, ενώ το MASS μπορεί να έχει απλοϊκό σχεδιασμό πλοίου και μείωση των ανθρωποκεντρικών εργασιών, είναι γεγονός ότι θα εξακολουθεί να απαιτείται ένα πλήρωμα με βάση το λιμάνι.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Τεχνολογία

Τα αυτόνομα πλοία αναφέρονται στη σταδιακή απομάκρυνση των ανθρώπων από τον έλεγχο και τη λειτουργία τους. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η διαθέσιμη τεχνολογία και να αναπτυχθούν περαιτέρω νέες καινοτόμες και σημαντικές τεχνολογίες. Έτσι, η πρώτη πρόκληση που αντιμετωπίζει η ναυτιλιακή βιομηχανία, η οποία θέλει να είναι αυτόνομη, είναι να βρει τη σωστή τεχνολογία και να την εμπιστευτεί για να αντικαταστήσει το παραδοσιακό πλήρωμα.

Υπάρχουν ήδη αρκετά τεχνικά συστήματα που συμβάλλουν στη μηχανοποίηση των λειτουργιών των πλοίων. Οι διάφοροι κίνδυνοι και ζημιές που προκαλούνται από αυτά τα συστήματα είναι οι ίδιοι στα παραδοσιακά επανδρωμένα πλοία και στα μη επανδρωμένα σκάφη. Αλλά η μεγαλύτερη διαφορά στα αυτόνομα πλοία σχετίζεται με τεχνολογικά συστήματα που προσπαθούν να αλλάξουν την ανθρώπινη συνείδηση και παρουσία.

Τα περισσότερα πλοία σήμερα διαθέτουν μη επανδρωμένα μηχανοστάσια, τα οποία παρακολουθούνται και ελέγχονται εδώ και πολύ καιρό. Ωστόσο, η πραγματική πρόκληση είναι ότι η λειτουργία των μηχανοστασίων μπορεί να ελέγχεται ή να ελέγχεται από έναν απομακρυσμένο σταθμό έξω από το πλοίο και να μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα. Στη συνέχεια αναλύουμε μερικά από τα βασικά συστήματα που απαιτούνται για τη λειτουργία των πλοίων και πόσο μπορούν να συνεισφέρουν σε αυτό ως μέρος αυτόνομων σκαφών ή σε ποιο βαθμό μπορούν να συνεισφέρουν σε αυτό.

### 2.1 Συστήματα Ασφαλούς Πλοήγησης

Κατά την πλοήγηση, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ναυτικοί είναι η αποφυγή συγκρούσεων. Για να κατανοήσουμε τη σημασία της ασφαλούς ναυσιπλοΐας, αρκεί να λάβουμε υπόψη ότι κατά την περίοδο 2014 - 2020, τα περισσότερα από τα ναυτικά ατυχήματα προκλήθηκαν κυρίως από ελαττώματα στη ναυσιπλοΐα, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας ελέγχου, τριβής και προσάραξης (EMSA, 2020).

Ωστόσο, είναι κοινή έρευνα ότι η αποφυγή σύγκρουσης είναι ένα πολύπλοκο πρόβλημα με πολλούς παράγοντες. Το επίπεδο πολυπλοκότητας εξαρτάται από την κατάσταση των εξωτερικών παραγόντων (κίνηση, καιρικές συνθήκες, κατάσταση των πλωτών οδών) και των ενδοκρινικών παραγόντων (τύπος πλοίου 24, τεχνολογίες επί του πλοίου, πλήρωμα κ.λπ.) που

επηρεάζουν τη ναυσιπλοΐα. Επίσης, το επίπεδο ικανότητας του πληρώματος για αξιόπιστη πλευση εξαρτάται τόσο από το επίπεδο εμπειρίας όσο και από την ψυχική κατάσταση του κάθε ατόμου.

Η υποκειμενική φύση των ανθρώπων ενισχύεται μερικές φορές από τα ευφυή συστήματα υποστήριξης του πλοίου, όπως οι συσκευές ραντάρ, το αυτόματο βοήθημα σχεδίασης ραντάρ (ARPA), το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης (AIS), η ηλεκτρονική απεικόνιση χαρτών και τα συστήματα πληροφοριών (ECDIS) και το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS). Επίσης, έχουν θεσπιστεί διεθνείς κανονισμοί (colregs) για την πρόληψη συγκρούσεων στη θάλασσα με στόχο τη μείωση της υποκειμενικής σκέψης και δράσης των ανθρώπων κατά τη διάρκεια της ναυσιπλοΐας.

Ωστόσο, αν και τα colregs είναι πλήρως καθορισμένα, ο ανθρώπινος ορισμός τους εξακολουθεί να είναι υποκειμενικός, καθώς οι ελιγμοί των πλοίων εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο και μερικές φορές υπό απαιτητικές εξωτερικές συνθήκες (Statheros, et al., 2007). Ως εκ τούτου, η επιτυχία της αυτόνομης πλοήγησης των πλοίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη αποτελεσματικών ευφυών αλγορίθμων για την αποφυγή συγκρούσεων σε πραγματικό χρόνο.

Οι περισσότεροι από αυτούς τους αλγόριθμους προσπαθούν να προσομοιώσουν τις δυνατότητες πλοήγησης της ανθρώπινης νόησης. Για να κατανοήσουμε πώς λειτουργεί ο «καπετάνιος» και να εντοπίσουμε τις ομοιότητες ή τις διαφορές του με ευφυείς αλγόριθμους πλοήγησης, πρέπει πρώτα να λάβουμε υπόψη όλες τις ανθρώπινες λειτουργίες που εκτελούνται για σκοπούς αποφυγής συγκρούσεων (Statheros, et al., 2007).

Για να γίνει αυτό πρέπει να αναλύσουμε όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποφυγή συγκρούσεων πλοίων. Όσον αφορά τον τύπο του πλοίου, μπορούμε να καταλάβουμε ότι η ευελιξία και η συμπεριφορά του πλοίου σχετίζεται σημαντικά με την κατασκευή του και επομένως διαφορετικοί τύποι σκαφών έχουν διαφορετικές απαιτήσεις πλοήγησης. Επίσης, υπάρχει παραδοσιακά αντίστοιχη εκπαίδευση προσωπικού για διαφορετικούς τύπους πλοίων (και φορτίου). Στα αυτόνομα πλοία έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι που «κατανοούν» και παρέχουν πρόβλεψη της συμπεριφοράς των πλοίων, αλλά μερικές φορές η κατάσταση πλοήγησης είναι πολύ περίπλοκη για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά τέτοιοι αλγόριθμοι σε πραγματικό χρόνο.

Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση των θαλάσσιων οδών, σχετίζεται με την κυκλοφορία στη θάλασσα και την κυκλοφορία στα λιμάνια σε πραγματικό χρόνο. Φυσικά, αυτός ο παράγοντας περιλαμβάνει "κίνηση" στο βυθό της θάλασσας, η οποία είναι συχνά αβέβαιη.

Με βάση αυτό το γεγονός, το παραδοσιακό επανδρωμένο προσωπικό βασίζεται στους κανόνες Colereg για ασφαλή πλοήγηση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε αντίθεση με τους καπετάνιους που χρησιμοποιούν τα διαθέσιμα εργαλεία επικοινωνίας, οι περισσότεροι έξυπνοι αλγόριθμοι για την πλοήγηση πλοίων δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ή με ένα κέντρο ελέγχου κυκλοφορίας. Ως εκ τούτου, οι αλγόριθμοι υπολογίζουν τον ασφαλέστερο και καλύτερο τρόπο αποφυγής σύγκρουσης κυρίως με βάση την τρέχουσα κατάσταση (ταχύτητα, κατεύθυνση) κάθε πλοίου ή εμποδίου και δεύτερον με βάση τους κανόνες Colereg.

Όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν την ασφαλή πλοήγηση του πλοίου, μέχρι στιγμής οι καπετάνιοι θα πάρουν πληροφορίες από τα διαθέσιμα συστήματα επικοινωνίας και δορυφόρους και στη συνέχεια θα καθορίσουν την πορεία του. Ωστόσο, οι περισσότεροι από τους διαθέσιμους αλγόριθμους για αυτόνομα πλοία δεν λαμβάνουν υπόψη δεδομένα καιρού σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος, όσον αφορά την τεχνολογία που είναι διαθέσιμη στο πλοίο, σήμερα το πλήρωμα διαθέτει μια ποικιλία συστημάτων, αισθητήρων και εξοπλισμού που τους βοηθούν να πλοηγηθούν με ασφάλεια. Αλλά και πάλι, οι διαθέσιμοι αλγόριθμοι δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί, λένε ότι τα περισσότερα σύγχρονα πλοία λαμβάνουν δεδομένα από όλα τα εργαλεία και τα συστήματα που έχουν στη διάθεσή τους για να αποφύγουν τη σύγκρουση.

Συνήθως στο πειραματικό στάδιο, έχουν αναπτυχθεί αρκετά ευφυή συστήματα πλοήγησης πλοίων. Τα μαθηματικά μοντέλα αποφυγής σύγκρουσης πλοίων είναι αποτελεσματικά όταν οι εξωτερικοί παράγοντες δεν είναι υπερβολικοί. Ωστόσο, στην περίπτωση ακραίων συνθηκών η δυναμική του πλοίου δεν είναι γραμμική, γεγονός που εισάγει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στους υπολογισμούς. Αυτή η πολυπλοκότητα αφαιρεί την ικανότητα του αυτόνομου συστήματος πλοήγησης του πλοίου να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, είναι επίσης διαθέσιμος ένας συνδυασμός τεχνολογιών όπως νευρωνικά δίκτυα, ασαφής λογική, εξειδικευμένο σύστημα και μαθηματικοί αλγόριθμοι που υποστηρίζουν το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης του πλοίου. Ενώ τα υβριδικά συστήματα φαίνονται πολύ ελπιδοφόρα, απαιτείται υψηλό επίπεδο νοημοσύνης για την εναρμόνιση διαφόρων τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης. Η μηχανική νοημοσύνη, από την άλλη πλευρά, δεν αποδεικνύεται απολύτως ισοδύναμη με την ανθρώπινη νοημοσύνη προκειμένου να εδραιωθεί σε αυτόνομα πλοία (Statheros, et al., 2007).

## 2.2 Συστήματα Αποφυγής Σύγκρουσης

Πρόσφατα, δημοσιεύθηκε μια εκτεταμένη μελέτη με τίτλο «Συστήματα πλοήγησης αποφυγής τριβής για θαλάσσια αυτόνομα σκάφη επιφανείας: μια υπερσύγχρονη έρευνα» και θα την αναλύσουμε παρακάτω για να περιγράψουμε και να κατανοήσουμε τα συστήματα αποφυγής συγκρούσεων για αυτόνομα σκάφη (Zhang et al., 2021). Αρχικά, αυτή η μελέτη μιλά για τη δυσκολία ανάπτυξης έξυπνων αλγορίθμων για ασφαλή πλοήγηση, λόγω της αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει τους παράγοντες που επηρεάζουν την πλοήγηση, το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένας σημαντικός παράγοντας.

Η θάλασσα και η ακτογραμμή της είναι απέραντες και η κατανόηση του ανθρώπου για τη θάλασσα είναι πολύ περιορισμένη. Υπάρχουν πολλά μέρη στους ωκεανούς σε όλο τον κόσμο που δεν έχουν ακόμη μελετηθεί, αλλά ακόμη και σε μέρη όπου υπάρχουν προηγμένες περιβαλλοντικές πληροφορίες υπάρχουν απρόβλεπτες καταστάσεις.

Επιπλέον, το πλοίο λαμβάνει πολλές πληροφορίες από εσωτερικούς και εξωτερικούς αισθητήρες και άλλες συσκευές για πλήρη κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης. Οι εσωτερικοί αισθητήρες υποδεικνύουν το «κέντρο ελέγχου» του πλοίου και παρέχουν δεδομένα για τα διάφορα συστήματα του πλοίου (όπως το σύστημα πρόωσης, το σύστημα αυτόματου πιλότου, το σύστημα αποφυγής σύγκρουσης κ.λπ.) αλλά παρέχουν επίσης δεδομένα όπως η ποσότητα καυσίμου.

Οι εξωτερικοί αισθητήρες αναφέρονται στο δορυφορικό σύστημα GNSS, τη θαλάσσια περιοχή, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, το βάθος του νερού, τα ηχητικά και οπτικά σήματα (π.χ. φώτα άλλων πλοίων). Τα δεδομένα που λαμβάνονται από άλλα εργαλεία περιλαμβάνουν δεδομένα συστήματος AIS, δεδομένα πρόγνωσης καιρού και δεδομένα παλιρροϊκού ημερολογίου.

Λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών αυτών των τριών πηγών πληροφοριών που λαμβάνει το πλοίο, είναι πιθανό να προκύψει αβεβαιότητα και σύγχυση. Τέλος, υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με την ακρίβεια της πρόβλεψης της κίνησης των εμποδίων και της πορείας τριβής. Η αντίληψη όλων των αισθητήρων και ολόκληρη η διαδικασία λήψης αποφάσεων ή πλοήγησης έχουν διαφορετικά χωρικά χαρακτηριστικά.

