



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένες Τεχνολογίες στη Ναυπηγική και
Ναυτική Μηχανολογία»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Λειτουργικότητα, Προοπτική και Προκλήσεις των Αυτόνομων
Μη Επανδρωμένων Πλοίων στη Ναυτιλιακή Βιομηχανία**

**Functionality, Perspective and Challenges of Autonomous
Unmanned Vessels in the Shipping Industry**

Συγγραφέας:

ΤΖΑΘΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ. 1708)

Επιβλέπουσα: Σωτηρία Δημητρέλλου, Αναπλ. Καθηγήτρια ΠΑ.Δ.Α.

ΑΘΗΝΑ

Φεβρουάριος, 2021

Εξεταστική Επιτροπή Μεταπτυχιακής Εργασίας:

Σωτηρία Δημητρέλλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΠΑ.Δ.Α.

Γεώργιος Λιβανός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Δημήτριος-Νικόλαος Παγώνης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ιωάννης Τζάθας του Βασίλη, με αριθμό μητρώου 1708, φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προηγμένες Τεχνολογίες στη Ναυπηγική και Ναυτική Μηχανολογία» του Τμήματος Ναυπηγών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

Ο Δηλών



ΤΖΑΘΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
1. Ναυτιλία και Νέες Τεχνολογίες	9
1.1. Αυτόνομα - Μη Επανδρωμένα Πλοία	10
1.1.1. Εννοιολογική Προσέγγιση/ Αποσαφήνιση του Όρου	10
1.1.2. Αυτόνομα πλοία έναντι Συμβατικών και Τηλεχειριζόμενων πλοίων	11
1.2. Επίπεδα Αυτονόμησης Πλοίων	13
1.3. Σχεδιασμός Αυτόνομου Πλοίου	15
1.4. Πρώιμα Εγχειρήματα	16
1.4.1. MUNIN	16
1.4.2. AAWA	18
1.4.3. HRONN	20
2. Λειτουργία Αυτόνομου - Μη Επανδρωμένου Πλοίου	22
2.1. Αυτονομία στη Ναυσιπλοΐα	22
2.1.1. Ανίχνευση Κατάστασης	22
2.1.2. Ανάλυση Κατάστασης	24
2.1.3. Σχεδιασμός Ενέργειας	26
2.1.4. Εκτέλεση Ενέργειας	26
2.2. Κέντρο Ελέγχου	27
2.3. Συστήματα Ελέγχου	28
2.3.1. Σύστημα Αυτόνομου Ελέγχου και Παρακολούθησης Κινητήρων	29
2.3.2. Σύστημα Ελέγχου και Αξιολόγησης Απόδοσης Κινητήρα	29
2.3.3. Σύστημα Ελέγχου Συντήρησης	29
2.3.4. Σύστημα Ελέγχου Γέφυρας	30
2.3.5. Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου Πλοήγησης	30
2.3.6. Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου Αισθητήρων	31
2.3.7. Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου	31

3. Αυτονόμηση και Αντίκτυπος στη Ναυτιλία	33
3.1. Οφέλη	33
3.2. Κίνδυνοι (βασισμένοι στο έργο MUNIN)	34
3.3. Ασφάλεια στον Κυβερνοχώρο	34
5.1 Κόστος Κεφαλαίου	38
5.2 Λειτουργικό Κόστος	39
5.3 Κόστος Ταξιδιού	41
5.4 Έσοδα	41
6. Ενεργειακές Απαιτήσεις και Εκπομπές Ρύπων Αυτόνομων Πλοίων	43
6.1 Ενεργειακές Απαιτήσεις Πρόωσης	43
6.2 Ενεργειακές Απαιτήσεις για Κάλυψη των Ανθρώπινων Αναγκών	44
6.3 Ενεργειακές Απαιτήσεις για Λειτουργίες του Πλοίου	44
6.4 Επίδραση στις Εκπομπές Ρύπων	45
Βιβλιογραφικές Αναφορές	54

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

«Λειτουργικότητα, Προοπτική και Προκλήσεις των Αυτόνομων Μη Επανδρωμένων Πλοίων στη Ναυτιλιακή Βιομηχανία»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής τεχνολογική ανάπτυξη και η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας στη ναυτιλιακή βιομηχανία έχει ως επακόλουθο τη λειτουργία σύγχρονων επανδρωμένων πλοίων που περιλαμβάνουν πολύπλοκα αυτοματοποιημένα συστήματα. Οι αυξημένες δυνατότητες συλλογής δεδομένων, επεξεργασίας και διασύνδεσης, επιτρέπουν στα αυτοματοποιημένα συστήματα να ελέγχονται από απόσταση με αλγόριθμους, ώστε σταδιακά να μειώσουν περαιτέρω την επάνδρωση και ακόμη και να οδηγήσουν σε μη επανδρωμένα πλοία. Η βλέψη αυτή έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ασφάλεια, να βελτιώσει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις και να καταστήσει δυνατή την οικονομικότερη πλοήγηση των πλοίων.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία θα προσπαθήσει να παρουσιάσει διεξοδικά τον τρόπο λειτουργίας των μη επανδρωμένων πλοίων αλλά και να αναλύσει την αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον που δραστηριοποιούνται. Στο 1^ο Κεφάλαιο αποσαφηνίζεται ο όρος «αυτόνομο - μη επανδρωμένο πλοίο», αναλύεται η διαφοροποίησή του από τα σύγχρονα επανδρωμένα πλοία και παρουσιάζονται τα κυριότερα πρώιμα εγχειρήματα. Στο 2^ο Κεφάλαιο περιγράφεται λεπτομερώς η λειτουργία του αυτόνομου πλοίου μέσω της ανάλυσης της αυτονομίας στη ναυσιπλοΐα, του κέντρου ελέγχου ξηράς και των συστημάτων ελέγχου. Στο 3^ο Κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στον αντίκτυπο στη ναυτιλία και στο 4^ο Κεφάλαιο σε κοινωνικά - ηθικά ζητήματα που διέπουν την εφαρμογή των αυτόνομων πλοίων. Τα οικονομικά κίνητρα και η επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση και στις εκπομπές ρύπων των αυτόνομων πλοίων αναλύονται στο 5^ο και 6^ο Κεφάλαιο αντίστοιχα. Στο 7^ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις κανονιστικές και νομικές διατάξεις σχετικά με την εφαρμογή των αυτόνομων πλοίων και στο 8^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

THESIS TITLE:

«Functionality, Perspective and Challenges of Autonomous Unmanned Vessels in the Shipping Industry»

ABSTRACT

The continuous technological development and the integration of the new information and communication technologies in the shipping industry has resulted consequently in the operation of modern manned ships that include complex automated systems. The increased capabilities of data collection, data processing and interface, allow automated systems to be controlled remotely by algorithms, and further gradually reduce manning and even lead to unmanned ships. This vision has the potential to increase safety, improve environmental performance and enable a more economical navigation of ships.

This dissertation will try to present in detail the operation of unmanned ships but also to analyze their interaction with the environment in which they operate. In Chapter 1 the term "autonomous unmanned vessel" is clarified, its differentiation from modern manned ships is analyzed and the more important projects are presented. In Chapter 2 the operation of the autonomous ship is thoroughly described, through the analysis of the autonomy in navigation, the remote-control center and the control systems. Chapter 3 provides a general overview of the impact on shipping and Chapter 4 presents socio-ethical issues governing the implementation of autonomous vessels. The financial motivation and the impact on the energy consumption and the emissions of the autonomous ships are analyzed in the 5th and 6th Chapter respectively. Chapter 7 refers to the regulations and legal provisions regarding the implementation of autonomous ships and Chapter 8 presents the conclusions of this work.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Ναυτιλία και Νέες Τεχνολογίες

Η ραγδαία εξέλιξη των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) επέφερε μια σειρά αλλαγών σε διάφορους τομείς της σύγχρονης ανθρώπινης δραστηριότητας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο τομέας της ναυτιλίας, ο οποίος ενσωμάτωσε με ταχύτατους ρυθμούς τις νέες τεχνολογίες, προκαλώντας επανάσταση στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών. Σε αυτό συνέβαλε αναμφισβήτητα η εξέλιξη της ψηφιοποίησης (digitization) με την πληθώρα των εφαρμογών της, η ζήτηση και οι αυξημένες απαιτήσεις από το καταναλωτικό κοινό, όπως και οι μεταβολές του νομικού και κανονιστικού πλαισίου. Η εν λόγω ψηφιοποίηση εφαρμόζεται στην πράξη στο χώρο της ναυτιλιακής βιομηχανίας, κατά κύριο λόγο μέσα από την καινοτόμα τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων χωρίς την παρουσία πληρώματος (πλοία - drones) που λειτουργούν με απομακρυσμένο έλεγχο από την ξηρά (Ferdinand et al, 2016).

Η βαθμιαία εξάπλωση των νέων τεχνολογιών επιδοκιμάστηκε και προωθήθηκε λόγω της μεγαλύτερης ασφάλειας που παρέχουν στη λειτουργία των πλοίων, της μείωσης των πληρωμάτων, καθώς επίσης και λόγω των οικονομικών και οικολογικών ωφελειών που προκύπτουν από αυτή. Τα νέα πλοία είναι προγραμματισμένα να διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες και επεξεργαστές δεδομένων. Οι αισθητήρες των πλοίων και οι τεχνολογίες τηλεχειρισμού βασισμένες στη ρομποτική τεχνολογία θα επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων από απόσταση σε βαθμό τέτοιο που τα πλοία θα μπορούν να μετακινούνται χωρίς την ανθρώπινη παρουσία, ενώ η ασύρματη παρακολούθηση θα καθορίζει το πότε το πλοίο χρήζει συντήρησης. Ταυτόχρονα, η λειτουργία των αυτόνομων πλοίων βάσει της προηγμένης τεχνολογίας του σήμερα θα στηρίζεται σε μηχανισμούς αυτόματης αποφυγής εμποδίων, σε συστήματα αυτοελέγχου του σκάφους, ενώ παράλληλα τα πλοία θα διαθέτουν τη δυνατότητα αυτόματου ελλιμενισμού και αυτόνομης πλεύσης (Κορακάκης, 2018).

Όπως συμβαίνει σε κάθε περίπτωση τεχνολογικών προκλήσεων, έτσι και στην προκειμένη, η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στο χώρο της ναυτιλίας σε τόσο μεγάλο βαθμό καθιστά αναγκαία την επανεξέταση όλων των ενδεχόμενων απειλών που ανακύπτουν από αυτήν, προκειμένου οι αλλαγές να δράσουν υπέρ του ανθρώπου και του περιβάλλοντος και να εξαλειφθεί κάθε πιθανός κίνδυνος. Μολονότι τα προηγμένα τεχνολογικά επιτεύγματα έχουν ανοίξει νέους δρόμους δίνοντας σημαντική ώθηση σε καινοτόμα οράματα στον τομέα της ναυτιλίας, εντούτοις δεν είναι από μόνα τους ικανά να φέρουν επιτυχημένες αλλαγές. Για να καταστεί η δρομολόγηση των πλοίων του μέλλοντος εφικτή, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η ικανότητα προσαρμογής στα νέα δεδομένα εφόσον το ίδιο το περιβάλλον ολοένα και μεταβάλλεται (Κορακάκης, 2018).

1.1. Αυτόνομα - Μη Επανδρωμένα Πλοία

Όσο περισσότερο εξαπλώνεται η ψηφιοποίηση (digitization) στο χώρο της ναυτιλίας, τόσο μεγαλύτερη είναι και η τάση για αυτοματοποίηση των θαλάσσιων μεταφορών. Η εκτεταμένη χρήση των ΤΠΕ έχει μεταβάλει σε τεράστιο βαθμό τη λειτουργία των πλοίων καθιστώντας πρόσφορο το έδαφος για την εμφάνιση και ανάπτυξη ενός νέου κλάδου, αυτού της αυτόνομης ναυτιλίας. Αναπόφευκτα, η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος έθεσε τα θεμέλια για τη δρομολόγηση ενός νέου τύπου πλοίου, του λεγόμενου αυτόνομου - μη επανδρωμένου.

1.1.1. Εννοιολογική Προσέγγιση/ Αποσαφήνιση του Όρου

Επιχειρώντας να αποσαφηνίσουμε εννοιολογικά τον όρο “αυτόνομο - μη επανδρωμένο πλοίο” διαπιστώνουμε ότι πρόκειται για το πλοίο, το οποίο λειτουργεί με απομακρυσμένο έλεγχο (remote control) από την ξηρά και η λειτουργία του δεν προϋποθέτει την ύπαρξη πληρώματος. Η έννοια της αυτόνομησης προκύπτει από τον όρο “αυτόνομος”, που υποδηλώνει αυτόν που βρίσκεται σε καθεστώς αυτονομίας, που καθορίζει μόνος του τους νόμους, ή μεταφορικά εκείνον που δεν εξαρτάται από κάποιον άλλον για να λειτουργήσει.

Προκειμένου να αναπαρασταθεί ο βαθμός αυτονομίας μίας συσκευής ή ενός μηχανήματος έχουν καθοριστεί τα επίπεδα της αυτονομίας (Levels of Autonomy- LOA), τα οποία σύμφωνα με τον Thomas Sheridan είναι δέκα (Sheridan & Verplank, 1978). Στο πρώτο επίπεδο βρίσκεται το σύστημα που απαιτεί την ανθρώπινη παρέμβαση και δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς αυτή, ενώ στο δέκατο και τελευταίο επίπεδο βρίσκεται το σύστημα που δρα με απόλυτη αυτονομία, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση και έχει ανεξαρτητοποιηθεί πλήρως.

Τα επίπεδα αυτονομίας των συστημάτων συνδέθηκαν από τους Parasuraman, Sheridan και Wickens (Parasuraman, Sheridan & Wickens, 2000) με το μοντέλο των τεσσάρων σταδίων επεξεργασίας των πληροφοριών, τα οποία έχουν ως εξής:

- Αισθητήρια Επεξεργασία (sensory processing)
- Αντίληψη ή/και Μνήμη (perception/working memory)
- Λήψη Απόφασης (decision making)
- Απόκριση στην Επιλογή (response selection)

Καθένα από τα παραπάνω τέσσερα στάδια επεξεργασίας των πληροφοριών μπορούν να μεταφραστούν σε ισοδύναμες λειτουργίες του συστήματος (Billings, 1997):

- Απόκτηση πληροφοριών (η αυτοματοποίηση της συλλογής πληροφοριών αφορά στην ανίχνευση και καταγραφή δεδομένων εισόδου)

- Ανάλυση πληροφοριών (η αυτοματοποίηση της ανάλυσης των πληροφοριών περιλαμβάνει γνωστικές λειτουργίες, όπως η μνήμη εργασίας, η επεξεργασία και η επίγνωση)
- Επιλογή απόφασης και δράσης (στην περίπτωση αυτή η επιλογή της απόφασης και της δράσης πραγματοποιείται με την αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων)
- Εφαρμογή δράσης (πρόκειται για το τελικό στάδιο κατά το οποίο εκτελείται η απόφαση)

Αρχικά, η ιδέα της δρομολόγησης αυτόνομων πλοίων προέβλεπε τη λειτουργία των πλοίων αυτών καθ' αυτών χωρίς την παραμικρή ανθρώπινη παρέμβαση. Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό project MUNIN (Marine Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) που υλοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2016 η έννοια του αυτόνομου - μη επανδρωμένου πλοίου συνεπάγεται την ισχύ ενός εκ των δύο παρακάτω εναλλακτικών εκδοχών:

- Το απομακρυσμένο πλοίο του οποίου τα καθήκοντα λειτουργίας εκτελούνται μέσω ενός μηχανισμού τηλεχειρισμού από την ξηρά και συνεπώς ενός χειριστή.
- Το αυτοματοποιημένο πλοίο στο οποίο τα προηγμένα συστήματα λήψης αποφάσεων αναλαμβάνουν όλα τα καθήκοντα λειτουργίας και λαμβάνουν όλες τις αποφάσεις αναφορικά με τη λειτουργία του χωρίς την παρέμβαση χειριστή (Katsikas, 2017).