Μέχρι σήμερα, αυτοί οι αισθητήρες δεν ήταν σε θέση να ανιχνεύσουν ή να αναφέρουν τον συμπεριφορικό σκοπό και την κατάσταση κίνησης των δυναμικών διαταραχών, όπως η κατεύθυνση και η ταχύτητα της κίνησης. Με βάση τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι σε ένα

αβέβαιο περιβάλλον, αυτόνομα συστήματα λήψης αποφάσεων πλοήγησης και αλγόριθμοι θα είναι σε θέση να εκτιμήσουν την τρέχουσα κατάσταση με βάση πληροφορίες από διάφορες πηγές και να δημιουργήσουν μια κατάλληλη στρατηγική πλοήγησης για την επίλυση προβλημάτων αβεβαιότητας.

Επιπλέον, αυτή η μελέτη διαχωρίζει τα συστήματα αποφυγής συγκρούσεων σε πέντε υποσυστήματα: βελτιστοποίηση παγκόσμιας διαδρομής, επίγνωση κατάστασης πλοήγησης, λήψη αποφάσεων πλοήγησης, έλεγχος και υλοποίηση και επικοινωνίες HP.

### 2.2.1 Βελτιστοποίηση Διαδρομής

Το υποσύστημα βελτιστοποίησης διαδρομής στοχεύει στον καθορισμό κατευθυντήριων γραμμών αρχικά με τη βοήθεια του συστήματος ECDIS και GPS για τη μελέτη και το σχεδιασμό μιας κατάλληλης και ασφαλούς διαδρομής με βάση γνωστά εμπόδια και λιμάνια. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες πληροφορίες σχετικά με πιθανές διαταραχές (π.χ. πάγος, ύφαλοι) ή καιρικές συνθήκες στο θαλάσσιο περιβάλλον, η γενική αρχή της κατάλληλης διαδρομής είναι να βρεθεί μια συντομότερη διαδρομή χωρίς τριβή από ένα γνωστό σημείο εκκίνησης σε ένα οικείο σημείο προορισμού.

Γενικά, αυτή η πρακτική περιορίζεται σε υπάρχοντα σύνολα δεδομένων, χωρικούς περιορισμούς, δεδομένα νερού-καιρού και κανονισμούς Colreg. Φυσικά, εξακολουθούν να υπάρχουν ζητήματα όπως ο προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ των σημείων, η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων παράκτιων σημείων ή η χρήση διαφόρων αλγορίθμων απεικόνισης για την επίλυση της σύντομης διαδρομής, η δυσκολία δημιουργίας ενός πειραματικού μοντέλου και η έλλειψη συμβατότητας των μοντέλων.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας μεγάλων δεδομένων και την ευρεία εφαρμογή της στον θαλάσσιο τομέα, το AIS μπορεί να επιτύχει μια κατάλληλη πορεία αξιολογώντας, ταξινομώντας και προβλέποντας μεγάλα τροχιακά δεδομένα. Τέτοια μοντέλα και λογισμικό υπάρχουν ήδη και χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση των θαλάσσιων διαδρομών με βάση παράγοντες όπως η παγκόσμια θαλάσσια κυκλοφορία, οι καιρικές συνθήκες και η ταχύτητα και χρήση των πλοίων.

### 2.2.2 Επίγνωση της Κατάστασης Πλοήγησης

Η επίγνωση του πλαισίου πλοήγησης είναι ουσιαστικά η αντίληψη των εσωτερικών και εξωτερικών πληροφοριών σχετικά με το πλοίο και το θαλάσσιο περιβάλλον. Αυτό το υποσύστημα είναι η βάση για κρίσιμες αποφάσεις στην πλοήγηση του πλοίου και η ακριβής πληροφόρηση είναι πολύ σημαντική. Χρησιμοποιούνται πολλοί τύποι αισθητήρων, όπως ECDIS, διάφορα ραντάρ, αισθητήρες lidar, κάμερες υψηλής ευκρίνειας, AIS κ.λπ., οι οποίοι μπορούν να αποκτήσουν ασφαλή πλοήγηση, πληροφορίες για τον καιρό του νερού, δυναμικές πληροφορίες άλλων πλοίων και πληροφορίες σχετικά με τα λιμάνια σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι πληροφορίες πολλαπλών πηγών συγχωνεύονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία και, ως εκ τούτου, τα στατικά και δυναμικά εμπόδια χαρτογραφούνται στο ECDIS και αποστέλλονται στο σύστημα λήψης αποφάσεων.

Γενικά, η επίγνωση της κατάστασης πλοήγησης μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια: λήψη πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον πλοήγησης, κατανόηση του πλαισίου της διαδρομής, εκτίμηση και πρόβλεψη της κατάστασης. Παραδοσιακά για τα επανδρωμένα σκάφη, η αντίληψη των πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον πλοήγησης αναφέρεται συνήθως στη θέση, τη διαδρομή, την ταχύτητα, τη σχετική κατεύθυνση, τη σχετική απόσταση του πλοίου και την απόκτηση του σκάφους-στόχου.

Η εκτίμηση και η πρόβλεψη της κατάστασης είναι μια υπόθεση 30 για τη μελλοντική κατάσταση ενός πλοίου σε ένα δυναμικό ωκεάνιο περιβάλλον, η οποία περιλαμβάνει την πρόβλεψη της τροχιάς και της κίνησης άλλων πλοίων ή εμποδίων. Ωστόσο, η υπάρχουσα έρευνα σχετικά με την επίγνωση του πλαισίου πλοήγησης ασχολείται με την ανάλυση καταστάσεων σύγκρουσης με βάση τους κανόνες Colregs. Στην ίδια μελέτη, προτάθηκε ότι το υποσύστημα επίγνωσης συμφραζομένων πλοήγησης εκτελεί αξιολόγηση με βάση τα συμφραζόμενα χρησιμοποιώντας οντολογικές ιδιότητες. Οι ποικίλες πληροφορίες που λαμβάνονται από πολλαπλές πηγές ορίζονται ως ειδικά στοιχεία και ταξινομούνται με βάση τα χαρακτηριστικά τους.



### 2.3 Ηλεκτρονική πλοήγηση

Το 2006 ξεκίνησε η ανάπτυξη του συστήματος ηλεκτρονικής πλοήγησης υπό την αιγίδα του IMO. Το σύστημα ηλεκτρονικής πλοήγησης είναι ένα σύστημα συντονισμένης συλλογής, ενσωμάτωσης, ανταλλαγής, προβολής και ανάλυσης θαλάσσιων πληροφοριών με ηλεκτρονικά μέσα για την ενίσχυση των δυνατοτήτων της ναυσιπλοΐας και άλλων συναφών υπηρεσιών, τη βελτίωση του επιπέδου ασφάλειας στη θάλασσα και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η ηλεκτρονική πλοήγηση προσπαθεί να ενσωματώσει την υπάρχουσα τεχνολογία πλοήγησης για να μεγιστοποιήσει την ασφάλεια και να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των θαλάσσιων μεταφορών.

Ο IMO έχει αναπτύξει ένα στρατηγικό σχέδιο για την εφαρμογή του Στρατηγικού Σχεδίου Εφαρμογής (SIP) στις ακόλουθες διαδικασίες / λειτουργίες του πλοίου. Καθώς οι ανάγκες των χρηστών εξελίσσονται, νέες τεχνικές ηλεκτρονικής πλοήγησης μπορούν να ενσωματωθούν στο SIP, ανάλογα με την περίπτωση (IMO, 2021c).

S1: Προηγμένες, ολοκληρωμένες και φιλικές προς το χρήστη γέφυρες πλοίων

S2: Τυποποιημένες και αυτοματοποιημένες μέθοδοι αναφοράς

S3: Βελτίωση της αξιοπιστίας, της ανθεκτικότητας και της ακεραιότητας της συσκευής γέφυρας και των πληροφοριών πλοήγησης

S4: Ενσωμάτωση και παρουσίαση των πληροφοριών που είναι διαθέσιμες σε γραφικές οθόνες που λαμβάνονται μέσω εργαλείων επικοινωνίας

S5: Προηγμένη επικοινωνία διαφόρων λογισμικών πλοήγησης

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας ηλεκτρονικής πλοήγησης, έχει επίσης αναπτυχθεί και δοκιμαστεί η Πλατφόρμα Ναυτιλιακών Επικοινωνιών (MCP), η οποία είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο επικοινωνίας που επιτρέπει την αποτελεσματική, ασφαλή, αξιόπιστη και απρόσκοπτη ηλεκτρονική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ όλων των ναυτιλιακών φορέων. Η ενσωμάτωση της ηλεκτρονικής πλοήγησης στις λειτουργίες των αυτόνομων πλοίων και της τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης θα μειώσει σημαντικά τον αντίκτυπο των ανθρώπινων σφαλμάτων και θα ενισχύσει την ασφάλεια στη θάλασσα και την αποτελεσματικότητα των θαλάσσιων μεταφορών.

## 2.4 Συστήματα Αισθητήρων

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας ηλεκτρονικής πλοήγησης, αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε επίσης η Πλατφόρμα Θαλάσσιων Επικοινωνιών (MCP), η οποία είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο επικοινωνιών που επιτρέπει την αποτελεσματική, ασφαλή, αξιόπιστη και απρόσκοπτη ηλεκτρονική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ όλων των ναυτιλιακών φορέων. Η ενσωμάτωση της ηλεκτρονικής πλοήγησης σε αυτόνομα πλοία και σε λειτουργίες τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης θα μειώσει σημαντικά τον αντίκτυπο των ανθρώπινων σφαλμάτων και θα ενισχύσει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των θαλάσσιων μεταφορών στη θάλασσα (DMA, 2017, Ringbom et al., 2020).

### 2.4.1 Σύγχρονοι Αισθητήρες

Το φάσμα των αισθητήρων που διατίθενται στα σύγχρονα συμβατικά επανδρωμένα πλοία περιλαμβάνει συνήθως κάμερες, ραντάρ και αισθητήρες εντοπισμού θέσης, όπως παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης (GNSS) και αδρανειακά συστήματα πλοήγησης (INS). Επιπλέον, το Αυτοματοποιημένο Σύστημα Αναγνώρισης (AIS) δεν είναι βασικά αισθητήρας, αλλά χρησιμοποιείται ως πηγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη θέση των πλοίων. Άλλοι αισθητήρες που εφαρμόζονται σε αυτόνομα συστήματα αποστολής μπορεί να περιλαμβάνουν συστήματα εγγραφής ήχου για την ανίχνευση και την ανίχνευση εξωτερικών ηχητικών σημάτων, αισθητήρες καιρού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των συνθηκών πλοήγησης και λειτουργίας άλλων αισθητήρων και αισθητήρες που παρακολουθούν την εσωτερική κατάσταση ενός πλοίου, όπως η απόδοση του κινητήρα (Thombre et al., 2020).

Πιο συγκεκριμένα, το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (GNSS) αποτελείται από διάφορα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης, όπως το GPS (Global Positioning System) που βασίζεται στις ΗΠΑ, το ρωσικό δορυφορικό σύστημα GLONASS, το ευρωπαϊκό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Galileo και το κινεζικό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Beidou (BDS). Τα συστήματα GNSS βασίζονται στη λήψη ραδιοσημάτων από δορυφόρους και στη χρήση τους για τον προσδιορισμό της θέσης του πλοίου. Για να βελτιωθεί η εγκυρότητα των εκτιμήσεων θέσης, τα συστήματα GNSS συνδυάζονται συχνά με συστήματα αδρανειακής πλοήγησης (INS), τα οποία

χρησιμοποιούν την αδρανειακή μονάδα μέτρησης (IMU) για να εκτιμήσουν την κίνηση του πλοίου προκειμένου να δώσουν σωστές εκτιμήσεις θέσης (DMA, 2017).

Σύμφωνα με τη σύμβαση SOLAS (κεφάλαιο 5, κανονισμός 19) για όλα τα επιβατηγά πλοία και τα φορτηγά πλοία και για τα αλιευτικά σκάφη μήκους άνω των 15 μέτρων, το AIS (σύστημα αυτόματης αναγνώρισης) που χρησιμοποιείται για τη συλλογή και τη μετάδοση δεδομένων μέσω ραδιοσυχνοτήτων VHF αποτελεί επίσης σημαντικό σύστημα πληροφοριών. Τα δεδομένα AIS είναι χρήσιμα για την επίγνωση των συμφραζομένων, αλλά η διαθεσιμότητα, η ακρίβεια και η εγκυρότητά τους δεν μπορούν να εγγυηθούν για όλα τα σκάφη.

Επομένως, το AIS δεν μπορεί να παρέχει αρκετές πληροφορίες για αυτόνομη πλοήγηση (Ringbom, et al., 2020). Στη συνέχεια, οι αισθητήρες ραντάρ (ραδιοανίχνευσης και εύρους) και lidar (ανίχνευση φωτός και εύρος) μετρούν το εύρος με βάση τις ραδιοσυχνότητες και τις συχνότητες οπτικού ή υπέρυθρου φωτός, αντίστοιχα. Μια σημαντική διαφορά μεταξύ ραντάρ και lidars είναι η μετάδοση του σήματος στο διάστημα. Τα ραντάρ χρησιμοποιούν κεραιές με σχετικά μεγάλο πλάτος δέσμης και ως εκ τούτου υπάρχουν δυσκολίες στην απομόνωση μικρών δομικών λεπτομερειών στα υλικά που ανιχνεύουν.

Από την άλλη, τα σύγχρονα lidars εξαρτώνται πλήρως από τα λέιζερ και ως εκ τούτου έχουν καλή οξύτητα στα σήματα που λαμβάνουν. Ως εκ τούτου, οι αισθητήρες lidar μπορούν να απεικονίσουν ένα δείγμα με μεγάλη λεπτομέρεια ακόμη και από πολύ μεγάλη απόσταση. Ωστόσο, το μειονέκτημά τους είναι ότι είναι πολύ ευαίσθητοι σε καιρικά φαινόμενα όπως η βροχή.

Αντίθετα, τα ραδιοκύματα διεισδύουν καλύτερα στα σύννεφα, τον καπνό και το χιόνι και, ως εκ τούτου, τα ραντάρ είναι μια σαφής επιλογή ως συστήματα μεγάλης εμβέλειας στα πλοία. Οι διαθέσιμοι αισθητήρες lidar θεωρούνται γενικά ανεπαρκείς για τις περισσότερες χρήσεις σε ανεξάρτητο πλοίο, αλλά η ανάπτυξή τους απαιτεί υψηλό κόστος κυρίως λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων που πρέπει να υποστηρίξουν. Ωστόσο, το πεδίο εφαρμογής και η ανάλυση της τεχνολογίας LiDAR είναι πιθανό να βελτιωθεί τις επόμενες ημέρες, επιτρέποντας τη χρήση τους σε αυτόνομα πλοία (Thombre et al., 2020).

Τέλος, στα συστήματα αισθητήρων, διάφοροι οπτικοί και ηχητικοί αισθητήρες είναι σημαντικοί. Με τον όρο οπτικοί αισθητήρες εννοούμε όλους τους αισθητήρες που συλλαμβάνουν τουλάχιστον μια δισδιάστατη εικόνα που μοιάζει με το ανθρώπινο μάτι, ενώ οι αισθητήρες ήχου είναι κυρίως μικρόφωνα και ειδικά σειρές μικροφώνων που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για το θαλάσσιο περιβάλλον.

Σε ένα αυτόνομο σύστημα πλοήγησης, οι κάμερες χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν την τυπική «βάρδια» των ναυτικών (τήρηση φυλακών). Διαφορετικοί τύποι συστημάτων κάμερας είναι απαραίτητοι για διαφορετικές λειτουργίες αλλαγής ταχυτήτων. Για παράδειγμα, ενδέχεται να απαιτείται μια σειρά πολλαπλών αισθητήρων κάμερας για ειδοποίηση 360 μοιρών γύρω από το σκάφος.

Η κύρια πρόκληση με τα συστήματα κάμερας σε θαλάσσιες εφαρμογές είναι η ανάγκη για αυξημένη ανάλυση, η οποία αυξάνει την υπολογιστική ικανότητα, τη χωρητικότητα αποθήκευσης και τις απαιτήσεις μεταφοράς δεδομένων. Όσον αφορά τους αισθητήρες ήχου, μπορούν να είναι χρήσιμοι για την περιγραφή του περιβάλλοντος ενός πλοίου (για παράδειγμα, μια ποικιλία σκαφών μπορεί να ανιχνευθεί, να ταξινομηθεί και να παρακολουθείται αναλύοντας τους ήχους που παράγουν, όπως ένας κινητήρας) και για την αυτόματη ανίχνευση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, όπως η ανίχνευση σφαλμάτων (Thombre et al., 2020).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Το έργο MUNIN για την αυτόνομη ναυτιλία

### 3.1 Το έργο MUNIN

Το έργο MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) πρόκειται για ένα συνεργατικό ερευνητικό πρόγραμμα που συγχρηματοδοτείται από τις Ευρωπαϊκές Επιτροπές στο πλαίσιο του έβδομου προγράμματος πλαισίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το Munin στοχεύει να αναπτύξει και να εξετάσει την έννοια ενός αυτόνομου πλοίου, το οποίο ορίζεται κυρίως ως ένα πλοίο που κατευθύνεται από αυτοματοποιημένα συστήματα λήψης αποφάσεων επί του σκάφους, αλλά ελέγχεται από έναν απομακρυσμένο χειριστή σε ένα παραθαλάσσιο κέντρο ελέγχου. (Fraunhofer, 2016).

Οι θαλάσσιες μεταφορές εντός της ΕΕ αντιμετωπίζουν προκλήσεις όπως η σημαντική αύξηση του όγκου των μεταφορών, οι αυξανόμενες περιβαλλοντικές απαιτήσεις και η έλλειψη προσωπικού στο μέλλον. Η έννοια του αυτόνομου πλοίου προσφέρει τη δυνατότητα υπέρβασης αυτών των προκλήσεων. Επιπλέον, επιτρέπει την αποτελεσματικότερη και ανταγωνιστικότερη λειτουργία των πλοίων και βελτιώνει τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις. Η προσέγγιση που βασίζεται στην ακτή δίνει στους ναυτικούς τη δυνατότητα να γίνουν πιο κοινωνικά βιώσιμοι μειώνοντας το χρόνο που περνούν μακριά από τις οικογένειές τους στο «επάγγελμα της ιστιοπλοΐας».

Η συντομογραφία Munin αναφέρεται στη θαλάσσια μη επανδρωμένη ναυσιπλοΐα, μέσω πληροφοριών σε δίκτυα, και υπογραμμίζει την υποκείμενη ιδέα ενός έργου που ορίζεται στην ανάπτυξη τεχνολογίας για τη λειτουργία ενός μη επανδρωμένου αυτόνομου πλοίου. Επίσης, σύμφωνα με τη νορβηγική μυθολογία, ονομάζεται ένα από τα κοράκια του Όντιν, το οποίο κάθε μέρα πετάει σε όλο τον κόσμο χωρίς καθοδήγηση, συλλέγει πληροφορίες και επιστρέφει τις βραδινές πληροφορίες - το «εμπόρευμα» του - στον κύριό του. Αυτό είναι το όραμα του αυτόνομου σκάφους Munin.

Η προέλευση του Munin βρίσκεται στο στρατηγικό ερευνητικό σχέδιο και το έργο υλοποίησης της Waterborne TP, μιας ομάδας ενδιαφερόμενων μερών της ευρωπαϊκής ναυτιλιακής βιομηχανίας, η οποία δημοσίευσε μια εργασία της οποίας το θέμα λαμβάνει επίσης υπόψη το όραμα για τη μελλοντική ανάπτυξη της ναυτιλιακής βιομηχανίας, την ανταγωνιστικότητα και την καινοτομία, τις απαιτήσεις ασφάλειας και την προστασία του περιβάλλοντος.

Ως αποτέλεσμα μιας σημαντικής αξιοποίησης της ευρωπαϊκής ατζέντας θαλάσσιας έρευνας, ονομάστηκε το αυτόνομο πλοίο, το οποίο διαθέτει αρθρωτά συστήματα ελέγχου και τεχνολογία επικοινωνιών που επιτρέπει την ασύρματη παρακολούθηση και τον έλεγχο, συμπεριλαμβανομένων προηγμένων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και απομακρυσμένων και αυτόνομων επιχειρησιακών δυνατοτήτων. Τα μη επανδρωμένα και αυτόνομα σκάφη μπορούν να συμβάλουν στον στόχο μιας πιο βιώσιμης ευρωπαϊκής βιομηχανίας θαλάσσιων μεταφορών, καθώς έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν το κόστος συντήρησης, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να προσελκύσουν επαγγελματίες ναυτικούς (Ahvenjärvi, 2016).

### 3.2 Περίπτωση εφαρμογής

Μια υπόθεση που σχετίζεται με ένα πλοίο μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου, το οποίο δραστηριοποιείται σε ηπειρωτικές συναλλαγές με φορτηγά πλοία, διερευνήθηκε στο Munin. Αυτό το προφίλ παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για την ιδέα Munin, επειδή δεδομένου ότι οι πρόσθετες απαιτήσεις φορτίου είναι χαμηλές, το ενδιαφέρον για ταξίδια με χαμηλότερη ταχύτητα έχει αυξηθεί, καθώς τα πλοία μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου συνήθως μεταφέρουν εμπορεύματα απευθείας από τόπο σε τόπο, με αποτέλεσμα μεγαλύτερα, απρόσκοπτα ταξίδια σε βαθιά νερά σε σύγκριση με τις συναλλαγές εμπορευματοκιβωτίων. Αυτό είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, καθώς η Μουνίνη παρέχει την αυτόνομη λειτουργία ενός μη επανδρωμένου πλοίου μόνο κατά τη διάρκεια ταξιδιού στην ανοικτή θάλασσα και όχι σε καταστάσεις κυκλοφορίας. Αν και η αναλογία βαθέων υδάτων/ταξιδιού αποτελεί σημαντικό οικονομικό παράγοντα για την επιχειρησιακή απόδοση, τα καθήκοντα αυτά θα εξακολουθήσουν να εκτελούνται από το πλήρωμα του πλοίου. (Chaaletal., 2020).

### 3.3 Στοιχεία της ιδέας

Το περιορισμένο εύρος ζώνης του δορυφόρου σε ορισμένες περιοχές και το υψηλό κόστος επικοινωνίας καθιστούν μια απλή λύση τηλεχειρισμού ελκυστική. Έτσι, ο Munin προτείνει μια ιδέα ότι το πλοίο λειτουργεί αυτόνομα μέσω ανεπτυγμένων συστημάτων. Οι λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου εκτελούνται από τον χειριστή στο κέντρο ελέγχου ξηράς. Ως εκ τούτου, η έννοια Munin ορίζει τα ακόλουθα συστήματα και στοιχεία (Burmeister et al., 2014):

- Η προηγμένη μονάδα αισθητήρα, η οποία φροντίζει τις λειτουργίες επιτήρησης στο πλοίο, συγχωνεύει συνεχώς δεδομένα αισθητήρων από υπάρχοντα συστήματα

πλοήγησης όπως ραντάρ και AIS, σε συνδυασμό με εικόνες κάμερας κατά τη διάρκεια της ημέρας και υπέρυθρες

- Ένα αυτόνομο σύστημα πλοήγησης, το οποίο ακολουθεί ένα προκαθορισμένο σχέδιο ταξιδιού εντός ενός ορισμένου επιπέδου ελευθερίας, για την προσαρμογή της διαδρομής σύμφωνα με το νόμο και την καλή πλοήγηση, για παράδειγμα λόγω της εμφάνισης καταστάσεων πρόσωπο με πρόσωπο με άλλο πλοίο ή λόγω σημαντικών αλλαγών στις καιρικές συνθήκες.
- Ένα αυτόνομο σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης κινητήρα, το οποίο εμπλουτίζει το μηχανοστάσιο του πλοίου και τα συστήματα αυτοματισμού πρόωσης, εκτελεί προηγμένες λειτουργίες προ-βλάβης και συντήρησης, αλλά διατηρεί τη μέγιστη απόδοση.
- Το Κέντρο Ελέγχου Ανοικτής Θαλάσσης, το οποίο παρακολουθεί και ελέγχει συνεχώς το αυτόνομο πλοίο μετά την αναχώρηση του μόνιμου πληρώματος ειδικών αξιωματικών και μηχανικών του Πολεμικού Ναυτικού.

Περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, συγκεκριμένες θέσεις:

- Χειριστής του υπεράκτιου κέντρου ελέγχου, ο οποίος παρακολουθεί την ασφαλή λειτουργία πολλών αυτόνομων σκαφών ταυτόχρονα από έναν σταθμό και τα ελέγχει, δίνει εντολές υψηλού επιπέδου, πχ. Επικαιροποίηση του σχεδίου ιστιοπλοΐας ή επικαιροποίηση του επιχειρησιακού αρχείου του αυτόνομου συστήματος.
- Ο μηχανικός του Κέντρου Ελέγχου Ακτών, ο οποίος βοηθά τον χειριστή σε περίπτωση τεχνικών προβλημάτων και είναι υπεύθυνος για το σχέδιο συντήρησης των πλοίων με βάση το σύστημα συντήρησης που εξασφαλίζει την επαρκή αξιοπιστία του τεχνικού συστήματος για τα επόμενα ταξίδια.
- Μια ομάδα από την αίθουσα προετοιμασίας του Κέντρου Ελέγχου Ξηράς μπορεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, να πραγματοποιήσει άμεσο απομακρυσμένο έλεγχο του πλοίου μέσω ενός αντιγράφου της γέφυρας του μη επανδρωμένου πλοίου, συμπεριλαμβανομένου ενός απομακρυσμένου συστήματος υποστήριξης ελιγμών, το οποίο εξασφαλίζει την επίγνωση της σωστής κατάστασης σε άμεσο έλεγχο παρά τη φυσική απόσταση μεταξύ του πληρώματος και του πλοίου.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Νομοθετικό και Θεσμικό Πλαίσιο

### 4.1. Νομοθετικό Πλαίσιο

Τα αυτόνομα πλοία πρόκειται να φέρουν μια νέα πραγματικότητα στη ναυτιλία που δεν μπορεί να είναι αυθαίρετη και αναμφίβολα θα απαιτεί κανόνες για την αρμονική και αποτελεσματική λειτουργία τους. Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στο νομικό πλαίσιο των αυτόνομων πλοίων και προσδιορίζει τις μείζονες προκλήσεις.