Η απουσία επάνδρωσης σημαίνει ότι δεν υφίσταται πλήρωμα στη γέφυρα του πλοίου και συνεπώς δεν εμπλέκεται κάποιος άνθρωπος στην εκτέλεση ή επίβλεψη των λειτουργιών του. Τα πλοία που λειτουργούν από απόσταση ελέγχονται από άτομα που βρίσκονται σε ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά (Shore Control Centre), όπου και λαμβάνονται όλες οι αποφάσεις εφόσον ληφθεί υπόψιν το σύνολο των πληροφοριών και των δεδομένων που συλλέγονται από τα ραντάρ, τους αισθητήρες, τους δορυφόρους και τα υπόλοιπα συστήματα του πλοίου. Αφότου το ανθρώπινο δυναμικό που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου αξιολογήσει τα δεδομένα που έχει στη διάθεση του, θα δώσει τις ανάλογες εντολές στο πλοίο και στη συνέχεια, οι εντολές αυτές θα εκτελεστούν από το ηλεκτρονικό σύστημα του πλοίου με απώτερο στόχο αυτό να πλοηγηθεί με ασφάλεια μέχρι να φτάσει στον προορισμό του (Yan et al., 2010).

1.1.2. Αυτόνομα πλοία έναντι Συμβατικών και Τηλεχειριζόμενων πλοίων

Τα μη επανδρωμένα πλοία ως μία νέα, επαναστατική καινοτομία στον κλάδο της ναυτιλίας παρουσιάζουν ορισμένες βασικές διαφοροποιήσεις από τα συμβατικά και τα τηλεχειριζόμενα. Η βασική διαφορά μεταξύ τους είναι το γεγονός ότι στην περίπτωση των αυτόνομων πλοίων απουσιάζει ο ανθρώπινος παράγοντας (πλήρωμα, πλοίαρχος, κ.ά.), ωστόσο δεν είναι

και η μοναδική, δεδομένου ότι πλέον υπάρχει η δυνατότητα αυτόνομου και αυτόματου ελέγχου από μακρινές αποστάσεις (Rodseth & Burmeister, 2012).

Στις ημέρες μας, η πλειοψηφία των συμβατικών πλοίων διαθέτουν πλήθος αυτοματοποιημένων συστημάτων. Η αυτοματοποίηση έχει εισέλθει στα συστήματα των μηχανοστασίων και στις λειτουργίες πλοήγησης. Ορισμένα γνωστά παραδείγματα αυτοματοποίησης των συμβατικών πλοίων είναι το Automatic Radar Plotting Aid (ARPA), ένα αυτοματοποιημένο σύστημα που επιτρέπει την αυτόματη ανταλλαγή ψηφιακών σημάτων ανάμεσα σε πλοία και που μπορεί να υπολογίσει την πορεία, την ταχύτητα και το πλησιέστερο σημείο προσέγγισης (closest point of approach - CPA) του εντοπιζόμενου αντικειμένου, ανιχνεύοντας με αυτό τον τρόπο ενδεχόμενους κινδύνους σύγκρουσης και άλλα, όπως το Automatic Identification System (AIS) και το Long Range Identification and Tracking (LRIT) που συλλέγουν δεδομένα και πληροφορίες από τα γύρω από το πλοίο περιβάλλοντα (Rodseth & Nordahl, 2017). Το πλοίο διαθέτει, συν τοις άλλης, λειτουργικά συστήματα που μέσα από αισθητήρες καθίστανται ικανά να προσφέρουν άμεσα σημαντικές πληροφορίες που σχετίζονται με τα βασικά λειτουργικά μέρη του πλοίου (θερμοκρασία, κινητήρας, καύσιμα). Κατά συνέπεια, είναι δυνατή η λήψη δεδομένων προκειμένου να ειδοποιηθεί το ανθρώπινο δυναμικό και να αναλάβει δράση, καθώς τα ίδια τα λειτουργικά συστήματα δεν έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων έτσι ώστε να ληφθεί η κατάλληλη απόφαση (Βάρελης & Γρηγοριάδης, 2016).

Σε κάθε περίπτωση, συνεπώς, είναι αναγκαίο να υπάρχει στα συμβατικά πλοία το πλήρωμα που αναλαμβάνει τις υπόλοιπες εργασίες για τη συντήρηση του πλοίου και την εποπτεία των υπολοίπων λειτουργιών των συστημάτων, ενώ παράλληλα έχει την ευθύνη της αναγνώριση καταστάσεων (Situational Awareness) οι οποίες γίνονται κατά βάση αντιληπτές με τις ανθρώπινες αισθήσεις. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η είσοδος ενός νέου λειτουργικού συστήματος ηλεκτρονικής πλοήγησης, του e- navigation, παρέχει ως ένα βαθμό τη δυνατότητα ανάλυσης των δεδομένων που συλλέγει (Patraiko, 2007).

Σε γενικές γραμμές η αυτοματοποίηση αφορά στις διαδικασίες μέσω των οποίων το πλοίο μπορεί να λειτουργεί χωρίς τον ανθρώπινο έλεγχο, εφόσον διαθέτει περισσότερα προηγμένα συστήματα αυτοματισμού σε σύγκριση με τα συμβατικά. Ένα πλοίο ωστόσο για να καταστεί αυτόματο θα πρέπει να φτάνει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο αυτοματισμού, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αυτοδιοίκησης. Ένα πλοίο μερικώς αυτόνομο έχει περιορισμούς στις επιλογές αναφορικά με την αντιμετώπιση ορισμένων ζητημάτων, όπως οι αποκλίσεις από την προκαθορισμένη διαδρομή ή οι αλλαγές στο χρονοδιάγραμμα. Εν αντιθέσει με το μερικώς αυτόνομο πλοίο, ένα πλήρως αυτόνομο έχει τη δυνατότητα διαχείρισης οποιασδήποτε κατάστασης χωρίς την ανθρώπινη μεσολάβηση, μέσα από προηγμένα πληροφοριακά συστήματα, αλγορίθμους και αισθητήρες (Rodseth & Burmeister, 2012).

Στην περίπτωση του τηλεχειριζόμενου πλοίου υπάρχει η δυνατότητα εξ αποστάσεως ελέγχου από το κέντρο ελέγχου που βρίσκεται στην ξηρά και είναι υπεύθυνο για τη συγκέντρωση και ανάλυση των δεδομένων από τα συστήματα του πλοίου, καθήκοντα τα οποία στα συμβατικά πλοία επωμίζεται το πλήρωμα. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στα τηλεχειριζόμενα πλοία είναι κοινά με αυτά των συμβατικών πλοίων, όπως το προαναφερθέν AIS, το GPS (Global Positioning System) που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του πλοίου και συγκεκριμένα στο κομμάτι της πλοήγησης εφόσον δίνει το στίγμα του πλοίου, και το GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System), ένα παγκόσμιας εμβέλειας σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί προηγμένη επίγεια και δορυφορική τεχνολογία και ραδιοσυστήματα του πλοίου προκειμένου να εξασφαλίσει την έγκαιρη ειδοποίηση των αρχών διάσωσης στην ξηρά όταν προκύψει η ανάγκη (Rodseth & Nordahl, 2017). Η διαφορά, συνεπώς, έγκειται στο γεγονός ότι τη συλλογή των δεδομένων ακολουθεί η διαδικασία αξιολόγησης τους από μία ομάδα ανθρώπων που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου στην ξηρά (Βάρελης & Γρηγοριάδης, 2016).

Πρόκειται, επομένως, για ένα συνδυασμό των λειτουργιών του συμβατικού και του αυτόνομου πλοίου. Οι ενέργειες που εκτελούνται στα τηλεχειριζόμενα πλοία είναι ως ένα βαθμό αυτόματες, αλλά σε περίπτωση που προκύψει κάποιο απρόοπτο γεγονός, θα χρειαστεί η παρέμβαση των ανθρώπων. Τα άτομα που εργάζονται στο κέντρο ελέγχου βρίσκονται, λοιπόν, σε εγρήγορση προκειμένου να μπορέσουν να ανταποκριθούν άμεσα σε περίπτωση που κριθεί αναγκαία η μεσολάβησή τους (Rodseth & Nordahl, 2017).

Εν κατακλείδι, τα αυτόνομα - μη επανδρωμένα πλοία συνιστούν τη μοναδική κατηγορία πλοίων που δρουν εξ ολοκλήρου και αποκλειστικά αυτόνομα, χωρίς να απαιτείται και να επιτρέπεται η ανθρώπινη εμπλοκή, εφόσον τα λειτουργικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να δρουν αυτόβουλα και να προβαίνουν στη λήψη αποφάσεων. Η αξιόπιστη λειτουργία τους, ωστόσο, αναμφίβολα προϋποθέτει την ύπαρξη και εφαρμογή του ανάλογου λειτουργικού συστήματος αξιολόγησης των δεδομένων που συγκεντρώνονται, ώστε να καταστεί δυνατή στον απόλυτο βαθμό η αντικατάσταση του ανθρώπου από τα συστήματα αυτά (AAWA, 2016).

1.2. Επίπεδα Αυτονόμησης Πλοίων

Τα επίπεδα αυτονόμησης των πλοίων χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο προκειμένου να περιγράψουν το βαθμό στον οποίο το εκάστοτε πλοίο δύναται να λειτουργήσει μόνο του, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Ο βαθμός αυτονόμησης του πλοίου επηρεάζει και είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την αρχιτεκτονική του συστήματος, η οποία κατ' επέκταση συνιστά βασικό παράγοντα στην ανάλυση των ζητημάτων ασφαλείας του κυβερνοχώρου στα αυτόνομα - μη επανδρωμένα πλοία (Katsikas, 2017).

Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με τον βαθμό αυτονομίας των πλοίων, οι Parasuraman, Sheridan & Wickens (2000) έκαναν λόγο για δέκα επίπεδα αυτονομίας, όπου το πρώτο επίπεδο αντιστοιχούσε στην υπόθεση: “Ο υπολογιστής δεν προσφέρει καμία βοήθεια και ο άνθρωπος έχει την ευθύνη κάθε απόφασης και ενέργειας”, ενώ για το δέκατο επίπεδο ίσχυε η θέση: “Ο υπολογιστής μπορεί να κάνει τα πάντα αυτόνομα αγνοώντας τον άνθρωπο”. Η συγκεκριμένη ταξινόμηση αξιοποιήθηκε στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications) (Katsikas, 2017).

Οι Lloyd's (Lloyd's Register, 2016) με τη σειρά τους επιχείρησαν αρκετά χρόνια αργότερα μία διαφορετική διαβάθμιση ως προς τα επίπεδα αυτονομίας των πλοίων, τα οποία θεώρησαν ότι είναι επτά, ξεκινώντας από το AL0 και καταλήγοντας στον AL6. Το επίπεδο AL0 αντιστοιχούσε στο χειροκίνητο πλοίο από το οποίο απουσιάζει η οποιαδήποτε λειτουργία αυτονομίας, ενώ το AL6 είναι το επίπεδο στο οποίο υπάγονται όλα τα πλήρως αυτόνομα πλοία που αποκλείουν την ανθρώπινη παρέμβαση.

Σε μία απόπειρα αποσαφήνισης των διαβαθμίσεων των πλοίων ως προς την αυτονομία τους ο IMO στην απόφαση MSC 99 (2018) της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) κατέληξε σε τέσσερα επίπεδα αυτονομίας:

- Πλοία με αυτοματοποιημένες διαδικασίες πάνω στα οποία το πλήρωμα ελέγχει τα συστήματα και τις λειτουργίες των πλοίων. Ορισμένες από τις λειτουργίες αυτές γίνεται να αυτοματοποιηθούν.
- Πλοία που διαθέτουν πλήρωμα, αλλά ελέγχονται εξ αποστάσεως από ένα σημείο στην ξηρά όπου βρίσκεται το κέντρο ελέγχου.
- Πλοία που δεν διαθέτουν πλήρωμα και ελέγχονται εξ αποστάσεως μέσω τηλεχειρισμού από ένα σημείο στην ξηρά όπου βρίσκεται το κέντρο ελέγχου.
- Πλοία που είναι πλήρως αυτόνομα. Το λειτουργικό σύστημα του πλοίου σε αυτή την περίπτωση είναι σε θέση να λαμβάνει αποφάσεις και να καθορίζει ενέργειες και λειτουργίες από μόνο του.

Αναφορικά με τα ανωτέρω επίπεδα αυτονομίας των πλοίων κρίνεται σκόπιμη η παράθεση ορισμένων σχολίων. Αρχικά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στη γέφυρα των πλοίων που υπάγονται στην πρώτη κατηγορία υπάρχει σε κάθε περίπτωση πλήρωμα το οποίο βρίσκεται σε εγρήγορση και παρεμβαίνει άμεσα όταν οι συνθήκες το απαιτούν. Αυτό, ωστόσο, δεν προϋποθέτει επιβολή ρυθμιστικών μέτρων δεδομένου ότι δεν πρόκειται για πλήρως αυτόνομο τύπο πλοίου, αλλά για συμβατικό πλοίο στο οποίο έχουν ενσωματωθεί συστήματα αυτοματοποίησης που αφορούν σε ορισμένες μόνο από τις λειτουργίες του.

Στη δεύτερη περίπτωση πλοίου, υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας άνευ πληρώματος στη γέφυρα, αλλά μόνο όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή

όταν ο καιρός δεν είναι ευνοϊκός ή υπάρχει κάποιο πρόβλημα μηχανολογικής ή άλλης φύσης, απαιτείται πλήρωμα στη γέφυρα.

Από την άλλη πλευρά, στην τρίτη κατηγορία πλοίων κανένας δεν μπορεί να λάβει την εξουσιοδότηση για πρόσβαση στη γέφυρα, εφόσον η συγκεκριμένη κατηγορία πλοίων είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται αποκλειστικά η αυτόνομη (μη επανδρωμένη) λειτουργία τους. Ως εκ τούτου, ακόμα και σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης δεν προβλέπεται η δυνατότητα ανθρώπινης παρέμβασης (Πεταρούδη, 2019).

1.3. Σχεδιασμός Αυτόνομου Πλοίου

Από τις πρώιμες μελέτες αναφορικά με τη λειτουργία του αυτόνομου πλοίου, εξήχθη το συμπέρασμα ότι ο σχεδιασμός της τεχνολογίας και κατ' επέκταση των λειτουργιών του θα έπρεπε να γίνει σταδιακά έτσι ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι. Οι λειτουργικές διαδικασίες των μη επανδρωμένων πλοίων εξετάστηκαν σε αρχικό στάδιο μέσα από τα ερευνητικά έργα MUNIN και AAWA, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 1.4.

Για τις ανάγκες του έργου MUNIN μελετήθηκε ένα αυτόνομο πλοίο χύδην ξηρού φορτίου, των 75.000 dwt. Τα αυτόνομα συστήματα του πλοίου προβλεπόταν να είναι συνδεδεμένα με ένα κέντρο ελέγχου στη στεριά προκειμένου να διασφαλίζεται η ορθή λειτουργία τους. Το κέντρο ελέγχου θα αναλάμβανε τον εξ αποστάσεως έλεγχο του πλοίου μόνο σε περίπτωση ανάγκης. Η επιλογή του πλοίου προέκυψε εφόσον πληρούσε τα ακόλουθα κριτήρια:

- Κινείται με χαμηλή ταχύτητα
- Διανύει μεγάλες αποστάσεις με μία φόρτωση- εκφόρτωση
- Δεν προϋποθέτει ανθρώπινη παρουσία για την εποπτεία του φορτίου που μεταφέρεται (Burmeister & Rodseth, 2014).

Κατά την πιλοτική εφαρμογή του το πλοίο ταξίδεψε άνευ πληρώματος, στη θέση του οποίου λειτουργούσαν τα αυτόματα συστήματα πλοήγησης και ελέγχου. Όταν το πλοίο θα προσέγγιζε το λιμάνι εκφόρτωσης, προβλεπόταν η παρέμβαση μίας ομάδας ανθρώπων, οι οποίοι θα επάνδρωναν το πλοίο για την πρόσδεσή του (Burmeister et al., 2014).

Για τις ανάγκες του ερευνητικού έργου AAWA μελετήθηκε ένα πλοίο με γενικό φορτίο, του οποίου όλες οι λειτουργίες θα διενεργούνταν αυτόματα. Ως εκ τούτου δεν προβλεπόταν η ανθρώπινη παρέμβαση ούτε κατά την προσέγγιση στο λιμάνι, αλλά ούτε και κατά την πρόσδεση του πλοίου, διαδικασίες οι οποίες θα συντελούνταν είτε αυτόματα, είτε ημιαυτόματα. Όπως και στο ερευνητικό έργο MUNIN, έτσι και σε αυτό προβλέφθηκε η σύνδεση των

αυτόνομων συστημάτων του πλοίου με κέντρο ελέγχου το οποίο θα αναλάμβανε τον απομακρυσμένο έλεγχο του πλοίου (AAWA, 2016).

Κατά τις πρώιμες εφαρμογές χρησιμοποιήθηκε σύστημα εξυπηρέτησης κυκλοφορίας πλοίων (Vessel Traffic System – VTS), ενώ αργότερα προβλέφθηκε η χρήση κάμερας και ραντάρ τοποθετημένων στις αποβάθρες για τις ανάγκες της πρόσδεσης. Στα βασικά καθήκοντα του χειριστή του πλοίου συγκαταλέγεται ο προκαθορισμός της πολιτικής που θα εφαρμοστεί αν χαθεί το στίγμα του πλοίου ή σε περίπτωση που ανακύψει κάποια βλάβη ή δυσλειτουργία. Το φάσμα των πολιτικών που προκαθορίζονται σε τέτοιες περιπτώσεις είναι ευρύ και συνηθέστερα περιλαμβάνει ελάττωση της ταχύτητας και προσέγγιση του πλησιέστερου λιμανιού, ακινητοποίηση ή πλοήγηση κατά την ασφαλέστερη διαδρομή. Ωστόσο το κέντρο ελέγχου έχει τη δυνατότητα μεσολάβησης οποτεδήποτε χρειαστεί. Σε περίπτωση εντοπισμού άλλου πλοίου, λόγου χάρη, δεν κρίνεται αναγκαία η άμεση παρέμβαση, δεδομένου ότι ο χειριστής μπορεί να έρθει σε επικοινωνία μέσα από VHF συχνότητες με το πλοίο που εντοπίστηκε από τα συστήματα του αυτόνομου πλοίου, προτού προβεί σε παρέμβαση (AAWA, 2016).

Όπως έχει διατυπωθεί στο Νορβηγικό φόρουμ των αυτόνομων πλοίων, η λειτουργία τους στηρίζεται στο Periodically Unmanned Ship - PUS, το οποίο υπαγορεύει ότι το πλοίο λειτουργεί άνευ πληρώματος στη γέφυρα για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, αλλά μία ομάδα επιβιβάζεται στο πλοίο για περιορισμένη χρονική διάρκεια προκειμένου να το ελέγξει, συνήθως κατά την προσέγγιση το σε κάποιο λιμάνι. Πέραν τούτου ο έλεγχος της λειτουργίας του διενεργείται από τα αυτόματα συστήματα που είναι εγκατεστημένα στο πλοίο σε συνδυασμό με τον εξ αποστάσεως έλεγχο που πραγματοποιείται από την ξηρά στο κέντρο ελέγχου. Δεδομένης της ύπαρξης αυτόνομης κρίσης του πλοίου υπάρχει πλέον η δυνατότητα αποκλειστικά αυτόνομης λειτουργίας, ενώ το κέντρο ελέγχου ξηράς επωμίζεται την εποπτεία της κατάστασης του πλοίου, εφόσον έχει στη διάθεση του τις πληροφορίες πλοήγησης που παρέχονται από τα ανάλογα συστήματα (NFAS, 2017).

1.4. Πρώιμα Εγχειρήματα

1.4.1. MUNIN

Το ευρωπαϊκό έργο MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2016 και αποσκοπούσε στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή της ιδέας ενός μη επανδρωμένου πλοίου, η λειτουργία του οποίου θα στηριζόταν σε πιλοτικές ρυθμίσεις. Η βάση πάνω στην οποία στηρίχθηκε το έργο ήταν η ανάπτυξη και πραγμάτωση μίας ιδέας για ένα αυτόνομο πλοίο, το οποίο στην πράξη θα καθοδηγούταν κυρίως

από αυτοματοποιημένα συστήματα επί του πλοίου, αλλά θα ελεγχόταν από έναν απομακρυσμένο χειριστή σε έναν σταθμό ελέγχου από την ακτή. Σε περίπτωση αποτυχίας των αυτοματοποιημένων λειτουργιών είχε προβλεφθεί να παίρνει τον έλεγχο του το κέντρο ελέγχου ξηράς, αλλά ακόμα και αν πρόκυπτε πρόβλημα στη μεταξύ τους επικοινωνία, το πλοίο θα ήταν προγραμματισμένο έτσι ώστε να μεταβαίνει αυτόματα στον πλησιέστερο προορισμό με ασφάλεια όπου θα επέβαινε σε αυτό πλήρωμα (Rodseth et al., 2013).



ΕΙΚΟΝΑ 1. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΛΟΙΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ MUNIN (GOLDAPPLE, 2016)

Το έργο MUNIN αποτελεί έμπνευση από τη σκανδιναβική μυθολογία. Σύμφωνα με τον μύθο, η ονομασία MUNIN ανήκει σε ένα κοράκι - αγγελιοφόρο, που υπηρετούσε τον θεό Odin. Το κοράκι πετούσε ελεύθερα σε όλο τον κόσμο προκειμένου να συλλέξει πληροφορίες τις οποίες μετέφερε κάθε απόγευμα με ασφάλεια στον αφέντη του. Η ιδέα του έργου MUNIN συνεπώς στηρίχθηκε στο να λειτουργήσει το πλοίο, όπως και το μυθικό κοράκι, μεταφέροντας δηλαδή το φορτίο στον προορισμό του συνδυάζοντας παράλληλα αυτονομία και ασφάλεια. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται το μοντέλο του αυτόνομου – μη επανδρωμένου σκάφους όπως σχεδιάστηκε για το ευρωπαϊκό έργο MUNIN.

Ο ευρύτερος στόχος του έργου MUNIN απορρέει από το σύγχρονο όραμα της αυτονομίας των πλοίων. Συνεπώς, οι επιμέρους στόχοι που προσδιορίστηκαν στο πεδίο εφαρμογής του έργου είναι οι ακόλουθοι (MUNIN, 2016):

- Ανάπτυξη της τεχνολογίας που απαιτείται για την υλοποίηση του αυτόνομου - μη επανδρωμένου πλοίου.
- Ανάπτυξη όλων των αναγκαίων μηχανισμών της αρχιτεκτονικής των ΤΠΕ και των προδιαγραφών εκείνων που διασφαλίζουν ότι η τεχνολογία λειτουργεί απρόσκοπτα

επιτρέποντας την ασφαλή και αποτελεσματική εφαρμογή της αυτονομίας.

- Επαλήθευση και επικύρωση της ιδέας μέσα από δοκιμές που εκτελούνται στο πλαίσιο μίας σειράς σεναρίων και κρίσιμων καταστάσεων.
- Καταγραφή όλων των αναγκαίων τροποποιήσεων που θα πρέπει να επέλθουν ως προς το θεσμικό πλαίσιο και τις εμπορικές συμβάσεις για να επιτραπεί η πλεύση των αυτόνομων πλοίων.
- Η διενέργεια οικονομικών και νομικών εκτιμήσεων που θα δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο τα αποτελέσματα θα επηρεάσουν την ανταγωνιστικότητα και την ασφάλεια της ευρωπαϊκής ναυτιλίας.
- Η εκτίμηση των άμεσων οφελών που προκύπτουν από την υλοποίηση της ιδέας.

Μία σύντομη ερμηνεία του συγκεκριμένου έργου είναι ότι αποτελεί έναν συνδυασμό πλήρως αυτόνομης λειτουργίας και απομακρυσμένου ανθρώπινου ελέγχου. Ένα από τα πιο θεμελιώδη ευρήματα που προέκυψαν από την υλοποίηση του MUNIN είναι ότι τα αυτόνομα - μη επανδρωμένα πλοία μπορούν πράγματι να συμβάλουν στην επίτευξη μίας περισσότερο βιώσιμης βιομηχανίας θαλάσσιων μεταφορών. Παράλληλα, εξήχθη το συμπέρασμα ότι το αυτόνομο πλοίο έχει τη δυνατότητα να ελαττώσει τα λειτουργικά έξοδα και να μειώσει τις αρνητικές για το περιβάλλον επιπτώσεις προσελκύνοντας ολοένα και περισσότερους επιχειρηματίες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ναυτιλίας (Ahvenjarvi, 2016).

1.4.2 AAWA

Το AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications- Προηγμένες Αυτόνομες Πλωτές Εφαρμογές) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ευρωπαϊκά έργα στον τομέα της αυτόνομης ναυτιλίας, το οποίο χρηματοδοτείται από μία ομάδα φινλανδικών εταιρειών και από τον κρατικό φινλανδικό οργανισμό χρηματοδότησης για την τεχνολογία και την καινοτομία (TEKES). Στόχος του έργου είναι η υλοποίηση της ιδέας του σχεδιασμού μίας νέας γενιάς πλοίων, βασικό χαρακτηριστικό των οποίων θα είναι η αυτονομία στο πλαίσιο του ευρύτερου οράματος της αυτόνομης ναυτιλίας, με την Rolls- Royce να πρωτοστατεί υπέρ του εγχειρήματος αυτού (Ahvenjarvi, 2016). Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται το μοντέλο του αυτόνομου – μη επανδρωμένου σκάφους όπως σχεδιάστηκε για το ευρωπαϊκό έργο AAWA.

Βασική επιδίωξη του έργου υπήρξε η εκτίμηση και ανάλυση των διαφόρων επιστημονικών προκλήσεων που συνδέονται με τις αυτόνομες λειτουργίες των πλοίων, τις τεχνολογικές τους ανάγκες, τους κινδύνους που εγκυμονούν, τα κίνητρα και τους ισχύοντες κανονισμούς στους οποίους απαιτείται συμμόρφωση. Η πρωτοβουλία στηριζόταν στην ανάπτυξη

αυτόνομων και απομακρυσμένων λειτουργιών για την πλοήγηση των πλοίων (Siltanen, 2018).

Κατά το πρώτο στάδιο του σχεδιασμού του έργου εξήχθη το συμπέρασμα ότι θα ήταν ωφέλιμο να υλοποιηθεί ένας συνδυασμός απομακρυσμένων λύσεων και λύσεων αυτονομίας. Διαπιστώθηκε, επίσης, ότι παρόλο που η αυτονομία των πλοίων ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο σφάλματος που προέρχεται από τον ανθρώπινο παράγοντα, εντούτοις νέοι κίνδυνοι δύνανται να προκύψουν, για την αντιμετώπιση των οποίων θα πρέπει να αξιοποιηθούν νέες τεχνολογίες. Ένα επιπρόσθετο ζήτημα που διερευνήθηκε και προβληματίσε κατά το σχεδιασμό του έργου ήταν αν και κατά πόσο μπορεί να αποκτηθεί η δυνατότητα επίγνωσης των θαλάσσιων καταστάσεων από τεχνολογικά συστήματα τα οποία καλούνται να αντικαταστήσουν επάξια τα ανθρώπινα μάτια (Siltanen, 2018).



ΕΙΚΟΝΑ 2. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΛΟΙΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ AAWA (ANDREWS, 2016)

Το πόρισμα που προέκυψε από το έργο AAWA όσον αφορά στο κατά πόσο το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο δύναται να τροποποιηθεί και να ανταποκριθεί στις νέες προκλήσεις είναι ότι η προσαρμογή στις νέες νομικές συνθήκες δεν είναι ακατόρθωτη. Η προσαρμογή αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προθυμία της διεθνούς πολιτικής και κοινωνικής κοινότητας να υποδεχτεί την αυτονομία στη ναυτιλία (Caccia et al., 2008).

Ειδικότερα, στο πλαίσιο υλοποίησης του σχεδίου έχει αναδυθεί η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των ακολούθων:

- Χρήση προσομοιωτών θαλάσσης υπό διαφορετικές συνθήκες με στόχο την ανάπτυξη ειδικών τεχνολογιών αυτονόμησης.
- Διερεύνηση των νέων αναδυόμενων κινδύνων και απειλών που πηγάζουν από την απουσία πληρώματος στα πλοία και ανάπτυξη μίας καινοτόμου προσέγγισης που να

εστιάζει στις νέες συνθήκες και να ανταποκρίνεται επιτυχώς στους υφιστάμενους κινδύνους.

- Διερεύνηση των προκλήσεων νομικής φύσεως από την αυτονόμηση των πλοίων από τις οποίες προκύπτει επιτακτική η ανάγκη εφαρμογής μεταβολών και τροποποιήσεων στους κανόνες του IMO.
- Εξέταση των διαφορετικών πεποιθήσεων που έχουν εκφράσει οι διάφοροι φορείς, έχοντας μελετήσει το οικονομικό ισοζύγιο μεταξύ κόστους και εσόδων που απορρέουν από την εφαρμογή της αυτονόμησης σε διάφορους τύπους πλοίων (Mohammadreza & Ghahfarokhi, 2018).

1.4.3. HRONN

Το έργο HRONN αποτελεί μία πρωτοβουλία την οποία έχει αναλάβει να υλοποιήσει η βρετανική εταιρεία Automated Ships Ltd σε συνεργασία με τη νορβηγική εταιρεία Kongsberg Maritime και την γαλλική εταιρεία Bourbon, οι οποίες αποφάσισαν να προωθήσουν το εγχείρημα της αυτονόμησης μέσω του πλοίου HRONN. Το σκάφος των 37 μέτρων θα μπορεί να επιτελεί διάφορες λειτουργίες, όπως επιτηρήσεις, υπολογισμούς, χειρισμούς ROV (Remotely Operated Vehicle) και AUV (Autonomous Underwater Vehicle), μεταφορές μικρών φορτίων, υποστήριξη ιχθυοκαλλιεργειών και παροχή βοήθειας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως η πυρόσβεση σε offshore πλατφόρμες. Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται το μοντέλο του αυτόνομου – μη επανδρωμένου σκάφους όπως σχεδιάστηκε για το έργο HRONN.



ΕΙΚΟΝΑ 3. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΛΟΙΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ HRONN (RITOSSA, 2017)

Η λειτουργία του HRONN θα είναι κατά βάση αυτόνομη και ο έλεγχος θα πραγματοποιείται εξ αποστάσεως, από το κέντρο ελέγχου ξηράς, αλλά βασικός στόχος του εγχειρήματος είναι η σταδιακή και όσο τον δυνατόν μεγαλύτερη αυτονόμηση του, καθώς επιδιώκεται η απεξάρτηση του από κάθε ανθρώπινη παρέμβαση μέσω των αλγορίθμων και της εκπαίδευσης του λογισμικού από το πλήθος των αποστολών που θα εκτελεί (Slinn, 2017).

Για την πλήρη αυτονόμηση του πλοίου θα αξιοποιηθούν συστήματα ελέγχου, όπως το σύστημα δυναμικής θέσης K- Pos, το σύστημα αυτοματισμού K- Chief και το K- Bridge ECDIS. Τα συστήματα αυτά θα βρίσκονται στην ξηρά, στο κέντρο ελέγχου, προκειμένου το πλοίο να μπορεί να λειτουργεί μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου (Kongsberg, 2016).