Η νομιμότητα και το θεσμικό πλαίσιο της αυτόνομης λειτουργίας των πλοίων καθορίζεται από ποικίλους κανόνες και κανονισμούς, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, τη θέση της ναυτιλιακής εταιρείας ή του ιδιοκτήτη και τις θαλάσσιες διαδρομές μέσω των οποίων λειτουργεί. Γενικά, στη ναυτιλία, χωρίζονται δύο κύρια τμήματα των κανόνων.

Πρώτον, υπάρχουν διατάξεις του δικαίου της θάλασσας, οι οποίες καθορίζουν τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των κρατών να ρυθμίζουν και να λαμβάνουν μέτρα σε σχέση με ξένα πλοία σε διάφορες θαλάσσιες ζώνες. Αυτά προβλέπονται κυρίως στη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS) του 1982. Δεύτερον, λεπτομερέστερες τεχνικές απαιτήσεις, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων ασφάλειας, ναυσιπλοΐας, επάνδρωσης και προστασίας κ.λπ., καθορίζονται σε διάφορες συμφωνίες, οι οποίες εγκρίνονται γενικά από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΔΝΟ). Αυτοί οι διεθνείς κανονισμοί ισχύουν στη συνέχεια και μερικές φορές συμπληρώνουν τους εθνικούς κανονισμούς που ρυθμίζουν τις εθνικές υποθέσεις και ελέγχουν θέματα για τα εγχώρια σκάφη (DMA, 2017; Ringbom, et al., 2020).

Επιπλέον, οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) ρυθμίζουν θέματα που σχετίζονται με την ασφάλεια στη θάλασσα και άλλα θέματα ναυτικού δικαίου. Ωστόσο, οι ισχύοντες κανονισμοί της ΕΕ δεν παρέχουν τεχνικά πρότυπα για την ασφάλεια στη θάλασσα ή τη ναυπηγική βιομηχανία και, ως εκ τούτου, δεν επιβάλλουν περιορισμούς στη λειτουργία αυτόνομων πλοίων, όπως οι κανονισμοί του ΔΝΟ. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει ανάγκη για τροποποιήσεις των κανόνων σε επίπεδο ΕΕ, αν και ορισμένοι υφιστάμενοι κανόνες της ΕΕ για συγκεκριμένες κατηγορίες σκαφών, όπως τα επιβατηγά πλοία εσωτερικής κυκλοφορίας, ενδέχεται να χρειαστεί να τροποποιηθούν ώστε να συμπεριλάβουν αυτόνομα επιβατηγά πλοία. Οι κανονισμοί της ΕΕ έχουν



επίσης δυνητικά υποστηρικτικό ρόλο, ιδίως στον τομέα της ανταλλαγής δεδομένων και πληροφοριών. (DMA, 2017, Ringbom, et al., 2020).

Γενικά, τα αυτόνομα σκάφη πρέπει να ακολουθούν τον γενικό κανόνα δικαίου που εφαρμόζεται σε αυτόν τον τύπο πλοίου. Ως εκ τούτου, κάθε αυτόνομο πλοίο θα υπόκειται στους γενικούς κανόνες που ισχύουν για τα επιβατηγά πλοία, τα φορτηγά πλοία, τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, τα πετρελαιοφόρα κ.λπ. (DMA, 2017, Ringbom, et al., 2020). Όσον αφορά τους νομικούς κανόνες που συνδέονται με τα αυτόνομα σκάφη κατά τη φάση δοκιμής, είναι σε μεγάλο βαθμό παρόμοιοι με εκείνους που πρέπει να επισημαίνουν οι εταιρείες που εκμεταλλεύονται αυτόνομα πλοία. Ως εκ τούτου, οι εξετάσεις πρέπει επίσης να ακολουθούν τους γενικούς κανόνες, με την επιφύλαξη ορισμένων εξαιρέσεων που δημιουργούνται ειδικά για την εξέταση.

## 4.2 Παγκόσμιες Συμβάσεις

### 4.2.1 Ηνωμένα Έθνη – UNCLOS

Η παγκόσμια ναυτιλία ρυθμίζεται κυρίως από τη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS), η οποία αποτελεί ένα από τα πιο λεπτομερή και καθιερωμένα μέσα των διεθνών ρυθμιστικών προτύπων. Το δίκαιο της θάλασσας ασχολείται με τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των κρατών σε σχέση με τις θάλασσες, όπως ο βαθμός στον οποίο τα πλοία μπορούν να κινούνται σε διαφορετικές θαλάσσιες περιοχές, οι υποχρεώσεις που έχουν τα κράτη σχετικά με τα πλοία που φέρουν τη σημαία τους και τα δικαιώματα άλλων κρατών να παρεμβαίνουν στη ναυσιπλοΐα πλοίων σε διαφορετικές θαλάσσιες περιοχές.

Η UNCLOS είναι επίσημα αποδεκτή παγκοσμίως (168 συμβαλλόμενα μέρη της συνθήκης) και οι διατάξεις της σχετικά με τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις στη ναυσιπλοΐα είναι ευρέως αποδεκτές ως κύριοι εκπρόσωποι του κοινού δικαίου (και ως εκ τούτου ισχύουν και για τα μέρη εκτός συνθήκης). Καταρχάς, σύμφωνα με το άρθρο 25 της UNCLOS, τα κράτη έχουν το δικαίωμα να απαγορεύουν την είσοδο πλοίων στους λιμένες και τα εσωτερικά ύδατά τους και να θεσπίζουν ειδικούς κανόνες για τις προσβάσεις ξένων πλοίων. Αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει κοινό εμπόδιο για τα αυτόνομα σκάφη, εφόσον οι λιμένες και τα παράκτια κράτη δεν επιθυμούν αυτόνομα σκάφη στα ύδατά τους. Περιορίζει την εμπορική ζώνη των αυτόνομων σκαφών στα εθνικά ύδατα των κρατών όπου οι εθνικές ναυτιλιακές αρχές έχουν θετική στάση απέναντι στα αυτόνομα σκάφη. Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη να θεσπιστεί ένα κατάλληλο νομοθετικό

πλαίσιο όσον αφορά τα παράκτια κράτη και να απαγορευτεί η είσοδος αυτόνομων σκαφών στα εσωτερικά ύδατα και τους λιμένες τους. (Ringbom, et al., 2020).

Το πρόσθετο ζήτημα που ανακύπτει με τα αυτόνομα πλοία αφορά το άρθρο 94 της UNCLOS. Παραδοσιακά για τα επανδρωμένα σκάφη είναι «υπό τον έλεγχο ενός πλοίαρχου και αξιωματικού με τα κατάλληλα προσόντα» επειδή ένα άτομο με τα απαραίτητα προσόντα (πλοίαρχος ή πιλότος) έχει τον έλεγχο του πλοίου. Αυτό σημαίνει ότι ένα πλήρως αυτόνομο πλοίο χωρίς πλήρωμα για τη ναυσιπλοΐα και τη λειτουργία του δεν θα συμμορφώνεται με το άρθρο 94 της UNCLOS. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαίο να αποσαφηνιστεί ο ορισμός του «πλοίαρχου» ή του υπευθύνου για το πλοίο σύμφωνα με το επίπεδο αυτονομίας και είναι αναγκαίο να τροποποιηθεί το άρθρο 94 παράγραφος 4 της UNCLOS ώστε να συμπεριλάβει πλήρως αυτόνομα σκάφη. (Ringbom, et al., 2020).

#### 4.2.2 Κράτη Σημαίας

Η σημαία αντιπροσωπεύει τον παραδοσιακό ακρογωνιαίο λίθο της δικαιοδοσίας του κράτους ελεγκτή πλοίων. Η UNCLOS έχει το δικαίωμα να σημαδεύει πλοία προς όλα τα κράτη, δηλαδή την εθνικότητα, και να καθορίζει τους όρους χορήγησης τέτοιων σκαφών. Ωστόσο, η σύμβαση περιλαμβάνει επίσης ορισμένα λεπτομερή καθήκοντα για τα κράτη σημαίας. Κάθε κράτος είναι υποχρεωμένο να «ασκεί αποτελεσματικά τη δικαιοδοσία και τον έλεγχο του σε διοικητικά, τεχνικά και κοινωνικά θέματα στα πλοία που φέρουν τη σημαία του» συμπεριλαμβανομένης της «ανάληψης δικαιοδοσίας σύμφωνα με το εσωτερικό του δίκαιο σε κάθε πλοίο που φέρει τη σημαία του και τον ιδιοκτήτη, τους αξιωματικούς και το πλήρωμά του. «Τεχνικά και κοινωνικά θέματα που σχετίζονται με το πλοίο».

Το κράτος σημαίας θα λάβει επίσης τέτοια μέτρα «... Να κατοχυρωθεί η ασφάλεια στη θάλασσα, η συντήρηση των πλοίων, οι συνθήκες εργασίας και η εκπαίδευση των πληρωμάτων, λαμβανομένου υπόψη του ισχύοντος διεθνούς εξοπλισμού», «τα αναγκαία μέτρα για να εξασφαλιστεί ότι κάθε σκάφος είναι υπεύθυνο έναντι του πλοίαρχου και των αρχών με τα κατάλληλα προσόντα, ιδίως στο πλοίο· Το προσωπικό είναι επιλέξιμο για προσόντα και αριθμούς για πλοήγηση, επικοινωνίες και ναυτική μηχανική, καθώς και τύπο πλοίου, μέγεθος, μηχανήματα και εξοπλισμό. (DMA, 2017).

Επομένως, το πρόβλημα που προκύπτει όπως και πριν είναι ο βαθμός αυτονομίας των πλοίων και η ύπαρξη ή μη του πληρώματος. Η σημαία ναυτικού δικαίου της UNCLOS μεταβιβάζει διάφορες ευθύνες σε ιδιοκτήτες, αξιωματικούς και προσωπικό σε κράτη. Η ευθύνη για τα αυτόνομα σκάφη, τα οποία είναι εντελώς μη επανδρωμένα και απαιτούν μικρό αριθμό προσωπικού, εναπόκειται στο κράτος σημαίας (DMA, 2017).

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> : IMO και αυτόνομα πλοία

### 5.1. Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Οι έρευνες και τα επιτεύγματα δείχνουν επιταχυνόμενη και συνεχή πρόοδο των αυτόνομων και τηλεκατευθυνόμενων πλοίων σε παγκόσμιο επίπεδο. Συνεπώς, αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η εφαρμογή, τα μέσα ρύθμισης και το νομοθετικό πλαίσιο πρέπει να αντιμετωπιστούν κατάλληλα. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) θέτει παγκόσμια πρότυπα και κανονισμούς σχετικά με τη διεθνή ναυτιλία. Κατά συνέπεια, ο ΔΝΟ έχει την ευθύνη να καταστήσει την εισαγωγή αυτών των τύπων πλοίων στη διεθνή ναυτιλία ασφαλή, προστατευμένη και περιβαλλοντικά αποδεκτή.

Το 2018, ο IMO άρχισε να διερευνά την εισαγωγή αυτόνομων και τηλεκατευθυνόμενων πλοίων. Ανακοινώθηκε ότι η έρευνα θα διεξαχθεί μέσω ρυθμιστικής διερευνητικής άσκησης. Για την αντιμετώπιση αυτόνομων και τηλεκατευθυνόμενων πλοίων, προτείνεται για την άσκηση αυτή ο όρος Ναυτικά Αυτόνομα Πλοία Επιφανείας (MASS). Για τη ρυθμιστική διερευνητική άσκηση, το MASS ορίζεται ως: «Ένα πλοίο το οποίο, σε διαφορετικό βαθμό, μπορεί να λειτουργεί ανεξάρτητα από την ανθρώπινη αλληλεπίδραση». Αφού ορίσουμε τι είναι αυτόνομο πλοίο, το επόμενο ζήτημα είναι να ορίσουμε τους βαθμούς αυτονομίας. Οι βαθμοί αυτονομίας, όπως ορίζονται από τον ΔΝΟ, καθορίζονται για την προαναφερθείσα άσκηση (ο ΔΝΟ λαμβάνει τα πρώτα μέτρα για την αντιμετώπιση των αυτόνομων πλοίων, 2018):

- Βαθμός πρώτος: Πλοίο με αυτοματοποιημένες διαδικασίες και υποστήριξη αποφάσεων: Οι ναυτικοί βρίσκονται στο πλοίο για να λειτουργούν και να ελέγχουν συστήματα και λειτουργίες του πλοίου. Ορισμένες λειτουργίες μπορεί να είναι αυτοματοποιημένες και μερικές φορές χωρίς επίβλεψη, αλλά με τους ναυτικούς επί του πλοίου έτοιμους να αναλάβουν τον έλεγχο.
- Βαθμός δεύτερος: Τηλεκατευθυνόμενο πλοίο με ναυτικούς επί του πλοίου: Το πλοίο ελέγχεται και λειτουργεί από άλλη τοποθεσία. Οι ναυτικοί είναι διαθέσιμοι επί του πλοίου για να αναλάβουν τον έλεγχο και να χειριστούν τα συστήματα και τις λειτουργίες του πλοίου.
- Βαθμός τρίτος: Τηλεκατευθυνόμενο πλοίο χωρίς ναυτικούς: Το πλοίο ελέγχεται και λειτουργεί από άλλη τοποθεσία. Δεν υπάρχουν ναυτικοί στο πλοίο.