Η κατασκευή του HRONN έχει ανατεθεί στη πρωτοπόρο νορβηγική εταιρεία Fjellstrand Shipyard, η οποία ειδικεύεται στον τομέα της κατασκευής υπερσύγχρονων πλοίων, ένα εκ των οποίων ήταν το Ampere, το πρώτο αμιγώς ηλεκτροκίνητο επιβατηγό - οχηματαγωγό μηδενικών ρύπων στον κόσμο (Κατής, 2018).

Οι επιφυλάξεις που έχουν ως τώρα διατυπωθεί αναφορικά με την υλοποίηση του έργου αφορούν κατά κύριο λόγο τους κινδύνους που προκύπτουν από την αυτονόμηση του πλοίου από τον ανθρώπινο παράγοντα που σημαίνει ότι το ίδιο θα εξαρτάται κατά αποκλειστικότητα από το λογισμικό, το οποίο ωστόσο ενδέχεται να είναι επιρρεπές σε κυβερνοεπιθέσεις (Slinn, 2017).

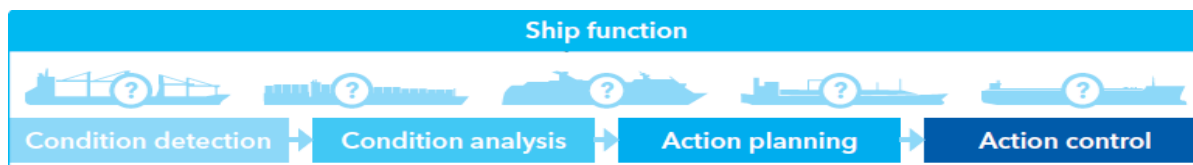
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Λειτουργία Αυτόνομου - Μη Επανδρωμένου Πλοίου

2.1. Αυτονομία στη Ναυσιπλοΐα

Η εύρυθμη αποστολή ενός πλοίου επιτυγχάνεται με το συνδυασμό διαφορετικών λειτουργιών κατά τη ναυσιπλοΐα. Για κάθε λειτουργία το επίπεδο συμμετοχής του πληρώματος του πλοίου είναι διαφορετικό. Οπότε, για να γίνει ανάλυση του βαθμού που είναι αναγκαία η ανθρώπινη συμμετοχή, υποδιαιρούμε τη γενική λειτουργία του πλοίου στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες, Εικόνα 4, (DNV GL, 2018):

- Ανίχνευση κατάστασης
- Ανάλυση κατάστασης
- Σχεδιασμός ενέργειας
- Εκτέλεση ενέργειας



ΕΙΚΟΝΑ 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ (DNV GL, 2018)

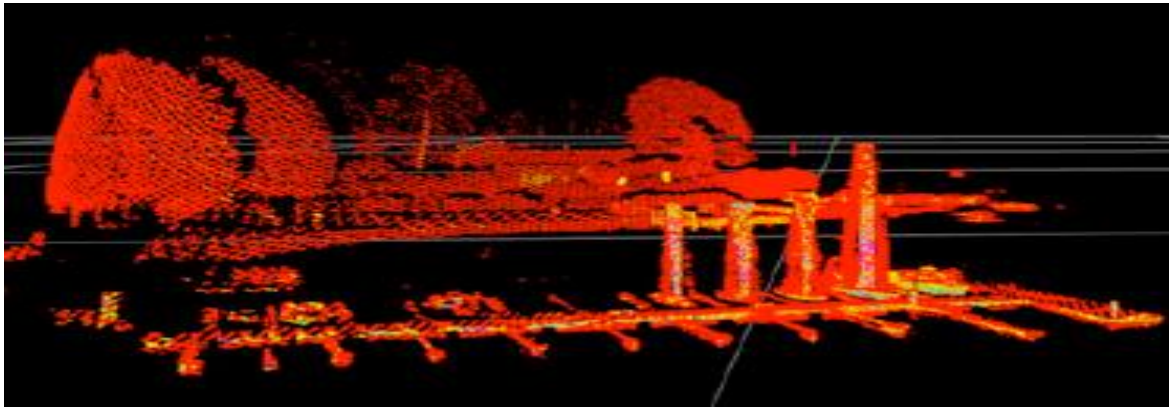
Η αναγκαιότητα για ένα πλήρωμα να παρακολουθεί μια λειτουργία εξαρτάται από το εάν κάποιος πρέπει να είναι παρών για να εκτελέσει τις απαιτούμενες εργασίες ή να μπορεί να διατηρήσει την αξιοπιστία οποιουδήποτε μέσου χειρίζεται για την εποπτεία της λειτουργίας αυτής.

2.1.1. Ανίχνευση Κατάστασης

Για την ασφαλή πλοήγηση ενός πλοίου, κάθε στοιχείο που μπορεί να επηρεάσει την πλοήγηση πρέπει να εντοπιστεί εγκαίρως έτσι ώστε να μπορεί να αναλυθεί. Τέτοια στοιχεία είναι η γεωγραφία, η βαθυμετρία, τα σταθερά αντικείμενα, τα πλωτά αντικείμενα, οι καιρικές συνθήκες και η κατάσταση του πλοίου που πιθανώς να επηρεάζουν την πλοήγηση του σκάφους. Σήμερα, τέτοιες ανιχνεύσεις πραγματοποιούνται από έναν συνδυασμό αρχικών υποθετικών πληροφοριών, αισθητήρων και ανθρώπινης παρακολούθησης. Ωστόσο, για να αντικαταστα-

θεί η απαίτηση συμμετοχής του πληρώματος, οι αισθητήρες πρέπει επίσης να αντικαταστήσουν τα μάτια του πληρώματος οπτικής παρακολούθησης. Τέτοιοι αισθητήρες είναι οι κάμερες ημέρας (στερεοφωνικές, πολυφασματικές, κλπ.), κάμερες υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR), κάμερες Light Detection And Ranging, καθώς και ανιχνευτές ήχου (DNV GL, 2018).

Οι αισθητήρες πρέπει να ανιχνεύουν αντικείμενα του πλοίου και του περιβάλλοντος επικίνδυνα για την ασφαλή πλοήγηση σε όλες τις διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, Εικόνα 5. Η τεχνολογία αισθητήρων μπορεί να είναι αξιόπιστη σε ήπιες καιρικές συνθήκες, αλλά οι πραγματικές προκλήσεις είναι σε αντίξοες συνθήκες όπως σκοτάδι, ομίχλη και δυνατή βροχή ή χιονόπτωση.



ΕΙΚΟΝΑ 5. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΥΝΘΗΚΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (DNV GL, 2018)

Η θέση του πλοίου σε ένα σενάριο πλοήγησης είναι σημαντική για την ασφαλή λειτουργία. Στην εποχή μας υπάρχει σημαντική εξάρτηση από το GPS για το σκοπό αυτό. Εάν χαθεί το GPS η λειτουργία χωρίς πλήρωμα είναι κρίσιμη. Έτσι, τα πλοία και θα πρέπει να διαθέτουν εναλλακτικές μεθόδους εντοπισμού θέσης. Η ακρίβεια των ναυτικών χαρτών είναι επίσης καθοριστικής σημασίας για την ασφαλή πλοήγηση, καθώς αυτοί καθορίζουν τις διαδρομές που είναι διαθέσιμες για το πλοίο. Η ακρίβεια των ναυτικών χαρτών (θέσης και βάθους) καθορίζει τον τρόπο εκτέλεσης της λειτουργίας πλοήγησης και τον κίνδυνο σύγκρουσης και επαφής με θαλάσσιο έδαφος.

Απαιτούνται επίσης αισθητήρες για την αξιολόγηση της ικανότητας πρόωσης και πηδαλιουχίας. Η παρακολούθηση των αισθητήρων όλων των κρίσιμων παραμέτρων διασφαλίζουν ότι τα δεδομένα θα παρέχουν αξιοπιστία και ευελιξία στους χρήστες.

Η αξιοπιστία των σημάτων των αισθητήρων πρέπει να διατηρείται κατά τη λειτουργία τους. Αυτό μπορεί να διασφαλιστεί μέσω ομογενούς ή ετερογενούς λειτουργίας αισθητήρων. Η ομογενής λειτουργία επιτυγχάνεται με δύο ή περισσότερους αισθητήρες που μετρούν την ίδια ποσότητα. Η ετερογενής λειτουργία είναι όταν ένα σύστημα διαθέτει πολλούς αισθητήρες μετρώντας διαφορετικές ποσότητες, με αποτέλεσμα η αστοχία ενός αισθητήρα να μπορεί να ξεπεραστεί βάσει των μετρήσεων από τους άλλους αισθητήρες. Η ετερογενής

λειτουργία αισθητήρων είναι ισχυρότερη λόγω της μειωμένης εξάρτησης από την αξιοπιστία ενός συγκεκριμένου τύπου αισθητήρα (DNV GL, 2018). Εάν δεν υπάρχει πλήρωμα που μπορεί να συντηρήσει και να επιδιορθώσει τους αισθητήρες και τα συστήματα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, η συντήρηση και η επισκευή μπορούν να πραγματοποιηθούν όταν το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι.

2.1.2. Ανάλυση Κατάστασης

Αφού έχουν εντοπιστεί όλες οι πληροφορίες, στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της κατάστασης που βρίσκεται το πλοίο. Η άμεσα μελλοντική κατάσταση που πιθανώς να προκύψει είναι αποτέλεσμα της ανάλυσης όλων των πληροφοριών που εντοπίστηκαν από τους αισθητήρες που αναφέραμε παραπάνω. Για να εξαλειφθεί η απαίτηση για οπτική παρακολούθηση από το πλήρωμα, πρέπει να συντελεστεί μια αλληλουχία αλγορίθμων ανάλυσης κατάστασης (DNV GL, 2018).

Για να αποκτήσει ένας αλγόριθμος επίγνωση της κατάστασης, τα ανιχνευόμενα αντικείμενα που σχετίζονται με την πλοήγηση του πλοίου πρέπει να αναλυθούν με βάση τις αρχικές υποθετικές πληροφορίες και τις πληροφορίες από τους αισθητήρες.



ΕΙΚΟΝΑ 6. ΑΝΥΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ (DNV GL, 2018)

Οι γεωγραφικές πληροφορίες λαμβάνονται από τα Ηλεκτρονικά Διαγράμματα Πλοήγησης (Electronic Navigational Charts - ENC). Η μετάδοση σημάτων Αυτόματων Υπογραφών Αναγνώρισης (Automatic Identification Signatures - AIS) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των άλλων πλοίων στο θαλάσσιο χώρο, Εικόνα 6. Σε περιπτώσεις όπου τα πλοία δεν εκπέμπουν αξιόπιστο σήμα AIS ή για μικρά πλοία ή πλωτά αντικείμενα που δεν μεταδίδουν σήματα AIS, πρέπει να χρησιμοποιούνται αισθητήρες όπως ραντάρ και κάμερες. Άλλοι

αισθητήρες, όπως ακουστικοί αισθητήρες, μπορεί επίσης να απαιτούνται σε περιπτώσεις όπου οι οπτικοί αισθητήρες είναι ανίκανοι να συλλέξουν πληροφορίες λόγω κακής ορατότητας (DNV GL, 2018).

Υπάρχουν τουλάχιστον δύο κύριες στρατηγικές για τη σύνθετη ανίχνευση αντικειμένων και την κατηγοριοποίηση από αισθητήρες, και έχουν ως εξής: «ανίχνευση και συγχώνευση» και «συγχώνευση και ανίχνευση». Στην πρώτη τα αντικείμενα ανιχνεύονται και κατηγοριοποιούνται από κάθε μεμονωμένο σύστημα αισθητήρων, και στη συνέχεια αυτά τα αποτελέσματα συγχωνεύονται σε μια κοινή μνήμη από έναν αλγόριθμο σύνθεσης πληροφοριών αισθητήρων. Στη δεύτερη τα ανεπεξέργαστα δεδομένα από όλα τα συστήματα αισθητήρων εισάγονται σε έναν αλγόριθμο που εκτελεί απευθείας ανίχνευση και κατηγοριοποίηση, συνήθως βασισμένος στη μηχανική εκμάθηση (machine learning) (DNV GL, 2018).

Ο αλγόριθμος ανάλυσης κατάστασης θα πρέπει να προβλέπει πιθανές μελλοντικές καταστάσεις αξιολογώντας το πιθανότερο πλάνο αλλά και την ξαφνική εμφάνιση αντικειμένων που θα επηρεάσουν την ασφαλή πλοήγηση του πλοίου. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό για εμπορικά πλοία είναι να απαιτηθεί από τα πλοία να ανταλλάσσουν ηλεκτρονικά την προβλεπόμενη διαδρομή τους. Εικόνα 7. Εάν τελειοποιηθεί μια τέτοια λειτουργικότητα, η εναπομένουσα πρόκληση για το αυτόνομο πλοίο θα είναι η ανάλυση των αντικειμένων που δεν κοινοποιούν αυτές τις πληροφορίες ηλεκτρονικά (απλά πλωτά αντικείμενα).



ΕΙΚΟΝΑ 7. ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΠΛΟΙΩΝ (DNV GL, 2018)

Ο αλγόριθμος θα πρέπει επίσης να μπορεί να πραγματοποιεί διαγνωστικές και προγνωστικές μελέτες που βασίζονται σε σήματα από αισθητήρες που καθορίζουν την κατάσταση του υφιστάμενου εξοπλισμού καθώς και στην εκτιμώμενη ικανότητα πλοήγησης βάσει των αισθητήρων που μετρούν τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος του πλοίου. Δεδομένου ότι η αυτόνομη επίγνωση της κατάστασης βασίζεται σε έναν αλγόριθμο, αυτό δεν απαιτεί συντήρηση με την κλασική έννοια. Ωστόσο, οι αλγόριθμοι υπόκεινται συχνά σε

αναβαθμίσεις λόγω σφαλμάτων που έχουν εντοπιστεί, σε βελτιώσεις της απόδοσης, και σε συντήρηση του hardware και του network.

2.1.3. Σχεδιασμός Ενέργειας

Μόλις αναλυθεί η κατάσταση και επιτευχθεί επαρκής συνειδητοποίησή της, πρέπει να σχεδιαστεί η ενέργεια βάσει αυτής της ανάλυσης αλλά και βάσει προκαθορισμένων κανόνων, όπως οι Διεθνείς Κανονισμοί για την Πρόληψη Συγκρούσεων στη Θάλασσα (COLREGs).

Για να είναι αυτόνομο ένα σύστημα πλοήγησης, ο σχεδιασμός της ενέργειας πρέπει να πραγματοποιείται από έναν αλγόριθμο και όχι από έναν ανθρώπινο χειριστή. Οι αλγόριθμοι λήψης αποφάσεων μπορούν να είναι προ-προγραμματισμένοι. Σε έναν προ-προγραμματισμένο αλγόριθμο πλοήγησης, οι αποφάσεις προγραμματίζονται στο λογισμικό βάσει των COLREGs. Ωστόσο, τα COLREG δεν καλύπτουν κάθε πιθανή κατάσταση πλοήγησης. Επομένως, πρέπει να καθοριστεί ένα σύνολο κανόνων για την αντιμετώπιση αυτών των καταστάσεων. Εναλλακτικά μπορεί να υπάρξουν και self-learning αλγόριθμοι που βασίζονται σε τεχνική νοημοσύνη (artificial intelligence), οι οποία επίσης θα ικανοποιούν το COLREGs.