- Βαθμός τέταρτος: Πλήρως αυτόνομο πλοίο: Το λειτουργικό σύστημα του πλοίου είναι σε θέση να λαμβάνει αποφάσεις και να καθορίζει ενέργειες από μόνο του.

Η ασφάλεια, η σκοπιμότητα και η νομοθεσία είναι τα κύρια ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Για την ασφαλή επίλυση αυτών των ζητημάτων, η Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC), η οποία είναι το τεχνικό όργανο του IMO, έχει εγκρίνει την έρευνα του MASS. Στην 99η σύνοδο της MSC (Έκθεση της Επιτροπής Ασφάλειας στη Θάλασσα για την ενενηκοστή ένατη συνεδρία της, 2018), εγκρίθηκε το πλαίσιο έρευνας, το οποίο θα υλοποιηθεί μέσω ρυθμιστικής διερευνητικής άσκησης. Η ημερομηνία ολοκλήρωσης αυτής της άσκησης είναι στοχευμένη για το 2020.

Για την άσκηση, καθορίζεται ομάδα αλληλογραφίας και μεθοδολογία, προτείνεται ολιστική προσέγγιση, ενώ ο βαθμός θα πρέπει να καλύπτει κινδύνους και οφέλη σχετικά με οποιαδήποτε πτυχή της ασφάλειας. Τυχόν ορισμοί και έννοιες MASS διαφορετικών τύπων και επιπέδων αυτονομίας, αυτοματισμού, λειτουργίας και επάνδρωσης θα πρέπει να είναι προσωρινοί. Ο εργασιακός προσανατολισμός αυτής της άσκησης πρέπει να επικεντρώνεται στον χρήστη και όχι στην τεχνολογία.

Η διερευνητική διαδικασία αποτελείται από δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, πρέπει να αναγνωριστούν οι παρούσες διατάξεις για τον κατάλογο των μέσων του ΔΝΟ. Ο κατάλογος οργάνων του IMO αποτελείται από (ο IMO κάνει τα πρώτα βήματα για την αντιμετώπιση των αυτόνομων πλοίων, 2018):

- Η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα – SOLAS.
- Οι Διεθνείς Κανονισμοί για την Πρόληψη Συγκρούσεων στη Θάλασσα – COLREG.
- Η Διεθνής Σύμβαση για τις Γραμμές Φόρτωσης – CLL.
- Η Διεθνής Σύμβαση για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Τήρησης Φυλακών των Ναυτικών - STCW και STCW-F - σχετικά με την εκπαίδευση των αλιέων.
- Έρευνα και Διάσωση – SAR.
- Διεθνής σύμβαση για την καταμέτρηση της χωρητικότητας των πλοίων.
- Σύμβαση για ασφαλή εμπορευματοκιβώτια – CSC.
- Ειδική συμφωνία επιβατηγού εμπορικού πλοίου - STP

Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, πρέπει να αξιολογηθεί η εφαρμογή αυτών των μέσων στη MASS. Πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις μεθόδους ανάπτυξης, τα αποτελέσματα και

τον ακριβή χρόνο που απαιτείται για κάθε βήμα αναμένονται για τη συνεδρία MSC 102, που έχει προγραμματιστεί για τον Μάιο του 2020.

Ο στόχος του επόμενου βήματος είναι να καθοριστεί ο καταλληλότερος τρόπος αντιμετώπισης των λειτουργιών MASS. Επιτυγχάνεται με τη διεξαγωγή ανάλυσης στην οποία λαμβάνονται υπόψη το ανθρώπινο στοιχείο, η τεχνολογία και οι λειτουργικοί παράγοντες. Οι κύριοι στόχοι της ανάλυσης είναι να προσδιοριστεί η αναγκαιότητα για (Επιτροπή Θαλάσσιας Ασφάλειας, 100η σύνοδος, 2018):

- Ισοδυναμίες όπως προβλέπονται από μέσα ή ανάπτυξη ερμηνειών ή/και
- Τροποποίηση υφιστάμενων μέσων ή/και
- Ανάπτυξη νέων μέσων ή/και
- Κανένα από τα παραπάνω ως αποτέλεσμα της ανάλυσης.

Εκτός από τις δηλώσεις του IMO, κατά τη διάρκεια της 99ης συνόδου της MSC, προτάθηκαν πρόσθετες σκέψεις σχετικά με τους ορισμούς για τα επίπεδα και τις έννοιες της αυτονομίας. Όσον αφορά τους ορισμούς και τα επίπεδα αυτονομίας, προτάθηκαν έξι προτάσεις. Υποβλήθηκαν προτάσεις από δύο νηογνώμονες, δύο βιομηχανικές/ ερευνητικές ενώσεις, μία εταιρεία που ασχολείται με αυτόνομες τεχνολογίες και έναν σύμβουλο.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε πώς τα προτεινόμενα επίπεδα αυτονομίας διέφεραν πολλά καθώς και στους ορισμούς τους. Κατά τη διάρκεια αυτής της συνεδρίας, δεν επιτεύχθηκε συγκεκριμένος αριθμός ή ορισμοί, αλλά σημειώθηκε ότι τα επίπεδα αυτονομίας θα πρέπει να είναι περιεκτικά, εφαρμόσιμα σε πραγματικά έργα και πολυάριθμα ελαχιστοποιημένα εάν είναι δυνατόν.

## 5.2. Νηογνώμονες και αυτόνομα πλοία

Όπως αναφέρθηκε, ο IMO έχει ήδη αρχίσει να εντοπίζει την ασφάλεια, την προστασία και τις περιβαλλοντικές πτυχές των μαζικών επιχειρήσεων σύμφωνα με τα υπάρχοντα πρότυπα του ΔΝΟ. Παράλληλα με την εισαγωγή του MASS, προέκυψε η ανάγκη για ένα νέο και ενδεχομένως πρόσθετο επίπεδο τεχνικών απαιτήσεων. Η Διεθνής Ένωση Ταξικών Εταιρειών (IACS) στοχεύει να συμβάλει σε αυτό το θέμα σχεδιάζοντας απαιτήσεις και διαδικασίες για τον εντοπισμό αναδυόμενων περιοχών και κενών (Εγγραφο θέσης MASS, 2019). Το ΟΣΔΕ συμπεριέλαβε αυτή την ατζέντα MASS στο στρατηγικό σχέδιο δράσης του:

- Επανεξέταση όλων των ψηφισμάτων και συστάσεων του ΟΣΔΕ για την αναγνώριση πιθανών απαιτήσεων που θα μπορούσαν να αποκρύψουν την τεχνική ανάπτυξη του MASS.
- Αντιμετώπιση πιθανών ζητημάτων που μπορεί να επισκιάσουν την τεχνική ανάπτυξη του MASS.

Επίσης, το ΟΣΔΕ έχει αναλάβει διάφορες πρωτοβουλίες για το θέμα αυτό, όπως:

- Εσωτερική επανεξέταση όλων των ψηφισμάτων (2017)
- Πιλοτικό έργο για επιλεγμένα ψηφίσματα του ΟΣΔΕ (2018)
- Βασικές αρχές για τη σύνταξη νέων και αναθεωρημένων ψηφισμάτων του ΟΣΔΕ (2018)
- Σύσταση ειδικής ομάδας του ΟΣΔΕ για τη MASS (2019)
- Αναφορές στην ηγεσία του ΟΣΔΕ ή συμμετοχή σε εξωτερικές
- Συναντήσεις/Δραστηριότητες

Σύμφωνα με τον Musonon (2018), η μετάβαση από πλοία με προσωπικό σε αυτόνομα πλοία θα εξελιχθεί σταδιακά. Δεν είναι καθόλου ρεαλιστικό να αναμένουμε ότι τα πλήρως αυτόνομα σκάφη θα αρχίσουν να λειτουργούν παγκοσμίως σε σύντομο χρονικό διάστημα, όπως αρκετά χρόνια. Η μετατόπιση θα πρέπει να γίνει αντιληπτή ως μια βήμα προς βήμα διαδικασία στην οποία παρατηρείται η σταδιακή εφαρμογή διαφόρων τεχνολογιών. Ως κύριος τεχνικός σύμβουλος του ΔΝΟ, το ΟΣΔΕ προτίθεται να συμβάλει στις μελλοντικές εργασίες με τους εξής τρόπους:

- Συνέχιση της συμμετοχής της στην ομάδα εργασίας του ΔΝΟ στην MSC 101 (Ιούνιος 2019) και MSC 102 (Μάιος 2020), καθώς και στην προγραμματισμένη διασυνεδριακή ομάδα εργασίας MSC για τη MASS (Σεπτέμβριος 2019).
- Παρακολούθηση της ανάπτυξης κατευθυντήριων γραμμών για τις δοκιμές MASS που ξεκίνησαν από το MSC 100 και παροχή σχολίων ανάλογα με τις ανάγκες.
- Το ΟΣΔΕ προτίθεται να συνεχίσει την ενεργό συμμετοχή του στη ρυθμιστική διερευνητική άσκηση του ΔΝΟ για το MASS (Φεβρουάριος 2019 – Φεβρουάριος 2020).
- Το ΟΣΔΕ σχεδιάζει να παρακολουθεί το πρόγραμμα εργασίας του ISO/TC8/WG10 για την ανάπτυξη νέων προτύπων ISO που σχετίζονται με την ορολογία MASS και τις έννοιες για την αυτονομία των πλοίων.

Οι εταιρείες αδειοδότησης παρέχουν τεχνικά πρότυπα σχετικά με την κατασκευή και τη λειτουργία πλοίων και χερσαίων κατασκευών. Τα απαιτούμενα πρότυπα θα ισχύουν για τα αυτόνομα και τηλεχειριζόμενα πλοία. Επίσης, η συμμόρφωση με τα πρότυπα που απαιτούνται από ορισμένες ταξινομικές εταιρείες επιτυγχάνεται μέσω τακτικών επιθεωρήσεων ή πρόσθετων ερευνών. Όπως ορίζεται από την Εταιρεία Ταξινόμησης, αυτοί οι τύποι πλοίων πρέπει να συμμορφώνονται με τα ίδια ή υψηλότερα πρότυπα από τα συμβατικά πλοία.



## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> : Προκλήσεις των αυτόνομων πλοίων

### 6.1. Πιθανά οφέλη

Σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα, οι παράγοντες που πυροδοτούν την ανάπτυξη πιο αυτοματοποιημένων πλοίων είναι: α) οικονομικά οφέλη β) διεθνείς κανονισμοί γ) υποστήριξη από κυβερνήσεις. Αντίθετα, οι παράγοντες που εμποδίζουν την ανάπτυξή τους είναι: α) το κόστος ανάπτυξης β) η έλλειψη οικονομικού οφέλους γ) η υλική υποδομή δ) οι κανόνες και οι κυβερνήσεις κ.λπ.

Η αυτόνομη ναυτιλία έχει τη δυνατότητα να προσφέρει πολλά οφέλη στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Ένα όφελος είναι η μείωση του ανθρώπινου λάθους, το οποίο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην πρόκληση ατυχημάτων στη θάλασσα. Ορισμένες εκτιμήσεις θεωρούν ότι το ανθρώπινο λάθος είναι η κύρια αιτία των θαλάσσιων ατυχημάτων στο 75-96% των περιπτώσεων. Για παράδειγμα, τα μέλη του πληρώματος του μηχανοστασίου ενός πλοίου διαφέρουν ως προς την εκπαίδευση και την εμπειρία και είναι εύκολο να υπάρχουν δυσκολίες στην κατανόηση σε συνδυασμό γλωσσικών διαφορών, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε θανατηφόρα λάθη.

Επιπλέον, μετά την εξέταση της Alliance Global Corporate & Specialty, μιας ασφαλιστικής εταιρείας που παρέχει διάφορους τύπους βιομηχανικής ασφάλισης παγκοσμίως, διαπιστώθηκε ότι από τις 15.000 ασφαλιστικές αξιώσεις αστικής ευθύνης, το 75% όλων των αξιώσεων οφείλονταν σε ανθρώπινο λάθος. Η λογική υπόθεση είναι ότι τα αυτόνομα, μη επανδρωμένα σκάφη είναι ασφαλή για την ανθρώπινη ζωή, γεγονός που εξαλείφει τους κινδύνους που αντιμετωπίζουν τα πληρώματα σε θάλασσες μεγάλου υψομέτρου, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμό ή θάνατο.

Εκτός από την προστασία της ανθρώπινης ζωής, ένα άλλο πιθανό όφελος είναι η αύξηση της εισαγόμενης παραγωγικότητας μέσω της μείωσης του κόστους των καυσίμων. Εκτιμάται ότι το κόστος τροφοδοσίας, ο οικιακός εξοπλισμός και άλλες παροχές για το πλήρωμα, καθώς και τα έξοδα πληρώματος, τα οποία περιλαμβάνουν τους μισθούς των ναυτικών, μπορούν να φτάσουν το 10 - 44% του κόστους συντήρησης του ιδιοκτήτη του πλοίου ανάλογα με τη φύση του πλοίου.