Η εκπαίδευση (training) των αλγορίθμων μπορεί να πραγματοποιηθεί από δεδομένα που δημιουργούνται από ένα προσομοιωμένο περιβάλλον, από πειραματικές δοκιμές πεδίου και από δεδομένα πραγματικής λειτουργίας. Πιθανότατα θα είναι ένας συνδυασμός αυτών, ωστόσο η χρήση ενός προσομοιωμένου περιβάλλοντος θα είναι πιθανώς απαραίτητη για την απόκτηση επαρκούς πληροφορίας. Για παράδειγμα οι αλγόριθμοι πρέπει να προγραμματιστούν για δυσμενείς καταστάσεις που δεν εμφανίζονται συχνά στην πραγματική λειτουργία. Ο αλγόριθμος θα μπορεί επίσης να ενημερώνεται συχνά μέσω νέων δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της πραγματικής λειτουργίας, πιθανώς από πολλά πλοία παράλληλα (DNV GL, 2018).

2.1.4. Εκτέλεση Ενέργειας

Όταν η ενέργεια έχει σχεδιαστεί και έχει ληφθεί η σχετική απόφαση, αυτή η απόφαση πρέπει να ενεργοποιηθεί. Σε ένα αυτόνομο σύστημα, οι εντολές εκτέλεσης της απόφασης θα δημιουργούνται και θα αποστέλλονται από το κατάλληλο λογισμικό σχεδιασμού ενέργειας στο σύστημα ελέγχου. Για παράδειγμα, οι αποφάσεις σχετικά με την πλοήγηση θα αποστέλλονται και θα ενεργοποιούνται από τα συστήματα πρόωσης και πηδαλιουχίας. Το σύστημα ελέγχου θα διασφαλίζει ότι ο ελιγμός που θα γίνει θα είναι σύμφωνος με τα δεδομένα εισόδου (DNV GL, 2018).

Η αξιοπιστία του σταδίου θα εξαρτηθεί από την αξιοπιστία του συστήματος ελέγχου και των διαφόρων μηχανισμών και συστημάτων. Αυτή η αξιοπιστία μπορεί να διασφαλιστεί

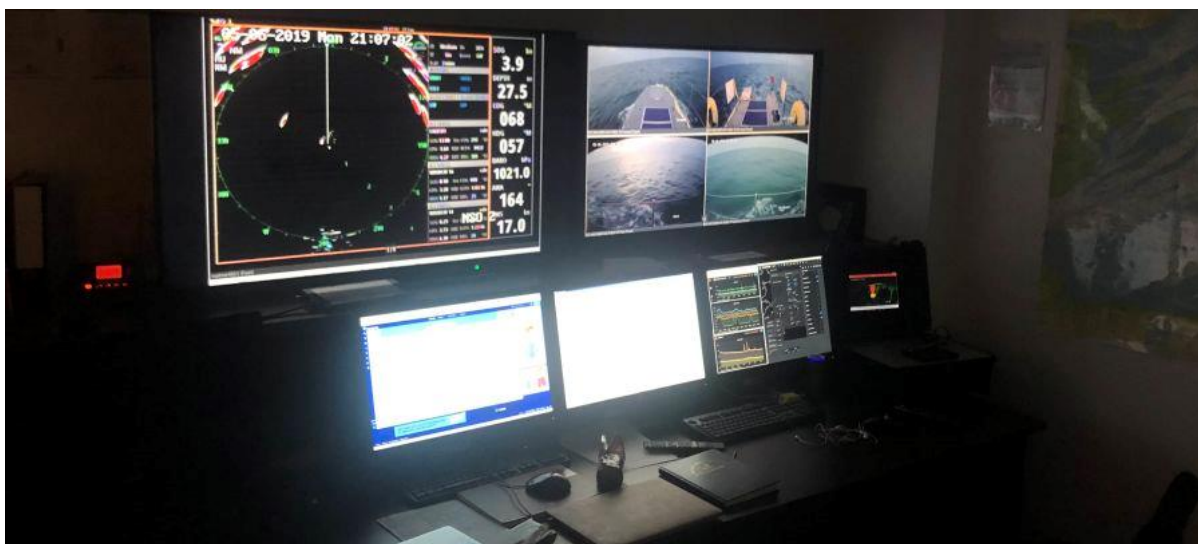
μέσω της συνεχούς συντήρησης. Εάν δεν υπάρχει πλήρωμα για την εκτέλεση της συντήρησης, πρέπει να εφαρμοστεί διαφορετική στρατηγική και η συντήρηση να πραγματοποιείται όταν το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι. Μια τέτοια στρατηγική μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την αξιοπιστία του συστήματος ελέγχου εν πλω, αλλά αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί με την ύπαρξη πλεοναζόντων μηχανισμών και συστημάτων του πλοίου. Η απαίτηση για πλεόνασμα θα εξαρτηθεί από τον κίνδυνο που σχετίζεται με την αστοχία του μηχανισμού ή του συστήματος.

Μια τρέχουσα πρόκληση σχετική με την παρακολούθηση της κατάστασης του πλοίου και τα σχετικά διαγνωστικά και προγνωστικά δεδομένα των εξαρτημάτων και των συστημάτων του πλοίου, είναι η έλλειψη τυποποίησης αυτών. Καθώς τα διαγνωστικά και τα προγνωστικά συνήθως βασίζονται σε δεδομένα, απαιτείται ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων για αξιοπιστία. Στην αεροπορική βιομηχανία, τέτοια μεγάλα σύνολα δεδομένων είναι διαθέσιμα λόγω της μεγάλης κλίμακας εφαρμογής τυποποιημένων εξαρτημάτων, ενώ στη ναυτιλιακή βιομηχανία ο εξοπλισμός είναι συνήθως κατά παραγγελία. Η επιτυχής συντήρηση, βάσει δεδομένων, μπορεί συνεπώς να επιτευχθεί με τη χρήση τυποποιημένου εξοπλισμού και ολοκληρωμένων (integrated) συστημάτων.

2.2. Κέντρο Ελέγχου

Η ιδέα της κατασκευής ενός Κέντρου Ελέγχου Ξηράς περιλαμβάνει μία εγκατάσταση με έδρα στη στεριά εντός της οποίας διεξάγεται η εποπτεία ενός συγκεκριμένου αριθμού αυτόνομων - μη επανδρωμένων πλοίων. Για να παρέχει το Κέντρο Ελέγχου ικανοποιητική ενημέρωση σε κάθε κατάσταση, επαρκής πληροφορία θα πρέπει να λαμβάνεται από τους αισθητήρες του πλοίου και να αποστέλλεται στο κέντρο ελέγχου, Εικόνα 8. Σύμφωνα με την (Πεταρούδη, 2019) το Κέντρο Ελέγχου αποτελείται από δύο βασικά συστήματα: το απομακρυσμένο σύστημα ελιγμών (Remote Maneuvering Support System - RMSS) και το σύστημα διεπαφής του πλοίου με την ξηρά (Human Machine Interface - HMI) .

Το απομακρυσμένο σύστημα ελιγμών RMSS αποτελεί ένα σύστημα βασιζόμενο σε υπολογιστή που επιτρέπει την ασφαλή αυτόνομη λειτουργία των πλοίων που ελέγχονται σε μεγάλο βαθμό από το κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Ο ρόλος του είναι να παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικές με την τοποθεσία του πλοίου, να προβλέπει ενδεχόμενους περιορισμούς των ελιγμών στους οποίους θα πρέπει να προβεί το πλοίο, και τη μελλοντική του κατάσταση σχετικά με παραμέτρους, όπως η θέση και η πορεία του. Προβλέπει, συν τοις άλλης, πιθανά προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν επιτρέποντας κατ' αυτό τον τρόπο την έγκαιρη αντίδραση (MUNIN, 2016).



ΕΙΚΟΝΑ 8. ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟ ΦΟΡΤΗΓΟ ΠΛΟΙΟ SEA-KIT USV MAXLIMER (NAUTILUS, 2019)

Το σύστημα διεπαφής του πλοίου με την ξηρά HMI δίνει στον εκάστοτε χειριστή τη δυνατότητα να παρακολουθεί και να προβαίνει σε παρεμβάσεις στη λειτουργία του πλοίου. Στο εν λόγω σύστημα περιλαμβάνονται οι επικοινωνιακές λειτουργίες, οι λειτουργίες πλοήγησης και η ολοκληρωμένη αποτύπωση της εικόνας των συστημάτων του κινητήρα (Engine Automation System - EAS) και των συστημάτων της γέφυρας (Bridge Automation System - BAS), (Burmeister et al, 2014), (Πεταρούδη, 2019).

Μολονότι δεν είναι αναγκαία η άμεση μετάδοση όλων των στοιχείων που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο όταν το πλοίο λειτουργεί αυτόνομα, εντούτοις τα δεδομένα είναι απαραίτητο να διατίθενται αμέσως όταν προκύψει περιστατικό έκτακτης ανάγκης. Τα στοιχεία που πρέπει να μεταδοθούν πολλαπλασιάζονται ανάλογα με την ποσότητα των αισθητήρων που υπάρχουν στο πλοίο. Συνεπώς, όταν βρίσκεται στα ανοιχτά, το πλοίο θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στις περισσότερες καταστάσεις με αυτόνομους χειρισμούς και στο κέντρο ελέγχου να μεταδίδονται οι ελάχιστες δυνατές πληροφορίες προκειμένου να έχει την εποπτεία του πλοίου και να μπορέσει να αντιδράσει σε περίπτωση ανάγκης (AAWA, 2016), (Πεταρούδη, 2019).

2.3. Συστήματα Ελέγχου

Στις παραπάνω ενότητες, περιεγράφηκε πώς μπορεί να αντικατασταθεί το πλήρωμα με διαδικασίες αυτοματοποίησης που περιλαμβάνουν έλεγχο από αισθητήρες και στην συνέχεια ανάλυση των δεδομένων από αλγόριθμους. Χαρακτηριστικά συστήματα που παρέχουν πληροφορίες και δεδομένα περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω.

2.3.1. Σύστημα Αυτόνομου Ελέγχου και Παρακολούθησης Κινητήρων

Το Σύστημα Αυτόνομου Ελέγχου και Παρακολούθησης Κινητήρων (Autonomous Engine Monitoring and Control System - AEMC) εξασφαλίζει τη συνεχή παρακολούθηση των μηχανικών - κινητήριων λειτουργιών του πλοίου. Περιλαμβάνει συνήθως τα παρακάτω υποσυστήματα:

- Σύστημα πρόωσης
- Συστήματα παραγωγής, διαχείρισης ενέργειας και εκπομπής καυσίμων
- Σύστημα λίπανσης των κινητήρων

Για τη βέλτιστη αξιολόγηση των δεδομένων και των συμβάντων σχετικά με τους κινητήρες έχουν δημιουργηθεί συστήματα που μπορούν να προβλέψουν προβλήματα μέσω ψηφιοποιημένων λειτουργιών δίνοντας στο κέντρο ελέγχου ποιοτική και αξιόπιστη παρακολούθηση του μηχανοστασίου. Ένα σύστημα που έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιείται είναι το σύστημα EDL (Engine Data Logger). Το σύστημα EDL έχει τη δυνατότητα να συλλέγει δεδομένα όλο το εικοσιτετράωρο σχετικά με τις ενδείξεις των παραμέτρων στις μηχανές, τον έλεγχο των θερμοκρασιών σε αυτές καθώς και ό,τι συμβαίνει στο περιβάλλον τους (Burmeister et al., 2014). Επιπλέον υπάρχει το σύστημα Emergency Handling το οποίο παρακολουθεί μέσω των αισθητήρων πιθανά σφάλματα που σχετίζονται με ανακριβείς πληροφορίες που μπορεί να οδηγήσουν σε απόκλιση της ορθής λειτουργίας του μηχανοστασίου. Ωστόσο η συντήρηση των κινητήρων αναπόσπαστα θα πρέπει να γίνεται από εκπαιδευμένο προσωπικό κατά την άφιξη και την αναχώρηση του πλοίου στο λιμάνι.

2.3.2. Σύστημα Ελέγχου και Αξιολόγησης Απόδοσης Κινητήρα

Το συγκεκριμένο σύστημα είναι υπεύθυνο ώστε να διασφαλιστεί η αποδοτικότερη επίδοση όλων των συστημάτων που σχετίζονται με τον κινητήρα. Ακόμα παρέχει σχεδιαγράμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές ανάγκες συντήρησης. Οι δείκτες απόδοσης που προκύπτουν από την αξιολόγηση χρησιμοποιούνται και ως αποτελέσματα μετρήσεων για την έκδοση πιστοποιητικών καλής λειτουργίας. (Burmeister et al., 2014).

2.3.3. Σύστημα Ελέγχου Συντήρησης

Στα αυτόνομα πλοία η δυνατότητα συντήρησης στο μηχανοστάσιο είναι ζωτικής σημασίας και δυστυχώς δεν μπορεί να παρέχεται όπως στα επανδρωμένα πλοία. Για τα μη επανδρωμένα πλοία, η συντήρηση του συστήματος των κινητήρων είναι άκρως σημαντική έτσι ώστε να μπορεί να επιβεβαιωθεί ότι τα υποσυστήματα δεν θα παρεκκλίνουν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Η διαδικασία αυτή απαιτεί ένα ολοκληρωτικό σχεδιασμό των συστημάτων του μη-

χανοστασίου ενώ ακόμα θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα δευτερεύον πλάνο για κάθε μηχάνημα ξεχωριστά έτσι ώστε να παρέχει επαρκές επίπεδο ασφάλειας και αξιοπιστίας για το πλήρες σύστημα (Burmeister et al., 2014).

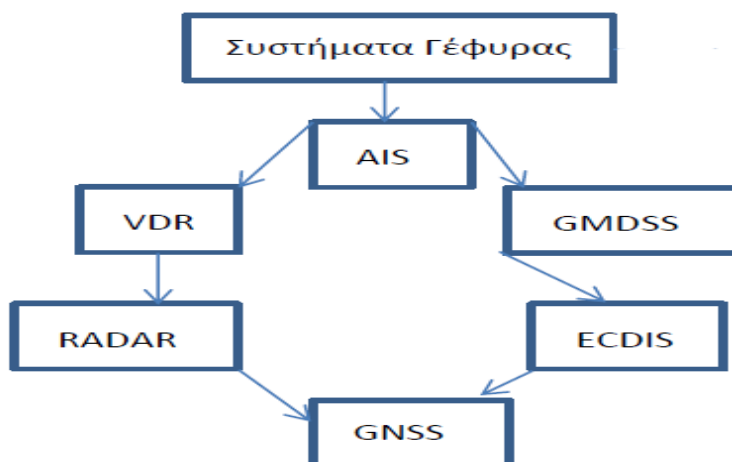
2.3.4. Σύστημα Ελέγχου Γέφυρας

Ένα καινοτόμο αυτόνομο σύστημα είναι το σύστημα ελέγχου της γέφυρας (Autonomous Navigation System - ANS) το οποίο έχει ως στόχο να παρέχει αξιόπιστη πλοήγηση στο πλοίο χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Ουσιαστικά σε αυτό το σύστημα υπάγονται όλα τα συστήματα που διαθέτει μια γέφυρα πλοίου (Burmeister et al., 2014).

2.3.5. Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου Πλοήγησης

Είναι το σύστημα που είναι υπεύθυνο για την πλεύση του πλοίου. Προκειμένου η πλεύση να επιτευχθεί με ασφάλεια και αξιοπιστία διάφορα συστήματα όπως τα παρακάτω πρέπει να συνδυαστούν, Εικόνα 9, (Burmeister et al., 2014).

- ARPA, AIS: Σύστημα υπεύθυνο για την τροχιά του σκάφους.
- ECDIS: Σύστημα απεικόνισης χάρτη και πληροφοριών των πλησιέστερων σκαφών.
- GNSS: Σύστημα εκπομπής σημάτων σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.
- VDR: Σύστημα καταγραφής εντός πλοίου (Μαύρο Κουτί).
- GMDSS: Ένα ολοκληρωμένο σύστημα επικοινωνίας που χρησιμοποιεί δορυφορική και επίγεια ραδιοεπικοινωνία για να διασφαλίσει ότι ανεξάρτητα από τη θέση του πλοίου σε κίνδυνο, μπορεί να σταλεί βοήθεια.