Η αφαίρεση πολλών από αυτά τα αντικείμενα από το πλοίο μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου για μείωση του βάρους και επομένως χαμηλότερο κόστος και περισσότερο χώρο για φορτίο. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η δυνατότητα μείωσης των τιμών

των προϊόντων που μεταφέρονται με πλοία λόγω του χαμηλότερου κόστους μεταφοράς και της αύξησης του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ).

Η δυνατότητα μείωσης των περιστατικών πειρατείας εξακολουθεί να αποτελεί πλεονέκτημα των αυτόνομων πλοίων, καθώς σε πολλές περιπτώσεις οι πειρατές αναγκάζουν το πλήρωμα για λύτρωση. Ωστόσο, οι απειλές των πειρατών είναι πιθανό να αυξηθούν, καθώς οι ληστές στη βαθιά θάλασσα μπορεί να βρουν νέους τρόπους για να δημιουργήσουν εμπόδια στον κυβερνοχώρο και να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτά τα πλοία. Πώς γίνεται η συντήρηση των μη επανδρωμένων πλοίων, υπάρχουν πολλά ερωτήματα σχετικά με τα ανταλλακτικά, όπως εάν θα βρίσκονται ή όχι στο πλοίο.

## 6.2. Προγνωστική συντήρηση των πλοίων και της υποδομής

Όπως συμβαίνει σήμερα στον τομέα των οδικών, σιδηροδρομικών και αεροπορικών μεταφορών, στο μέλλον το μεγαλύτερο μέρος των εργασιών συντήρησης στις θαλάσσιες μεταφορές θα μπορεί να εκτελείται από προσωπικό, το οποίο δεν θα βρίσκεται πλέον επί του πλοίου, αλλά στις κεντρικές υπηρεσίες, τους κόμβους. Οι εργασίες συντήρησης μπορούν να εκτελεστούν εξ αποστάσεως από αυτούς τους κόμβους, όπως ενημερώσεις λογισμικού, ή με ειδικό προσωπικό που παραμένει σε κέντρα σέρβις σε όλο τον κόσμο και αποστέλλεται κατόπιν αιτήματος σε μια τοποθεσία όπου απαιτείται συντήρηση.

Τα μελλοντικά συστήματα πρόβλεψης διαχείρισης χρησιμοποιούν συχνά ένα ευρύ φάσμα "μεγάλων" δεδομένων ή ονομάζονται "μεγάλα" δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται όχι μόνο από τα οκεάνια οχήματα αλλά και από τις εξωτερικές συνθήκες λειτουργίας που επηρεάζουν το σχετικό πλοίο, όπως το φορτίο, τα κύματα, οι καιρικές συνθήκες και οι καιρικές συνθήκες που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Οι παραδοχές μπορούν να βελτιωθούν με τη δημιουργία ενός ψηφιακού αντιγράφου («ψηφιακό δίδυμο») του οχήματος και των συστημάτων του.

Τα «ψηφιακά δίδυμα» καθιστούν δυνατή τη διερεύνηση πτυχών των περιουσιακών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των προδιαγραφών σχεδιασμού, και την εκτέλεση ποικίλων προσομοιώσεων, γεγονός που βοηθά στην πρόβλεψη του πότε μπορεί να συμβεί μια κρίσιμη διαταραχή. Αυτό επιτρέπει στο προσωπικό να αποφεύγει κρίσιμες βλάβες με μεγαλύτερη βεβαιότητα από ό,τι σήμερα. Τα ρομπότ συντήρησης βοηθούν το προσωπικό να εκτελεί εργασίες

συντήρησης σε αντικείμενα που είναι δύσκολο να προσεγγιστούν ή που οι άνθρωποι δεν μπορούν να χειριστούν φυσικά, όπως βαριά εξαρτήματα και μηχανήματα σε πλοία, λιμάνια ή μολυσμένες τοποθεσίες. Τα μη επανδρωμένα αέρια και τα υποβρύχια οχήματα ("drones") μπορούν να εκτελούν εξ αποστάσεως ή αυτόνομα επικίνδυνες εργασίες επιθεώρησης και συντήρησης.

### 6.3. Πρόσθετη παραγωγή ανταλλακτικών

Το προσωπικό συντήρησης ενδέχεται να μην βρίσκεται επί του αεροσκάφους ανά πάσα στιγμή, τα ανταλλακτικά που απαιτούνται για τη συντήρηση ή την επισκευή δεν απαιτείται πλέον να μεταφέρονται στο όχημα/μάζα ή να αποστέλλονται από τις εγκαταστάσεις του κατασκευαστή σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Οι κατασκευαστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την παραγωγή προσθηκών ("εκτύπωση 3D") για να παράγουν εξαρτήματα βιομηχανικής ποιότητας σύμφωνα με τη ζήτηση και σε εγκαταστάσεις σε διαφορετικές χώρες.

Το πρόβλημα της διανομής ευαίσθητων σχεδίων και δεδομένων κατασκευής μπορεί να επιλυθεί μέσω τεχνολογιών κρυπτογράφησης δεδομένων και τεχνολογιών blockchain. Όπως έχουν δείξει προηγούμενες εκτιμήσεις, το προσωπικό που εκτελεί εργασίες συντήρησης δεν είναι πλέον παρόν σε παραδοσιακούς χώρους, όπως επί του σκάφους. Αντ' αυτού, το μελλοντικό προσωπικό συντήρησης μπορεί να τοποθετηθεί σε κόμβους υπηρεσίας, από όπου μπορεί να εκτελέσει εργασίες απομακρυσμένης συντήρησης σε οχήματα ή υποδομές, ή εξειδικευμένο προσωπικό θα σταλεί σε περιοχές όπου πρέπει να εκτελεστούν εργασίες συντήρησης. Κατά πόσον οι φορείς εκμετάλλευσης, οι κατασκευαστές εξοπλισμού ή οι τρίτοι πάροχοι υπηρεσιών λειτουργούν τέτοια κέντρα εξυπηρέτησης.

### 6.4. Πιθανά μειονεκτήματα

Ενώ υπάρχουν πλεονεκτήματα στην υλοποίηση της αυτόνομης ναυτιλίας στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η ταχύτητα με την οποία αυτή η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί στις διεθνείς ναυτιλιακές διαδικασίες εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Το κόστος κατασκευής ενός πλοίου με την τεχνολογία που απαιτείται για να είναι απομακρυσμένο ή αυτόνομο μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερο από αυτό ενός συμβατικού πλοίου.

Από αυτή την άποψη, θα μπορέσουν οι σημερινοί ναυπηγοεπισκευαστές να αντιμετωπίσουν τη νέα κατάσταση; Ίσως, θα χρειαστούν περισσότερη εκπαίδευση – δηλαδή κόστος – και την πρόσληψη νέων με εξειδικευμένες γνώσεις σε αυτόνομα πλοία, πράγμα που σημαίνει αύξηση του κόστους εργασίας λόγω της αύξησης των μισθών για τις ναυπηγοεπισκευαστικές μονάδες. Συμπεραίνεται ότι το αυξημένο κόστος των υπηρεσιών επισκευής και συντήρησης από τα παραπάνω θα βαρύνει τους πλοιοκτήτες. Επίσης, σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα, η μηχανοποίηση της εργασίας ορισμένων ομάδων όχι μόνο θα μειώσει το κόστος για τους πλοιοκτήτες αλλά θα οδηγήσει και σε απώλειες θέσεων εργασίας, οδηγώντας σε κοινωνικό πρόβλημα.

Πιο συγκεκριμένα, το παρακάτω διάγραμμα συσχετίζει τις τρεις ομάδες δεξιοτήτων (χαμηλή, μεσαία, υψηλή) με τη μηχανοποίηση της εργασίας στη συσκευή μεταφοράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι και στις 4 περιπτώσεις (ξηρά, θάλασσα, αέρας, υποστήριξη) η πιθανότητα αυτοματοποίησης της εργασίας ήταν χαμηλή (~68%) και πολύ υψηλή μόνο για τις ομάδες μεσαίας ειδίκευσης (~77%). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εκτιμώμενες τιμές σχετίζονται με την τεχνική σκοπιμότητα.

Η απομάκρυνση του προσωπικού απαιτεί την ανάπτυξη παράκτιων συστημάτων και εγκαταστάσεων σε όλο τον κόσμο για σκοπούς παρακολούθησης και ελέγχου και για εργασίες συντήρησης και επισκευής. Οι πλοιοκτήτες μπορούν να πραγματοποιήσουν μια τέτοια τεράστια επένδυση εάν το κόστος εφαρμογής ενός ολοκληρωμένου αυτόνομου συστήματος ναυτιλίας δεν μπορεί να αντισταθμιστεί από τη μείωση του κόστους που σχετίζεται με το πλήρωμα. Οι πλοιοκτήτες πρέπει να δουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην εξάλειψη του κόστους των πληρωμάτων πριν ασχοληθούν πλήρως με την αυτόνομη ναυτιλία.

Μερικοί έχουν αμφιβολίες για το αν οι μηχανές θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν εξίσου ή καλύτερα από τους ανθρώπους με 28 πολύπλοκες θαλάσσιες συνθήκες όσον αφορά τη νοημοσύνη και τις ικανότητες λήψης αποφάσεων. Τα πληρώματα στη θάλασσα συμμετέχουν σε ενεργές δραστηριότητες που τα καθιστούν προσεκτικά στην επίλυση προβλημάτων σε καθημερινή βάση. Η συμμετοχή των ναυτικών από τα πιο ενεργά καθήκοντα στα λιγότερο ενεργά καθήκοντα, όπως η παρακολούθηση πλοίων-ξηράς, έχει το ακούσιο αποτέλεσμα της διευκόλυνσης του ανθρώπινου λάθους.

## 6.5. Προκλήσεις ασφάλειας, κανονισμών και χρονοδιαγράμματος

Αν και τα μη επανδρωμένα σκάφη θεωρούνται ασφαλέστερα από τα επανδρωμένα σκάφη, είναι λογικό ότι αργά ή γρήγορα θα προκαλέσουν ατύχημα. Η πλοήγηση ενός αυτόνομου πλοίου θα ήταν δουλειά ενός χειριστή στο κέντρο ελέγχου στη γη ή, εναλλακτικά, των προγραμματιστών λογισμικού τους. Η ευθύνη που προκύπτει από ατύχημα που προκλήθηκε από αυτόνομο πλοίο ποικίλλει. Ο έλεγχος μπορεί να μοιραστεί μεταξύ του χειριστή στο κέντρο ελέγχου, των κατασκευαστών του μεμονωμένου μέρους, των προγραμματιστών του λογισμικού τους, των ιδιοκτητών και, όπως έχει ήδη γίνει κατανοητό, δεν είναι πάντα εύκολο.

Με άλλα λόγια, τώρα εισάγονται νέοι οργανισμοί λογοδοσίας και ακόμη και εκείνοι που έχουν διατηρήσει αναλαμβάνουν αναμφίβολα διαφορετικές ευθύνες. Μερικές από τις σημαντικές συμφωνίες στη ναυτιλία είναι:

- Διεθνής σύμβαση για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα. (ΣΟΛΑΣ)
- Διεθνής σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία. (ΜΑΡΠΟΛ)
- Διεθνής σύμβαση για την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα, 1972. (ΚΟΛΡΕΓΚ)
- Διεθνής Σύμβαση για τα πρότυπα εκπαίδευσης, πιστοποίησης και τήρησης φυλακών για τους ναυτικούς. (ΤΕΕ).

Οι διεθνείς συμβάσεις προβλέπουν επανδρωμένα σκάφη, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που εμπίπτουν στην αρμοδιότητα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΔΝΟ). Για παράδειγμα, οι Διεθνείς Κανονισμοί Πρόληψης Θαλάσσιων Συγκρούσεων (COLREGs) του 1972 απαιτούν προσοχή στις οπτικές και ακουστικές δεξιότητες ενός άνδρα στη γέφυρα. Η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) καθορίζει τα ελάχιστα απαιτούμενα επίπεδα συντήρησης και μέτρων ασφαλείας που απαιτούνται από τον πλοίαρχο ενός πλοίου. Και σαφώς, τα μη επανδρωμένα σκάφη αντιπροσωπεύουν μια μεγάλη πρόκληση για τη Διεθνή Σύμβαση για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Διαχείρισης Επιτήρησης των Ναυτικών (STCW) (Γεωργούλης, 2019).

Ως εκ τούτου, πρέπει να αντιμετωπιστούν διάφορα κανονιστικά και νομικά ζητήματα προτού καταστεί δυνατή η αυτόνομη ναυτιλία στο σύνολό της. Αυτή η διαδικασία θα διαρκέσει πολύ καθώς οι ναυτικοί νόμοι και συμβάσεις αναθεωρούνται και εγκρίνονται για να καλύψουν τις

ανάγκες των αυτόνομων πλοίων. Πρέπει επίσης να επιλυθούν οι συγκρούσεις μεταξύ αυτόματων πλοίων και άλλων πλοίων.

Ένας άλλος παράγοντας σχετίζεται με το αν θα είμαστε σε θέση να ανταποκριθούμε σε μια περιβαλλοντική καταστροφή εγκαίρως. Οι υπεύθυνοι για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών καταστροφών μπορεί να απέχουν εκατοντάδες μίλια εάν συμβεί ένα ατύχημα σε υπερυψωμένη θάλασσα, που περιλαμβάνει πυρκαγιές ή διαρροή υλικών που είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον. Επίσης, πολλοί κανονισμοί πρέπει να εξεταστούν και πρέπει να εξεταστούν για την αποτελεσματική διαχείριση των απειλών στον κυβερνοχώρο - όπως ένα παραποιημένο σήμα GPS.

Ενώ η απουσία πληρώματος στο πλοίο μπορεί να το καταστήσει πιο ευάλωτο στην πειρατεία, ορισμένοι πιστεύουν ότι το μη επανδρωμένο πλοίο ενέχει χαμηλότερο κίνδυνο λόγω της απουσίας ομήρων. Υπάρχει όμως πιθανότητα να εκβιαστεί από μια ηλεκτρονική επίθεση στο αυτόνομο πλοίο. Σε περίπτωση που οι επιτιθέμενοι διεισδύσουν σε κρίσιμα συστήματα, το πλοίο μπορεί να χάσει την ικανότητα ναυσιπλοΐας του, προκαλώντας τριβή και ως εκ τούτου οδηγώντας σε απώλειες ή ρύπανση και καταστροφή του περιβάλλοντος. Το πλοίο μπορεί να συλληφθεί από πειρατές και να χρησιμοποιηθεί για παράνομους σκοπούς.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να δημιουργήσουν σχέδια έκτακτης ανάγκης για την προστασία από αυτές τις απειλές και να κρυπτογραφήσουν όλα τα δεδομένα και να προστατεύσουν τα συστήματα από τους χάκερ. Η προστασία και η εκπαίδευση από επιθέσεις στον κυβερνοχώρο θα είναι ένα άλλο κόστος στον ισολογισμό των μη επανδρωμένων σκαφών. Υπάρχουν ζητήματα πλοήγησης που πρέπει να σκεφτείτε όταν ταξιδεύετε σε πολυσύχναστες διαδρομές ή εισέρχεστε σε λιμάνια. Οι συνθήκες σοβαρής καταιγίδας μπορούν να αποτελέσουν σημαντική απειλή για το αυτόματο μοντέλο πλοίου εάν η τεχνολογία δεν είναι αρκετά ανθεκτική ώστε να προσαρμόζεται σε δύσκολες καταστάσεις.

## 6.6. Η ευθύνη του πλοιάρχου σήμερα και στο μέλλον

Ο σημερινός πλοίαρχος έχει τη γενική διοίκηση του πλοίου και είναι υπεύθυνος για την ασφάλεια του πλοίου, του πληρώματος, του φορτίου και των επιβατών. Ο πλοίαρχος έχει την εξουσία να εκπροσωπεί τον ναυτιλιακό φορέα και, σε ορισμένες περιπτώσεις, εκπροσωπεί τους μεταφορείς, τους φορτωτές εμπορευμάτων, τα μέλη του προσωπικού, τους επιβάτες. Για

παράδειγμα, ο ιδιοκτήτης μπορεί να συνάψει συμβάσεις στο όνομα του ιδιοκτήτη για την εκτέλεση των καθηκόντων του, όπως αγαθά, τρόφιμα, μεταφορά επισκευών, ενοικίαση, μεταφορά προσώπων και αγαθών. Επίσης, ο πλοίαρχος έχει διάφορες δημόσιες λειτουργίες:

- Καθήκοντα Ληξιάρχου: Πιστοποιητικά προσωπικής κατάστασης για γεννήσεις και θανάτους κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.
- Συμβολαιογραφικά Καθήκοντα: Δημιουργεί έκτακτη διαθήκη, αναφέροντας την απογραφή των αντικειμένων των νεκρών, εξαφανισμένων, χαμένων και εξαφανισμένων επιβατών.
- Καθήκοντα του ανακριτικού υπαλλήλου: διεξαγωγή έρευνας, διαταγή προφυλάκισης.

Προφανώς, οι παραπάνω λειτουργίες δεν ισχύουν για τον χειριστή ξηράς. Δεδομένου ότι τα μη επανδρωμένα πλοία δεν χρειάζονται πλέον πλοίαρχο ή πλήρωμα, φαίνεται ότι οι νόμοι που διέπουν το καθεστώς αυτών των ανθρώπων θα χάσουν αναπόφευκτα κάθε σημασία (Μίχος, 2019)

Τα τελευταία 100 χρόνια η κύρια θέση έχει σταδιακά υποβαθμιστεί από τον ισχυρότερο εκπρόσωπο της εταιρείας, σε έναν απλό εργαζόμενο, έναν «εκτελεστή της διοίκησης». Το τελευταίο φρούριο των απεριόριστων δυνάμεων του πλοίαρχου είναι πιθανώς μια ναυτική ευθύνη, επειδή τα μη επανδρωμένα πλοία είναι γεμάτα τεχνολογία και μηχανοποίηση για τη ναυσιπλοΐα, αλλά με συνδέσεις που πρέπει να αποκτηθούν από την ακτή, δεν υπάρχει λόγος για τον παντοδύναμο κυβερνήτη. Και όταν ένα πλοίο λειτουργεί ή ελέγχεται από την ξηρά, τίθεται το ερώτημα εάν ο φορέας εκμετάλλευσης πλοίων από ξηράς μπορεί να θεωρηθεί πλοίαρχος ή πλοίαρχος του πλοίου υπό τις ισχύουσες συνθήκες του ναυτικού δικαίου (Μίχος, 2019)

Σε καμία περίπτωση ο ιδιοκτήτης του πλοίου δεν μπορεί να εξομοιωθεί πλήρως με τον φορέα εκμετάλλευσης του κέντρου ελέγχου λόγω σοβαρών διαφορών στις συνθήκες εργασίας και επομένως δεν υπάρχει λόγος να έχει τις ίδιες εξουσίες με τη δημόσια αρχή. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μεγάλη ευθύνη του έργου και των δύο (πλοήγηση μιας δαπανηρής συσκευής με πολύτιμο φορτίο) παραμένει η ίδια, αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι χειριστές του πλοίου θα λογοδοτήσουν σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως βαριά αμέλεια και εσκεμμένο παράπτωμα. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να εισαχθεί ένας νέος κανονισμός για να καταστεί ο χειριστής στο κέντρο ελέγχου υπεύθυνος είτε αστικά είτε ποινικά σε αυτές τις περιπτώσεις.

Ως εκ τούτου, ο χειριστής ενός πλοίου πρέπει να έχει ιδιότητες παρόμοιες με αυτές ενός πλοίαρχου: καλή κρίση, καλές δεξιότητες επικοινωνίας, καλά "νεύρα" σε καταστάσεις έκτακτης

ανάγκης, καθώς και τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις των ναυτικών και των τεχνολογιών πληροφοριών (Μίχος, 2019). Ποιοι άλλοι κανόνες χάνουν το πεδίο εφαρμογής τους και απαιτούν αλλαγές ή εναλλακτικές λύσεις:

- Θέματα που σχετίζονται με τη Σύμβαση Ναυτικής Εργασίας (MLC και Διεθνές Συνέδριο για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Τήρησης Φυλακών για Ναύτες-STCW).
- Κατευθυντήριες γραμμές του ΔΝΟ για τη δίκαιη μεταχείριση των ναυτικών σε περίπτωση ναυτικού ατυχήματος.
- Διαδικασίες ελέγχου από το κράτος λιμένα (που συνίστανται κυρίως σε οδηγίες για τον έλεγχο των επιχειρησιακών απαιτήσεων που σχετίζονται με οτιδήποτε επί του πλοίου).
- Ο Διεθνής Κώδικας Διαχείρισης της Ασφάλειας (ο οποίος θεσπίζει κανόνες σχετικά με την ευθύνη και την εξουσία του πλοιάρχου, τις επενδύσεις, τα προσόντα του πληρώματος, τις δεξιότητες διαχείρισης του πληρώματος επί του σκάφους, την ετοιμότητα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης κ.λπ.).



## Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να παρουσιάσει τις προκλήσεις του πλοίου σε σχέση με τα αυτόνομα πλοία. Μέσα από μια αναζήτηση και ανάλυση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε ποιες είναι αυτές οι προκλήσεις και να απαντήσουμε σε ορισμένα από τα ερευνητικά ερωτήματα. Για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα, αυτή η θεωρητική έρευνα επικεντρώθηκε στους ακόλουθους τομείς: τεχνολογία, ασφάλεια, νομικό και θεσμικό πλαίσιο, βιωσιμότητα. Πρώτον, όσον αφορά την τεχνολογία, διαπιστώσαμε ότι υπάρχουν επίσης διαθέσιμοι τρόποι για την επίτευξη ακόμη και πλήρως αυτόνομων σκαφών που βασίζονται ελάχιστα στον άνθρωπο.

Κατά την τελευταία δεκαετία, η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει ενταχθεί στην τάση ψηφιακού μετασχηματισμού, ακολουθώντας τις αερομεταφορές και άλλους τρόπους μεταφοράς. Χάρη στις τεχνολογικές εξελίξεις στους τομείς των αισθητήρων, των υπολογιστών και της επεξεργασίας δεδομένων, η ιδέα των Θαλάσσιων Αυτόνομων Πλοίων Επιφανείας (MASS) έχει πάψει να είναι μια ιδέα και έχει έρθει πιο κοντά στην πραγματικότητα. Νέες ιδέες έχουν προκύψει σε πολλούς τομείς του MASS, όπως σχέδια, μελέτες οικονομικής σκοπιμότητας, προσαρμογή στα υπάρχοντα δίκτυα μεταφορών, κανονισμοί και διάφορες άλλες προκλήσεις.

Τα οφέλη της μετάβασης σε αυτόνομα πλοία ποικίλλουν και οι ευκαιρίες που θα μπορούσε να απολαύσει η ναυτιλιακή βιομηχανία από αυτή τη μετάβαση είναι τεράστιες. Βασικά, η μείωση του κόστους λειτουργίας των πλοίων και η αύξηση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας είναι τα πιο προφανή οφέλη. Τα οικονομικά και οικονομικά οφέλη που προτείνονται από τις τρέχουσες μελέτες αφορούν κυρίως τις ναυτιλιακές εταιρείες. Στο πλαίσιο αυτό, η MASS αναμένεται να παράσχει σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας στην ποντοπόρο ναυτιλία. Το MASS θα έχει επίσης σημαντικές επιπτώσεις σε άλλα στοιχεία της ναυτιλιακής εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή λιμάνια, ναυπηγεία, ρυθμιστικές αρχές κ.λπ. Στο εγγύς μέλλον, οι βελτιώσεις που επιτεύχθηκαν μέσω του MASS θα πρέπει να παρακολουθούνται και να εξετάζονται λεπτομερώς. Αν και τα οφέλη των αυτόνομων πλοίων είναι προφανή στους περισσότερους, η ανάπτυξη της τεχνολογίας MASS πρέπει να αποδείξει την αντίθεσή της στις προκλήσεις και τις δυσκολίες που αναμφίβολα θα αντιμετωπίσει.

Ο κύριος σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να αναλύσει την προσέγγιση της βιομηχανίας στο MASS και τις αντιληπτές επιπτώσεις του MASS στις λιμενικές λειτουργίες. Μεταξύ άλλων, προσπαθήσαμε να προσδιορίσουμε εάν το MASS θεωρείται αναγκαιότητα από τον κλάδο. Ζητήσαμε τις απόψεις εμπειρογνομόνων του κλάδου σχετικά με τις τρέχουσες και μελλοντικές τεχνολογίες και την ανάγκη για περισσότερη έρευνα. Το έγγραφο εξέτασε επίσης τη μετάβαση της βιομηχανίας στη MASS, όσον αφορά τα οικονομικά οφέλη και την προσαρμογή των φορτηγών πλοίων στα αυτόνομα συστήματα.

Ωστόσο, η μεγαλύτερη πρόκληση της τεχνολογίας είναι να συνδυάσει σωστά όλες αυτές τις διαθέσιμες μεθόδους για μια ασφαλέστερη και οικονομικότερη λύση στη ναυτιλία. Οι τομείς μεγαλύτερου ερευνητικού ενδιαφέροντος περιλαμβάνουν τη δημιουργία αυτόνομων συστημάτων πλοήγησης που δεν βασίζονται στο προσωπικό του πλοίου, την ενσωμάτωση συστημάτων αποφυγής σύγκρουσης που εξαλείφουν πλήρως τα ατυχήματα στη θάλασσα, την αποτελεσματική επεξεργασία δεδομένων από συστήματα αισθητήρων και τη λειτουργία κέντρων τηλεχειρισμού.

Μέχρι στιγμής, ενώ η τεχνολογία είναι διαθέσιμη, θα χρειαστεί χρόνος για να δοκιμαστεί και να ωριμάσει, ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί και να μετρηθεί στη δομή του ναυτικού από αυτόνομα πλοία. Αφού η τεχνολογία έχει εξασφαλίσει ασφαλή πλοήγηση και λειτουργία, μια σημαντική πρόκληση για τα αυτόνομα πλοία είναι η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, η οποία έχει αναλάβει τη ναυτιλία τα τελευταία χρόνια. Δεδομένου ότι πολλές λειτουργίες της αυτόνομης αποστολής βασίζονται σε δεδομένα στον κυβερνοχώρο, απαιτούνται αυστηρά συστήματα προστασίας από πιθανές επιθέσεις.