ΕΙΚΟΝΑ 9. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΦΥΡΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω συστημάτων μαζί με τις πληροφορίες που συλλέγονται από τους αντίστοιχους αισθητήρες για το περιβάλλον γύρω από το πλοίο μπορούν σε πρώιμο στάδιο να αποδώσουν μια ασφαλή πλοήγηση. Στα επανδρωμένα πλοία την τελική απόφαση για την πλεύση του πλοίου έχει ο πλοίαρχος και οι αξιωματικοί επιφυλακής από το λιμάνι αναχώρησης του πλοίου στο λιμάνι του προορισμού.

Κύριος στόχος του αυτόνομου συστήματος πλοήγησης θα είναι να αντικαταστήσει τα καθήκοντα που εκτελούνται σήμερα από τον πλοίαρχο, και το πλοίο να ακολουθεί επακριβώς τις εντολές και τις ενέργειες που έχουν σχεδιαστεί και εγκριθεί από το κέντρο ελέγχου χωρίς να παρεκκλίνει από αυτές (Burmeister et al., 2014).

2.3.6. Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου Αισθητήρων

Ένα προηγμένο σύστημα αισθητήρων (Advanced Sensor System - ASS) λαμβάνει πληροφορίες και δεδομένα που του παρέχουν τα διάφορα συστήματα πλοήγησης του πλοίου (ραντάρ και AIS) συνδυαστικά με σύγχρονες φωτογραφικές μηχανές και κάμερες υπέρυθρης ακτινοβολίας. Τα δεδομένα αυτά είναι απαραίτητα, καθώς αξιοποιούνται από το ASS για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος του πλοίου.

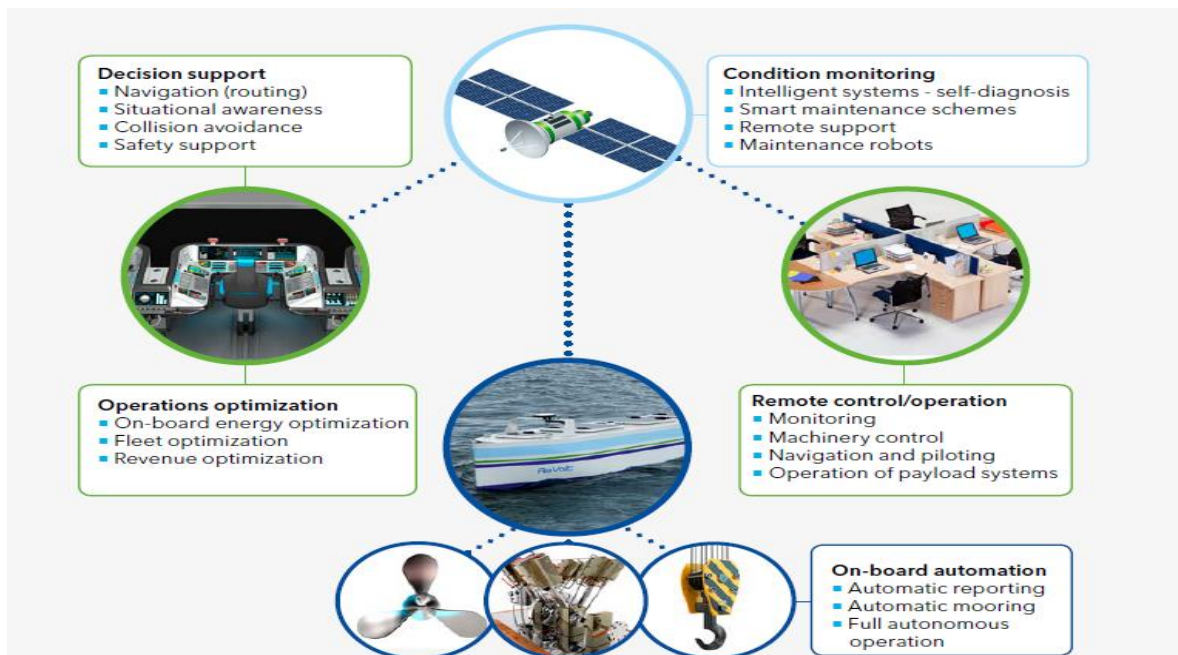
Η λειτουργία του συστήματος αποσκοπεί στη διατήρηση μίας διαρκούς και συστηματικής διαδικασίας παρακολούθησης της κίνησης στο θαλάσσιο περιβάλλον και των φυσικών ή τεχνητών εμποδίων που ορισμένες φορές ανακύπτουν και παρακωλύουν το ταξίδι. Απώτερος στόχος είναι η συμμόρφωση με τον πέμπτο κανόνα COLREGs, βάσει του οποίου απαιτείται εγρήγορση και αξιοποίηση κάθε διαθέσιμου μέσου προκειμένου να υπάρξει ολοκληρωμένη εκτίμηση της κατάστασης και του κινδύνου να προκληθεί κάποια σύγκρουση (Burmeister et al., 2014).

Σύμφωνα με το ερευνητικό πρόγραμμα MUNIN η χρήση κάμερας και υπολογιστή μπορεί να παρέχει μίας ασφαλέστερη εικόνα για την αξιολόγηση της κατάστασης και των κινδύνων από ότι η ανθρωπιστή οπτική παρακολούθηση. Ένας από τους συνεργάτες του έργου, η ArtoMar AS, έχει κατασκευάσει μια γυροσκοπική πλατφόρμα, εξοπλισμένη με υπέρυθρες κάμερες, κάμερες ημέρας-νυκτός και προβολείς προκειμένου να εφαρμόζεται η αυτόματη αναγνώριση εικόνας. Οι κάμερες της πλατφόρμας έχουν τη δυνατότητα τηλεχειρισμού της από το κέντρο ελέγχου ξηράς και τη δυνατότητα αποστολής φωτογραφιών και εικόνων βίντεο με ποιότητα ανάλογη με το διαθέσιμο δίκτυο σύνδεσης (Porathe et al., 2014).

2.3.7. Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου

Κατά τη λειτουργία του πλοίου θα πρέπει να πραγματοποιείται μια αξιόπιστη και αναλυτική αξιολόγηση όλων των δεδομένων τα οποία συλλέγονται από αισθητήρες του πλοίου και τα

συστήματα ελέγχου. Το αυτόνομο σύστημα ελέγχου του πλοίου (Autonomous Ship Controller - ASC) είναι σε επαφή με όλα τα επιμέρους συστήματα ελέγχου και ουσιαστικά εκτελεί ένα γενικό έλεγχο στις λειτουργίες του πλοίου αφού είναι στενά συνδεδεμένο με άλλα συστήματα, όπως είναι το AEMC, τα συστήματα πλοήγησης, καθώς επίσης και με τα συστήματα επικοινωνίας μεταξύ του πλοίου και του κέντρου ελέγχου (Πεταρούδη, 2019). Στην Εικόνα 10 παρουσιάζεται όλη η πληροφορία που απαιτείται να μεταφέρεται από τα συστήματα ελέγχου προς το κέντρο ελέγχου.



ΕΙΚΟΝΑ 10. ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ (DNV GL, 2018)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Αυτονόμηση και Αντίκτυπος στη Ναυτιλία

3.1. Οφέλη

Δεδομένου ότι στην πλειονότητα τους τα θαλάσσια ατυχήματα είναι αποτέλεσμα ανθρώπινου παράγοντα, εύλογα εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα αυτόματα συστήματα είναι πιο ασφαλή. Κατά την πενταετία 2011- 2016 το 62% των ατυχημάτων στα οποία ενεπλάκησαν πλοία που έχουν νηολογηθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση συνέβη εξαιτίας κάποιας ανθρώπινης ενέργειας. Σύμφωνα με τους Mogens et al (2007) οι εργασίες που πραγματοποιούνται από την ξηρά είναι από 5 μέχρι 10 φορές ασφαλέστερες από τις εργασίες στο κατάστρωμα. Ορισμένες από τις συνηθέστερες αιτίες πρόκλησης ατυχημάτων από ανθρώπινο παράγοντα είναι η κούραση, η ελλιπής τεχνογνωσία, οι αποφάσεις που λαμβάνονται παρά τις ανεπαρκείς πληροφορίες και η έλλειψη επικοινωνίας (Burmeister et al., 2014).

Δεδομένου, λοιπόν, ότι τα αυτόνομα συστήματα των πλοίων αντικαθιστούν την εργασία των ναυτικών, παρέχεται μεγαλύτερη ασφάλεια, εφόσον μειώνεται ο κίνδυνος που προκύπτει από αρμοδιότητες που δύσκολα φέρουν εις πέρας οι άνθρωποι, καθώς απαιτούν μεγάλη διάρκεια επαγρύπνησης. Συγκεκριμένα, τις αρμοδιότητες του πληρώματος αναλαμβάνει το έξυπνο λογισμικό, τα συστήματα αισθητήρων και ο χειριστής από τη στεριά. Η ασφάλεια ενός πλοίου προϋποθέτει και την ασφάλεια των πλοίων γύρω από αυτό και γενικότερα την ασφάλεια στη θαλάσσια κίνηση (Kretschmann et al., 2015).

Τα οφέλη που παρέχει η αυτονομία στη ναυτιλία γίνονται αισθητά και στον τομέα της οικονομίας. Τα αυτόνομα πλοία αυτά καθ' αυτά αποτελούν σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην παγκόσμια βιομηχανία (Burmeister et al., 2014). Στα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτόνομων συστημάτων συγκαταλέγεται και η ελάττωση των όχι αμελητέων δαπανών που αφορούν στο εργατικό δυναμικό (μισθοδοσία και άλλα έξοδα), που αποτελούν μία από τις βασικές κατηγορίες λειτουργικού κόστους των ναυτιλιακών επιχειρήσεων (Rodseth & Burmeister, 2012).

Η οικονομική αποδοτικότητα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την ευαισθητοποίηση της κοινωνίας σχετικά με αυτή. Το σύγχρονο διεθνές θεσμικό πλαίσιο ορίζει άλλωστε την όσο το δυνατόν μικρότερη επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τα πλοία. Τον Απρίλιο του 2018 η Επιτροπή Προστασίας Θαλασσιού Περιβάλλοντος (MEPC) με σχετική απόφαση προσανατολίστηκε στη μείωση των επιζήμιων εκπομπών αερίων που ευθύνονται ως ένα βαθμό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ο στόχος ήταν μέσα από την εφαρμογή της νέας οικολογικής πολιτικής να μειωθούν οι εκπομπές στις διεθνείς ναυτιλιακές μεταφορές μέχρι και το 2050 στο 50% συγκριτικά με εκείνες του 2008.

Οι συγκεκριμένοι στόχοι απαιτούν την εφαρμογή μίας σειράς μέτρων, τα οποία με τη σειρά τους προϋποθέτουν τη χρήση τεχνολογικά προηγμένων συστημάτων. Η αντικατάσταση του συμβατικού πλοίου από το αυτόνομο- μη επανδρωμένο εναρμονίζεται με τις περιβαλλοντικές επιδιώξεις αποσκοπώντας στην περιβαλλοντική και οικονομική βιωσιμότητα.

3.2. Κίνδυνοι (βασισμένοι στο έργο MUNIN)

Δεδομένων των προβληματισμών που προκύπτουν από την ασφάλεια των αυτόνομων - μη επανδρωμένων πλοίων, κατά το έργο MUNIN επιχειρήθηκε η ανάλυση της. Από τη στιγμή που η πλειοψηφία των ατυχημάτων που γίνονται στη θάλασσα πηγάζουν από τον ανθρώπινο παράγοντα και είναι ως επί το πλείστον αποτέλεσμα κάποιας εσφαλμένης ανθρώπινης ενέργειας ή προβλημάτων κόπωσης, το MUNIN εικάζει ότι η αυτόνομη ναυτιλία, απαλλαγμένη κατά κάποιο τρόπο από τα ανθρώπινα λάθη, θα είναι αρκετά πιο ασφαλής από την επανδρωμένη.

Παρόλα αυτά, τα αυτόνομα πλοία δεν είναι προστατευμένα απέναντι σε οποιονδήποτε κίνδυνο, όπως διαπιστώνεται κατά το MUNIN, εφόσον δύσκολα εξαλείφεται ο κίνδυνος των πειρατικών επιθέσεων στον κυβερνοχώρο (cyber attacks), από τον οποίο εξαρτώνται τα αυτόνομα πλοία. Προκειμένου να διασφαλιστεί η όσο τον δυνατόν μεγαλύτερη ασφάλεια των αυτόνομων πλοίων, θα πρέπει το λογισμικό τους να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο που να επιτυγχάνεται η αντίστασή του σε τέτοιου είδους επιθέσεις, εφόσον μάλιστα δεν έχει ακόμα αποσαφηνιστεί ο βαθμός στον οποίο τα αυτόνομα πλοία συνιστούν ιδανική λεία για πειρατικές επιθέσεις. (Tam & Jones, 2019).

3.3. Ασφάλεια στον Κυβερνοχώρο

Το ζήτημα της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο (cyber security) στον κλάδο της ναυτιλίας φαίνεται να απασχολεί κατά τα τελευταία χρόνια ολοένα και περισσότερο τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα αυτό. Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη συνοδευόμενη από πλήθος τεχνολογικών επιτευγμάτων συνιστά τη βασική αιτία διεξαγωγής επιχειρηματικών και επιστημονικών συζητήσεων για θέματα που σχετίζονται με την ασφάλεια στη ναυτιλία (Tam & Jones, 2019).

Ανεξάρτητα από το βαθμό αυτονομίας του εκάστοτε πλοίου, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο συνιστά ένα καίριο ζήτημα το οποίο εγείρει πλήθος προβληματισμών αναφορικά με την ασφάλεια. Η απόλυτη εξάρτηση του αυτόνομου πλοίου από το διαδίκτυο και τις νέες τεχνολογίες, η σύνδεση των συστημάτων ελέγχου με αντίστοιχα συστήματα από το κέντρο ελέγχου που βρίσκεται στην ξηρά, και η συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο ως αναγκαία προϋπό-

θεση για την ασφαλή πλεύση είναι μερικές μόνο από τις συνιστώσες που καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση του ζητήματος της ασφάλειας του μη επανδρωμένου πλοίου, δεδομένης μάλιστα της περιορισμένης διαθέσιμης μέχρι σήμερα σχετικής διεθνούς βιβλιογραφίας (Reilly & Jorgensen, 2016).

Σύμφωνα με τους Pen Test Partners (Penetration testing and security services), όσο τα πλοία γίνονται μεγαλύτερα σε χωρητικότητα, εξελίσσονται και αυτοματοποιούνται, τόσο πολλαπλασιάζονται οι κίνδυνοι που εγκυμονούν για ενδεχόμενη επίθεση. Η αυτοματοποίηση των πλοίων προϋποθέτει συνδεσιμότητα, η οποία παρέχει στους χάκερς τη δυνατότητα να προβούν σε παρακολούθηση και έλεγχο των αυτόματων συστημάτων του πλοίου και κατ' επέκταση τη δυνατότητα πρόκλησης οποιασδήποτε μορφής καταστροφής είτε αυτή αφορά σε οικονομικές απώλειες, είτε σε ζητήματα ασφαλούς πλεύσης. Η επίθεση που μπορεί να δεχτεί ένα πλοίο ενδέχεται να πηγάζει από προσχεδιασμένες κακόβουλες ενέργειες, από ακούσιες επιθέσεις ή ακόμα και από λάθη κατά τη χρήση των αυτόνομων συστημάτων (Pen Test Partners, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Κοινωνικά - Ηθικά Ζητήματα Που Διέπουν την Εφαρμογή των Αυτόνομων Πλοίων

Τα τηλεκατευθυνόμενα και αυτόνομα πλοία θα μπορούσαν αναμφισβήτητα να είναι η πιο καινοτόμα εξέλιξη στη ναυτιλία από την εισαγωγή του πετρελαιοκινητήρα στις αρχές του 20ου αιώνα. Αυτός ο νέος τεχνολογικός τρόπος λειτουργίας πλοίων έχει τη δυνατότητα όχι μόνο να διαταράξει ολόκληρο το επιχειρηματικό μοντέλο της ναυτιλιακής βιομηχανίας, αλλά και τον ρόλο της ναυτιλίας στην κοινωνία. Η μετάβαση προς τον αυτοματισμό σε πλοία που ελέγχονται από αλγόριθμους ή απομακρυσμένο χειριστή, μειώνοντας ή εξαλείφοντας το πλήρωμα, έχει ουσιαστικές κοινωνικές και ηθικές συνέπειες. Δεδομένου ότι αυτή η τάση καθοδηγείται κυρίως από τη βιωσιμότητα και την εξοικονόμηση κόστους, οι συνέπειες πρέπει να προσδιοριστούν προσεκτικά και να εξεταστούν ώστε να διασφαλιστεί ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός θα λάβει ιδιαίτερη μέριμνα για τις ανησυχίες περί ασφάλειας και ευθύνης.