Για να ανταποκριθούμε σε αυτήν την πρόκληση, η οποία έχει προσελκύσει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον, είναι σημαντικό να αναλύσουμε όλες τις πιθανές περιπτώσεις κινδύνων επίθεσης στον κυβερνοχώρο, αλλά και να βεβαιωθούμε πώς να προστατεύσουμε ή να καταπολεμήσουμε τέτοιες επιθέσεις. Μια εξίσου σημαντική πρόκληση είναι η δημιουργία ενός κατάλληλου νομικού και θεσμικού πλαισίου για την αυτόνομη ναυτιλία. Πολλοί από τους υπάρχοντες νόμους και παραδόσεις απαιτούν απλές αναθεωρήσεις.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλές διατάξεις που απαιτούν ριζική αλλαγή και υπάρχουν κανονισμοί που πρέπει να δημιουργηθούν από το μηδέν για να ελεγχθεί η νέα πραγματικότητα

των αυτόνομων πλοίων. Αυτό απαιτεί τη συλλογική προσπάθεια όλων των ελεγκτών αποστολής και όλων των κρατών. Η πρόκληση αυτή είναι αρκετά δύσκολη, καθώς οι περισσότερες από τις ισχύουσες διατάξεις έχουν «προέλθει» από ατυχήματα ή συμβάντα με την πάροδο των ετών, αλλά εξακολουθεί να μην υπάρχει πρότυπο τέτοιων συμβάντων από αυτόνομα σκάφη.

Η πρόκληση της ναυτιλιακής βιομηχανίας θα πρέπει να είναι ο αποτελεσματικός καθορισμός καθηκόντων και ευθυνών στην αυτόνομη ναυτιλιακή βιομηχανία, όπου οι άνθρωποι συχνά αντικαθίστανται από μηχανήματα και αλγόριθμους. Συμπεραίνουμε ότι υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον από ιδιωτικές εταιρείες και νέους ερευνητές και κυβερνήσεις από τη μελέτη έργων μέχρι στιγμής στην αυτόνομη ναυτιλία. Το πιο σημαντικό έργο μέχρι στιγμής μπορεί να ειπωθεί ότι είναι το πλοίο Yara-Birkenland, καθώς βρίσκεται στο αρχικό στάδιο της ενσωμάτωσής του, αλλά υποδηλώνει ότι το αυτόνομο πλοίο μπορεί να ξεκινήσει με μικρότερη θαλάσσια μεταφορά.

Η αντικατάσταση των συμβατικών επανδρωμένων πλοίων που χρησιμοποιούνται για βραχυπρόθεσμες υπηρεσίες με αυτόνομα σκάφη μπορεί να είναι ευκολότερη όχι μόνο λόγω της κλίμακας μεγέθους αλλά και λόγω του τηλεχειρισμού από κέντρα ελέγχου σε μικρές αποστάσεις. Τέλος, η βιωσιμότητα των αυτόνομων πλοίων αποτελεί μείζονα πρόκληση. Η κοινωνική αποδοχή του αυτόνομου ναυτιλιακού εγχειρήματος μπορεί να καθορίσει και την εξέλιξή του. Δεν είναι εύκολο για τους ανθρώπους να εμπιστεύονται μια τόσο νέα και επαναστατική τεχνολογία.

Δεν είναι επίσης εύκολο να αλλάξει δραστικά ένα παραδοσιακό και πολιτιστικά σημαντικό επάγγελμα, όπως το επάγγελμα του ναυτικού. Ωστόσο, δεν είναι η πρώτη φορά που ένα επάγγελμα κινδυνεύει να «εξαφανιστεί», οπότε θα αναδιαρθρωθεί αντί να εξαφανιστεί. Επιπλέον, όσον αφορά την οικονομική βιωσιμότητα των αυτόνομων πλοίων, βασίζεται αποκλειστικά σε υποθέσεις και δεν μπορούμε να συναγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. Υπάρχει όμως μεγάλο επιχειρηματικό ενδιαφέρον, καθώς η αυτόνομη ναυτιλία αναμένεται παραδοσιακά να είναι πιο οικονομική και πιο κερδοφόρα από ένα επανδρωμένο πλοίο.

Όσον αφορά το περιβάλλον, η ναυτιλιακή βιομηχανία δέχεται αυξανόμενες πιέσεις από διεθνείς συμβάσεις που στοχεύουν στη μείωση του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος. Τα αυτόνομα πλοία προσφέρουν πολλές υποσχέσεις προς αυτή την κατεύθυνση, καθώς υπόσχονται

λιγότερα ατυχήματα, λιγότερες διαρροές επιβλαβών ουσιών και εκπομπές ρύπων και χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Μένει να δούμε αν μπορούν να το κάνουν πρακτικά. Ως εκ τούτου, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα αυτόνομα πλοία θα αποτελέσουν πρόκληση για τη μεγαλύτερη φροντίδα της ναυτιλίας στο εγγύς μέλλον.

Η ενσωμάτωση και υιοθέτηση αυτόνομων μη επανδρωμένων σκαφών θα γίνει σταδιακά και μέσω συλλογικών προσπαθειών. Καμία από τις προκλήσεις που αναφέραμε δεν είναι αδύνατη, χρειάζεται χρόνος και δοκιμές. Ενώ οι πρώτες επιχειρήσεις είναι ήδη ώριμες και πλησιάζουν στα τελικά τους στάδια, η αυτόνομη ναυτιλία πλησιάζει όλο και περισσότερο στο να γίνει πραγματικότητα.

Τα δύο κύρια ευρήματα της μελέτης αφορούν τα προβλήματα που προκύπτουν από την αυτόνομη ναυσιπλοΐα στην περιοχή του λιμένα και τις επιπτώσεις στο πλήρωμα που απαιτείται επί του πλοίου για την προετοιμασία της διακίνησης φορτίου. Τα ευρήματά μας συμπληρώνουν προηγούμενες μελέτες. Ωστόσο, η μελέτη αυτή είναι η πρώτη που αποσαφηνίζει τον αναμενόμενο αντίκτυπο των MAAS στην αλυσίδα θαλάσσιων μεταφορών και, ειδικότερα, στις λιμενικές δραστηριότητες με βάση τις απόψεις εμπειρών ενδιαφερόμενων μερών. Ένας περιορισμός αυτής της μελέτης σχετίζεται με τις τρέχουσες τεχνολογικές προκλήσεις και τις διαφορετικές αντιλήψεις μιας ομάδας διαφορετικών μεμονωμένων ενδιαφερόμενων μερών. Ωστόσο, η παρούσα μελέτη ενισχύει την κατανόησή μας για τη μετάβαση στη MAS στην αλυσίδα των θαλάσσιων μεταφορών και τα πιθανά προβλήματα που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οι φορείς εκμετάλλευσης λιμένων. Περαιτέρω έρευνα μπορεί να διερευνήσει τις βέλτιστες πρακτικές προσαρμογής πλοίων και λιμένων με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Περαιτέρω μελέτες μπορούν επίσης να διεξαχθούν για να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα των λιμενικών λειτουργιών που εξυπηρετούν διαφορετικές μάζες με βάση την ειδικότητά τους για το φορτίο.

## Βιβλιογραφία

AEGIS. 2021. Advanced, efficient and green intermodal systems 2020. <https://moses-h2020.eu/>. Accessed 12

Feb 2021

Autonomous shipping initiative for European waters (2020). <https://www.autoship-project.eu/>

Beighton, Rochelle. (2021). World's first crewless, zero emissions cargo ship will set sail in Norway 2021. <https://edition.cnn.com/2021/08/25/world/yara-birkeland-norway-crewless-container-ship-spc-intl/index.html>.

Bureau Veritas. (2021). Autonomous Ships 2018. <https://marine-offshore.bureauveritas.com/insight/autonomous-ships>.

Burmeister, Hans-Christoph., Wilko Bruhn, Ørnulf Jan Rødseth, and Thomas Porathe. (2014). Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-Navigation implementation: The MUNIN perspective. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy* 1: 1–13.

Burmeister, H. C., Bruhn, W., Rødseth, Ø. J., & Porathe, T. (2014). Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-Navigation implementation: The MUNIN perspective. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 1, 1-13.

Canbulat, Onder, Murat Aymelek, Osman Turan, and Evangelos Boulougouris. 2019. An application of BBNs on the integrated energy efficiency of ship–port interface: A dry bulk shipping case. *Maritime Policy & Management* 46 (7): 845–865.

Friborg, Oddgeir, Monica Martinussen, and Jan H. Rosenvinge. 2006. Likert-based vs. semantic differential-based scorings of positive psychological constructs: A psychometric comparison of two versions of a scale measuring resilience. *Personality and Individual Differences* 40 (5): 873–884.

DMA. 2017. Analysis of Regulatory Barriers to The Use of Autonomous Ships Final Report. Denmark: Rambol & CORE Advokatfirma. [online].

Γεωργούλης Γ., (Απρίλιος 2019) ‘Αυτόνομα πλοία: τι αλλάζει στη λειτουργική διαχείριση των πλοίων’, Ναυτικά Χρονικά, σελ. 40

Ghaderi, H. (2020) Wider implications of autonomous vessels for the maritime industry: Mapping the unprecedented challenges. In Milakis, D., Thomopoulos, N., & Van Wee, B. (2020). Policy Implications of Autonomous Vehicles. Academic Press.

IMO. (2021a). Autonomous shipping. [online]

IMO. (2021b). IMO and the Sustainable Development Goals. [online] Available at: <<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/SustainableDevelopmentGoals.aspx#number12>>

IMO. (2021c). E-navigation. [online] Available at: <<https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/eNavigation.aspx>>.

IMO. (2021d). Outcome of The Regulatory Scoping Exercise for The Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). [online]

IMO. (2021e). International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. [online]

IMO. (2021f). International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW). [online]

Kongsberg (2019), Wilhelmsen and Kongsberg establish world’s first autonomous shipping company. Διαθέσιμο στο: <https://www.kongsberg.com/news-and-media/newsarchive/2018/wilhelmsen-and-kongsberg-establish-worlds-firstautonomous-shipping-company>

Lloyd's Register. (2016). LR defines ‘autonomy levels’ for ship design and operation. [online]

Μίχος Ι., (Ιούνιος 2019) ‘Από το «Ναυτικό Κώδικα της Ρόδου» στο αναθεωρημένο Ναυτικό Δίκαιο των αυτόνομων και μη επανδρωμένων πλοίων’, Εξάντας, τεύχος 63, σελ. 36-42

Mallam, Steven C., Salman Nazir, and Amit Sharma. 2020. The human element in future maritime operations—perceived impact of autonomous shipping. *Ergonomics* 63 (3): 334–345. massterly. 2021. Making autonomy a reality 2021. <https://www.massterly.com/>

Porathe, T. (2014). Remote Monitoring and Control of Unmanned Vessels—The MUNIN Shore Control Centre. In Proceedings of the 13th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT ‘14) (pp. 460-467).

Ringbom, H., Viljanen, M., Poikonen, J., Ilvessalo, S. (2020). Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments. Helsinki: Ministry of the Transport and Communications. Government Administration Department.

Rolls-royce.com. 2018a. Rolls-Royce and Finferries sign cooperation agreement to optimise ship safety and efficiency. [online]

Rolls-royce.com. 2018b. Rolls-Royce and Finferries demonstrate world's first Fully Autonomous Ferry – Rolls-Royce. [online]

Statheros, T., Howells, G., & McDonald-Maier, K.D. (2007). Autonomous Ship Collision Avoidance Navigation Concepts, Technologies and Techniques. *Journal of Navigation*, 61, 129 - 142.

Tam, K., & Jones, K. D. (2018). Maritime cybersecurity policy: the scope and impact of evolving technology on international shipping. *Journal of Cyber Policy*, 3(2), 147-164.

Thombre, S., Zhao, Z., Ramm-Schmidt, H., Garcia, J. M. V., Malkamaki, T., Nikolskiy, S., Lehtola, V. V. (2020). Sensors and AI Techniques for Situational Awareness in Autonomous Ships: A Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1–20. doi:10.1109/tits.2020.3023957

Trudi Hogg & Samrat Ghosh (2016) 'Autonomous merchant vessels: examination of factors that impact the effective implementation of unmanned ships', *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*. Διαθέσιμο στο: [https://www.academia.edu/31029047/Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs Autonomous merchant vessels examination of factors that impact the effective implementation of unmanned ships](https://www.academia.edu/31029047/Australian_Journal_of_Maritime_and_Ocean_Affairs_Autonomous_merchant_vessels_examination_of_factors_that_impact_the_effective_implementation_of_unmanned_ships)

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2020). Review of Maritime Transport 2020. United Nations.

Unmanned-ship.org (MUNIN). (2016). Research in maritime autonomous systems project: Results and technology potentials. Available at: <http://www.unmannedship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf>

YARA, (2021). Yara to start operating the world's first fully emission-free container ship. [online]

Zhang, X., Wang, C., Jiang, L., An, L., & Yang, R. (2021). Collision-avoidance navigation systems for Maritime Autonomous Surface Ships: A state of the art survey. *Ocean Engineering*, 235, 109380