Η αντικατάσταση ή η ουσιαστική μείωση του πληρώματος με ψηφιακές τεχνολογίες μπορεί να αντιπροσωπεύει απώλεια θέσεων εργασίας. Ταυτόχρονα, θα χρειαστούν νέοι εμπειρογνώμονες για τη λειτουργία και τη συντήρηση των νέων ψηφιακών συστημάτων που είναι ενσωματωμένα στα πλοία. Αν και είναι δύσκολο να προβλεφθούν οι πιθανές απώλειες θέσεων εργασίας, είναι σαφές ότι η ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών στη ναυτιλία είναι πιθανό να έχει επίδραση σε διαφορετικές κοινωνικές ομάδες και περιοχές, δεδομένου ότι η ειδίκευση των εργαζομένων θα είναι διαφορετική από αυτή που απαιτείται σήμερα. Για τα έθνη και τις εταιρείες που παρέχουν ναυτικούς που υπηρετούν σε παραδοσιακές δραστηριότητες πλοίων, η απομακρυσμένη και αυτόνομη ναυτιλία πιθανότατα θα θεωρηθεί απειλή. Για τα έθνη και τις εταιρείες που παρέχουν την τεχνολογία και την εξειδίκευση που απαιτούνται για τη λειτουργία τηλεχειριζόμενων και αυτόνομων πλοίων - όπως αισθητήρες, συνδεσιμότητα, ικανότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων - αυτό πιθανότατα θα οδηγήσει στη δημιουργία θέσεων εργασίας. Υπηρεσίες που σχετίζονται με τη συντήρηση και τη μηχανική υποστήριξη στην ξηρά, εργασίες που εκτελούνταν πρωτίτερα εν πλω από το πλήρωμα, θα είναι επίσης σε ζήτηση. Αυτές οι υπηρεσίες υποστήριξης θα δημιουργήσουν νέες ευκαιρίες απασχόλησης αλλά είναι πιθανό ότι αυτές οι θέσεις εργασίας θα μετακινηθούν προς ιδιαίτερα ανεπτυγμένες περιοχές με ώριμες τεχνολογικές ικανότητες και εκπαιδευμένο προσωπικό. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού δεν έχει ακόμη πρόσβαση σε υπηρεσίες Διαδικτύου, επομένως υπάρχουν περιοχές και κοινωνικές ομάδες που δεν μπορούν να επωφεληθούν από τις νέες δυνατότητες που αναδύονται. Αυτό σημαίνει ότι η απομακρυσμένη ελεγχόμενη και αυτόνομη

ναυτιλία είναι πιθανό να εμβαθύνει τις υπάρχουσες ανισότητες μεταξύ των κοινωνικών τάξεων και των χωρών, εκτός εάν ληφθούν μέτρα για τη μεταφορά τεχνολογίας, την κοινωνική προστασία και την εξειδίκευση του πληρώματος (DNV GL, 2018).

Υπάρχει ένα επιπλέον ηθικό ζήτημα που σχετίζεται με την πιθανή εξαφάνιση του επαγγέλματος των ναυτικών. Το πλήρωμα ενός πλοίου εκτελεί πολλές λειτουργίες στα πλοία εκτός από τα τεχνικά και επαγγελματικά καθήκοντα. Οι ναυτικοί είναι μια επαγγελματική κοινότητα με συγκεκριμένες δεξιότητες, ιστορία, κοινωνικούς ρόλους, πολιτιστική κληρονομιά και αξίες σε όλες τις περιοχές του κόσμου. Η απώλεια των πληρωμάτων σε πλοία δεν περιλαμβάνει μόνο την απώλεια δεξιοτήτων, αλλά και την απώλεια πολιτισμού, κοινωνικών και ηθικών αξιών. Αυτό το γεγονός θα διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στη δημόσια αποδοχή των τηλεχειριζόμενων και αυτόματων πλοίων. Η εμπιστοσύνη στις νέες τεχνολογίες αναδύεται όταν αυτές οι τεχνολογίες θεωρούνται ότι αντικατοπτρίζουν ευρέως αποδεκτές ηθικές αρχές. Στη ναυτιλία γενικά υπάρχει η τάση να συνδέονται αυτές οι αρχές με την ύπαρξη πληρώματος επί του πλοίου.

Το να δοθεί στις μηχανές η εξουσία να λαμβάνουν αποφάσεις που είχαν προηγουμένως ληφθεί από ανθρώπους είναι πράγματι βασικό θέμα που συζητείται στη φιλοσοφία της τεχνολογίας και της ηθικής. Παραδοσιακά, αποδίδουμε πάντα ευθύνη σε ανθρώπινους πράκτορες ή σε οργανισμούς που θεωρούνται νομικά πρόσωπα, όπως μια ναυτιλιακή εταιρεία. Είναι δύσκολο να αποδοθεί ευθύνη για παράβαση σε έναν αλγόριθμο όταν δεν θεωρείται ηθικός ή νομικός παράγοντας. Αυτή η πρόκληση συζητείται ευρέως και στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας. Η συζήτηση για την ασφάλεια των αυτοκινούμενων αυτοκινήτων περιλαμβάνει δοκιμές σχετικά με παραδοσιακά ηθικά διλήμματα (DNV GL, 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Οικονομικά Κίνητρα για Εφαρμογή των Αυτόνομων Πλοίων στη Ναυτιλία

Εάν πρόκειται να υιοθετηθούν και να κλιμακωθούν τεχνολογικές λύσεις που σχετίζονται με τα αυτόνομα και εξ αποστάσεως ελεγχόμενα πλοία, πρέπει να υπάρχουν επαρκή κίνητρα για την εφαρμογή. Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει το ρυθμό υιοθέτησης θα είναι εάν η τεχνολογία προσφέρει έναν οικονομικά αποδοτικό τρόπο για την εκπλήρωση της αποστολής ενός πλοίου, αλλά και παράγοντες όπως η επίδραση της τεχνολογίας στις εκπομπές ρύπων των πλοίων που μπορεί επίσης να χρησιμεύσει ως κίνητρο για αυτό.

Η εισαγωγή τεχνολογίας για την υποστήριξη της ασφαλούς λειτουργίας των πλοίων με μειωμένο πλήρωμα μπορεί να αποδειχθεί ότι έχει θετικό αντίκτυπο στην ασφάλεια, αλλά τέτοιες λύσεις θα εδραιωθούν μόνο εάν υπάρχει μια καλή επιχειρηματική περίπτωση που τις υποστηρίζει. Εν ολίγοις, εάν η τεχνολογία παρέχει μια λύση που είναι πιο οικονομική και εξίσου αξιόπιστη, ασφαλής και βιώσιμη με τις τρέχουσες λύσεις, θα υπάρχει ζήτηση στην αγορά. Η επιχειρηματική περίπτωση είναι, σε απλή μορφή, μια συνάρτηση του κόστους και των εσόδων. Το κόστος μπορεί να διαιρεθεί σε κόστος κεφαλαίου, λειτουργικό κόστος και κόστος ταξιδιού.

5.1 Κόστος Κεφαλαίου

Τα κεφαλαιουχικά έξοδα περιλαμβάνουν δαπάνες που σχετίζονται με χρηματοδότηση και απόσβεση. Οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτά τα κόστη, είναι το κόστος του περιουσιακού στοιχείου, το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει το μέγεθος του δανείου, η εκτιμώμενη ωφέλιμη διάρκεια ζωής και η αξία του πλοίου. Το κόστος κεφαλαίου του πλοίου θα επηρεαστεί σημαντικά από τη μείωση ή την εξάλειψη του πληρώματος, αλλά αυτό εξαρτάται πλήρως από το είδος της λειτουργίας και το μέγεθος της μείωσης του πληρώματος. Για ένα μη επανδρωμένο πλοίο, θα υπάρχει ένα ελάχιστο κόστος κεφαλαίου που σχετίζεται με τις κατασκευές και τα συστήματα για την παραμονή ατόμων στο πλοίο. Από την άλλη πλευρά, θα υπάρξει αύξηση του κόστους κεφαλαίου λόγω των τεχνολογιών που εισάγονται για την αντικατάσταση του ανθρώπινου χειριστή από αισθητήρες, λογισμικά, συστήματα επικοινωνίας και συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου. Οι αυστηρότερες απαιτήσεις παρακολούθησης και η ανάγκη για τη βελτίωση της αξιοπιστίας συστημάτων θα αυξήσουν επίσης το κόστος κεφαλαίου (DNV GL, 2018).

Το μεγάλο ερώτημα είναι εάν το συνολικό κόστος ενός μη επανδρωμένου πλοίου θα είναι υψηλότερο από αυτό ενός συμβατικού επανδρωμένου πλοίου. Αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του πλοίου. Είναι πιθανό ότι ένα μη επανδρωμένο πλοίο θα είναι

πιο ακριβό καθώς θα υπερέχει εξ αιτίας του μειωμένου πιθανού κινδύνου που σχετίζεται με την εφαρμογή της τεχνολογίας. Ωστόσο, καθώς αποκτάται εμπειρία, το κόστος των συστημάτων μπορεί να μειωθεί καθώς θα είναι εμπορεύσιμο. Το κόστος κεφαλαίου ενός αυτόνομου πλοίου μπορεί τότε να είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο ενός συμβατικού επανδρωμένου πλοίου.

Για να αξιολογηθεί η ωφέλιμη διάρκεια ζωής και η αξία του πλοίου, είναι απαραίτητο να γίνει διάκριση μεταξύ των παραδοσιακών στοιχείων, όπως είναι η γάστρα και τα μηχανήματα (hull and machinery), και των νέων στοιχείων όπως οι αισθητήρες και το λογισμικό. Η αναμενόμενη ωφέλιμη διάρκεια ζωής της γάστρας και των μηχανημάτων μπορεί να είναι μεγαλύτερη από σήμερα εάν διατηρούνται καλά μέσω μιας προγραμματισμένης συντήρησης. Η διάρκεια ζωής της γάστρας στα συμβατικά πλοία συνδέεται στενά με τις άλλες λειτουργίες του πλοίου και η ωφέλιμη διάρκεια ζωής εξαρτάται από τη συνολική κατάσταση του πλοίου. Αυτό θα ισχύει επίσης για αυτόνομα και απομακρυσμένα ελεγχόμενα πλοία, αλλά εδώ οι αισθητήρες και το λογισμικό θα μπορούσαν πιο εύκολα να ενημερωθούν και να εκσυγχρονίσουν το πλοίο. Τα μηχανήματα πιθανότατα θα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, επειδή θα υπάρχουν αυστηρότερες απαιτήσεις για την παρακολούθηση της κατάστασής τους και την αξιοπιστία. Από την άλλη πλευρά, η διάρκεια ζωής των αισθητήρων και του λογισμικού μπορεί να είναι πολύ μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του ίδιου του πλοίου. Έτσι, η αξία ενός αυτόνομου πλοίου μπορεί να είναι χαμηλότερη από ό,τι για ένα παραδοσιακό πλοίο, καθώς μεγάλο μέρος της αξίας είναι ενσωματωμένο στην ευφυΐα του πλοίου, η οποία μπορεί να εκσυγχρονίζεται συνεχώς με ενημερώσεις λογισμικού. Η τιμή διάλυσης του πλοίου μπορεί επίσης να μειωθεί, καθώς πιθανότατα θα υπάρχει λιγότερο υλικό όπως ο χάλυβας.

5.2 Λειτουργικό Κόστος

Το κόστος λειτουργίας ενός πλοίου μπορεί χονδρικά να χωριστεί σε κόστος που σχετίζεται με το πλήρωμα, τις αποθήκες, τις επισκευές και τη συντήρηση, την ασφάλιση και τη διαχείριση. Το κόστος του πληρώματος θα επηρεαστεί σαφώς από το μέγεθος και την ειδίκευση του πληρώματος. Ακόμα και για πλοία όπου ο συνολικός αριθμός πληρώματος είναι αδύνατον να μειωθεί, οι τεχνολογίες που αντικαθιστούν το πλήρωμα μπορούν να επιτρέψουν ένα λιγότερο εξειδικευμένο πλήρωμα και επομένως να μειώσουν το κόστος. Για πλοία με μειωμένο ή καθόλου πλήρωμα, η απομακρυσμένη παρακολούθηση και ο έλεγχος επιφέρει κόστη που σχετίζονται με το πλήρωμα στο κέντρο τηλεχειρισμού. Για τον υπολογισμό του ωφέλιμου λειτουργικού κόστους θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το συνολικό κόστος του προσωπικού που απαιτείται για την υποστήριξη επιχειρήσεων επί του πλοίου και στην ξηρά.

Το κόστος αποθήκευσης σχετίζεται με αναλώσιμα που απαιτούνται για την καθημερινή λειτουργία του πλοίου. Η αποθήκευση αναφέρεται κυρίως στα λιπαντικά που απαιτού-

νται για τη λειτουργία των μηχανημάτων. Για ένα πλοίο με μειωμένη επάνδρωση θα απαιτείται ακόμη λίπανση, όμως η θέση αποθήκευσης μπορεί να επηρεαστεί καθώς αυτή ενδέχεται να μην είναι βρίσκεται πλέον πάνω στο πλοίο. Οι δαπάνες που σχετίζονται με αναλώσιμα, όπως φαγητό που προορίζεται για τη διαβίωση του πληρώματος επί του πλοίου, προφανώς θα μειωθούν αλλά τέτοιες δαπάνες μπορεί επίσης να επιβαρύνουν ένα πλήρωμα σε ένα κέντρο τηλεχειρισμού.

Το κόστος που σχετίζεται με προγραμματισμένες επισκευές και συντήρηση του πλοίου μπορεί να μην επηρεαστεί σημαντικά, αλλά εξαρτάται από το εύρος και την πολυπλοκότητα των συστημάτων. Δεν θα υπάρχει ο εξοπλισμός που δεν χρειάζεται πλέον, επειδή συνδεόταν με το πλήρωμα στο πλοίο, αλλά θα υπάρχει ο πρόσθετος εξοπλισμός πάνω στο πλοίο που απαιτείται για τις λειτουργίες που προηγουμένως εκτελούσε το πλήρωμα, καθώς επίσης και ο εξοπλισμός στο κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Η απαίτηση για ολοκληρωμένη παρακολούθηση της κατάστασης του αυτόνομου και τηλεχειριζόμενου εξοπλισμού θα μειώσει πιθανώς το κόστος που σχετίζεται με την προγραμματισμένη συντήρηση και επισκευή.

Το κόστος ασφάλισης για τα τηλεκατευθυνόμενα και αυτόνομα πλοία εξαρτάται στενά από τον πιθανό κίνδυνο όπως συμβαίνει και με το κόστος ενός παραδοσιακού πλοίου. Το συνολικό κόστος της ασφάλισης των αυτόνομων πλοίων μπορεί επομένως να μειωθεί και η διαφορά στα ασφαλιστικά συμβόλαια θα εξαρτηθεί από την απόδειξη μειωμένου κινδύνου. Αρχικά, θα μπορούσε κανείς να επιβάλει υψηλότερα ασφάλιστρα λόγω της αβεβαιότητας που σχετίζεται με το επίπεδο κινδύνου.

Η διαχείριση πλοίων αποτελείται από διάφορες λειτουργίες, όπως η διαχείριση πληρώματος και η τεχνική διαχείριση. Η διαχείριση του πληρώματος θα επηρεαστεί σαφώς από τη μείωση ή την εξάλειψη του πληρώματος, και ως εκ τούτου θα επηρεαστεί το διοικητικό κόστος που σχετίζεται με το πλήρωμα. Ωστόσο, ακόμη και με την απομάκρυνση του επί του πλοίου πληρώματος, ενδέχεται να υπάρχουν έξοδα διαχείρισης που σχετίζονται με το χερσαίο πλήρωμα που ασχολείται με τις επιχειρήσεις καθώς και το πλήρωμα για συντήρηση και επισκευή. Επίσης ένα ενδιαφέρον ερώτημα που έχει προκύψει σχετικά με τα τηλεχειριζόμενα και αυτόνομα πλοία είναι εάν οι παραδοσιακές εταιρείες διαχείρισης πλοίων θα διαχειρίζονται οι ίδιες τα αυτόνομα πλοία τους. Καθώς οι εταιρείες δεν έχουν ακόμη κατάλληλη εμπειρία για τη διαχείριση και τη λειτουργία τηλεχειριζόμενων και αυτόνομων πλοίων, η απαιτούμενη ικανότητα ενδέχεται να διαφέρει σημαντικά από εκείνη των παραδοσιακών πλοίων. Υπάρχουν ήδη στοιχεία για ναυτιλιακές εταιρείες που προσαρμόζονται στην τεχνολογική ανάπτυξη με τη δημιουργία εταιρειών διαχείρισης, όπως η Massterly, μια κοινοπραξία από τον πάροχο τεχνολογίας Kongsberg και την εταιρεία διαχείρισης πλοίων Wilhelmsen, που προορίζονται να διαχειρίζονται ειδικά τηλεχειριστήρια και αυτόνομα πλοία (DNV GL, 2018).

5.3 Κόστος Ταξιδιού

Το κόστος ταξιδιού ενός πλοίου συνδέεται με τα μεταβλητά κόστη ενός ταξιδιού, όπως καύσιμα, λιμενικά τέλη, πιλότους και τέλη καναλιού. Η επίδραση στο κόστος καυσίμου εξαρτάται από τον τύπο και τη λειτουργία του πλοίου. Το κόστος που σχετίζεται με τα λιμενικά τέλη και τα τέλη καναλιού ενδέχεται να αλλάξει καθώς δεν θα υπάρχει πλήρωμα για την οπτική παρακολούθηση. Ένα μη επανδρωμένο πλοίο θα επιφέρει επίσης αλλαγές στη λιμενική υποδομή όσον αφορά την πρόσδεση/απομάκρυνση αλλά και τον χειρισμό φορτίου που θα απαιτείται. Οι εξελίξεις στη λιμενική υποδομή θα μπορούσαν πιθανώς να επηρεάσουν τα λιμενικά τέλη για τέτοια πλοία. Το κόστος για την πλοήγηση πιθανότατα θα επηρεάζεται. Ένα μη επανδρωμένο πλοίο χωρίς άτομα που ταξιδεύουν προφανώς δεν θα μπορούσε να φιλοξενήσει έναν πιλότο με την παραδοσιακή έννοια, αλλά ένας πιλότος θα μπορούσε να υποστηρίξει τον έλεγχο του πλοίου από το κέντρο τηλεχειρισμού του πλοίου. Εάν η αξιοπιστία του αυτόνομου πλοίου με σύστημα απομακρυσμένης πλοήγησης είναι αποδεκτή, θα μπορούσε κανείς να αμφισβητήσει την ανάγκη ενός πιλότου.

Ένα νέο στοιχείο μεταβλητού κόστους, που θα μπορούσε να αποδειχθεί σημαντικό για απομακρυσμένα ελεγχόμενα πλοία, είναι το κόστος μεταφοράς των πληροφοριών από το πλοίο στο κέντρο ελέγχου και πίσω στο πλοίο. Αυτό το κόστος εξαρτάται από την ποσότητα των δεδομένων που απαιτούν μεταφορά και από το κόστος που σχετίζεται με τον μεταφορά που διανέμει αυτές τις πληροφορίες (DNV GL, 2018).

5.4 Έσοδα

Τα έσοδα ενός πλοίου εξαρτώνται από τον τύπο της σύμβασης ναύλωσης και τους σχετικούς ναύλους. Με τη σειρά του, ο τύπος της σύμβασης ναύλωσης εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου και τη λειτουργία του. Για παράδειγμα, τα έσοδα ενός πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων θα βασίζονται στους ναύλους που λαμβάνονται για το φορτίο. Ο ναύλος συνήθως ορίζεται ως η τιμή στην οποία παραδίδεται ένα φορτίο από το ένα σημείο στο άλλο. Οι παράμετροι που μπορούν να επηρεάσουν τα έσοδα ενός πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ως εκ τούτου συνήθως σχετίζονται με τον τύπο, τον όγκο και το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου αλλά και την ταχύτητα τα οποία μεταφέρονται. Η εξάλειψη του πληρώματος θα ελευθερώσει περισσότερο χώρο για στοιβάσια των εμπορευματοκιβωτίων, στοιβάζοντάς τα και στο σημείο όπου θα ήταν το accommodation, και επίσης καταργώντας τον περιορισμό στο ύψος στοιβάσιας μπροστά από τη γέφυρα, Εικόνα 11. Για ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, θα μπορούσε να προσθέσει έως και περίπου 20% περισσότερα εμπορευματοκιβώτια (DNV GL, 2018).



ΕΙΚΟΝΑ 11. ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ (DNV GL, 2018)

Υποθέτοντας ότι οι αυτόνομες και τηλεχειριζόμενες λύσεις θα προσφέρουν βελτιωμένη ασφάλεια και αξιοπιστία, αυτό θα αυξήσει τη ζήτηση του πλοίου για θαλάσσιες μεταφορές, το οποίο με τη σειρά του θα αυξήσει τα έσοδα λόγω των υψηλότερων εσόδων ναύλωσης. Το να υπάρχει αυξημένη ασφάλεια και αξιοπιστία θα κάνει επίσης το πλοίο, αλλά και τη διαχειρίστρια εταιρεία, πιο ελκυστική για τους ναυλωτές.

Είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να ποσοτικοποιηθεί ένα γενικό επιχειρηματικό πλάνο για τηλεκατευθυνόμενα και αυτόνομα πλοία σε αυτό το στάδιο, επειδή τα περισσότερα στοιχεία που αναλύονται δεν είναι ποσοτικά. Γενικά η επιχειρηματική περίπτωση εξαρτάται κυρίως από τον τύπο του πλοίου, τον τύπο της λειτουργίας και το μέγεθος του πλοίου, καθώς και από τις ενδεχόμενες απαιτήσεις που ορίζει το κανονιστικό - νομικό καθεστώς. Η εμπορική βιωσιμότητα θα γίνει σαφέστερη μετά την κατασκευή και λειτουργία ορισμένων μη επανδρωμένων αυτόνομων πλοίων για κάποιο χρονικό διάστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. Ενεργειακές Απαιτήσεις και Εκπομπές Ρύπων Αυτόνομων Πλοίων

Η κατανάλωση καυσίμου και οι συναφείς εκπομπές ρύπων των αυτόνομων πλοίων, είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που θα επηρεάσει την εμπορική αποδοχή και πιθανή αφομοίωση της τεχνολογίας. Οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός πλοίου είναι συνάρτηση της ενέργειας που απαιτείται για την εκτέλεση των διαφόρων λειτουργιών για την εκπλήρωση της αποστολής του πλοίου. Οι σχετικές εκπομπές θα εξαρτηθούν από την πηγή που χρησιμοποιείται για την παροχή αυτής της ενέργειας. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για ένα πλοίο μπορούν τυπικά να χωριστούν στην ενέργεια που απαιτείται για την πρόωση του πλοίου, την ενέργεια που απαιτείται για τα άτομα επί του πλοίου και την ενέργεια που απαιτείται για τις λειτουργίες του πλοίου.

6.1 Ενεργειακές Απαιτήσεις Πρόωσης

Η ενέργεια που απαιτείται για την πρόωση του πλοίου εξαρτάται από παραμέτρους όπως η αντίσταση του πλοίου και η απόδοση του συστήματος πρόωσης. Η αντίσταση του πλοίου επηρεάζεται κυρίως από την ταχύτητα, το σχήμα και το βύθισμα του πλοίου, και επιπλέον από περιβαλλοντικές συνθήκες όπως ο άνεμος, τα κύματα και τα θαλάσσια ρεύματα (DNV GL, 2018).

Το σχήμα του πλοίου εξαρτάται από την απαιτούμενη χωρητικότητα που έχει καθοριστεί κατά το σχεδιασμό του. Μειώνοντας ή εξαλείφοντας την επάνδρωση, αυξάνονται οι χώροι για ωφέλιμο φορτίο, το οποίο μπορεί να συντελέσει σε μείωση της απαιτούμενη χωρητικότητα και συνεπώς στο μέγεθος του πλοίου. Η σχετική επίδραση αυτού στις απαιτήσεις πρόωσης του πλοίου εξαρτάται από τον τύπο και τη λειτουργία του πλοίου. Για ένα μεγάλο πλοίο με μικρό πλήρωμα, το αποτέλεσμα θα είναι μικρό, ενώ για ένα μικρό πλοίο με μεγάλο πλήρωμα, το αποτέλεσμα θα είναι σημαντικό. Το σχήμα του πλοίου επίσης καθορίζεται βάσει κάποιων αρχών σχεδίασης. Υπάρχουν διάφορες αρχές σχεδίασης για ένα πλοίο που σχετίζονται με τη στέγαση και την ευημερία των ατόμων που βρίσκονται σε αυτό. Η αλλαγή ή η εξάλειψη αυτών των κανόνων θα μπορούσε να οδηγήσει σε βελτιστοποιημένα σχέδια για την εκπλήρωση του προφίλ λειτουργίας του πλοίου, μειώνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις. Ένα παράδειγμα είναι η αφαίρεση της γέφυρας του πλοίου, που θα οδηγήσει σε μείωση της αντίστασης στον άνεμο, Εικόνα 12.

Το βύθισμα του πλοίου είναι συνάρτηση του βάρους του πλοίου, και συνεπώς επηρεάζεται από τις κατασκευές για την υποστήριξη των ατόμων στο πλοίο και από το νεκρό βάρος του πλοίου. Για ένα πλοίο που μεταφέρει φορτίο υψηλής πυκνότητας, ο αντίκτυπος θα είναι

οριακός, αλλά για το ίδιο πλοίο σε κατάσταση εκφόρτωσης, το αποτέλεσμα της μείωσης του βάρους θα είναι πιο σημαντικό.



ΕΙΚΟΝΑ 12. ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΠΛΟΙΟ ΧΩΡΙΣ ΓΕΦΥΡΑ (DNV GL, 2018)

6.2 Ενεργειακές Απαιτήσεις για Κάλυψη των Ανθρώπινων Αναγκών

Είναι προφανές ότι η μείωση της επάνδρωσης θα μειώσει τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη στέγαση των ανθρώπων στο πλοίο. Και πάλι, η σχετική επίδραση αυτού θα εξαρτηθεί από τον τύπο του πλοίου και τη λειτουργία. Για μεγάλους μεταφορείς χύδην, η ενεργειακή ανάγκη για πρόωση μπορεί τυπικά να προσεγγίσει το 95% της συνολικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του πλοίου. Η μείωση της ενέργειας που απαιτείται για στέγαση της επάνδρωσης θα έχει επομένως οριακή επίδραση στις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις. Ωστόσο, για ορισμένους άλλους τύπους πλοίων, όπως υπεράκτια πλοία εφοδιασμού, η ενέργεια που απαιτείται για την πρόωση μπορεί να αντιπροσωπεύει το 50% της συνολικής ενεργειακής απαίτησης (DNV GL, 2018). Το υπόλοιπο κατανέμεται μεταξύ των απαιτήσεων ισχύος για τη στέγαση του πληρώματος του πλοίου και για την υποστήριξη άλλων βοηθητικών λειτουργιών του πλοίου. Σε αυτήν την περίπτωση, η μείωση του πληρώματος μπορεί επομένως να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη συνολική ενεργειακή απαίτηση του πλοίου.

6.3 Ενεργειακές Απαιτήσεις για Λειτουργίες του Πλοίου

Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την υποστήριξη άλλων λειτουργιών του πλοίου σχετίζονται και πάλι με τον τύπο και τις λειτουργίες του πλοίου. Η μείωση της επάνδρωσης μπορεί να αυξήσει τις ενεργειακές απαιτήσεις που σχετίζονται με αυτές τις λειτουργίες, καθώς ορισμένες από αυτές θα απαιτούν αυτοματοποίηση, η οποία απαιτεί τεχνολογία που καταναλώνει ενέργεια. Ωστόσο, μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε μειωμένες ενεργειακές απαιτήσεις. Για

παράδειγμα, τα αυτόματα συστήματα πρόσδεσης θα οδηγήσουν σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στην ξηρά, αλλά θα μπορούσαν να μειώσουν τις απαιτήσεις για ελιγμούς των πλοίων, και συνεπώς να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας επί του πλοίου.

6.4 Επίδραση στις Εκπομπές Ρύπων

Οι εκπομπές ρύπων από πλοία συνδέονται στενά με τις ενεργειακές απαιτήσεις. Επομένως, η μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων θα μείωνε τις σχετικές εκπομπές. Οι εκπομπές θα μπορούσαν περαιτέρω να μειωθούν με την εισαγωγή εναλλακτικών καυσίμων, όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) και το υγροποιημένο πετρέλαιο (LPG), αλλά και για νέες τεχνολογίες όπως το υδρογόνο και οι μπαταρίες. Παρόλο που δεν υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της μείωσης του πληρώματος και των εναλλακτικών καυσίμων, ο επιπλέον χώρος που δημιουργείται με τη μείωση ή εξάλειψη του πληρώματος θα μπορούσε να διατεθεί για την εγκατάσταση των εναλλακτικών καυσίμων και του σχετικού εξοπλισμού.

Επίσης, τα εναλλακτικά καύσιμα που έχουν τη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών πλοίων, συνήθως σχετίζονται με προκλήσεις που αφορούν την ασφάλεια του πληρώματος και του πλοίου. Ο συνδυασμός αυτόνομου πλοίου και εναλλακτικών καυσίμων, είναι πιο αποδεκτός από την άποψη της ασφάλειας, δεδομένου ότι τα καύσιμα αυτά μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρούς κινδύνους εάν βρίσκονται άτομα στο πλοίο. Επιπλέον, ο συνδυασμός αυτόνομων και τηλεχειριζόμενων πλοίων και εναλλακτικών ενεργειακών λύσεων όπως οι μπαταρίες μπορεί να αποδειχθεί πολύ αποδοτικός, καθώς μπαταρίες είναι πολύ στιβαρές και απαιτούν περιορισμένη συντήρηση (DNV GL, 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. Συμμόρφωση με Κανονιστικές και Νομικές Διατάξεις

Το πλήρες φάσμα των νόμων, των διατάξεων και των κανονισμών που εφαρμόζονται και συσχετίζονται με τη λειτουργία των πλοίων αποτελούν το ονομαζόμενο Ναυτικό Δίκαιο. Ουσιαστικά είναι μια ποικιλία διαφορετικών νομικών συστημάτων, που κυμαίνονται από το διεθνές δίκαιο έως τους εθνικούς και περιφερειακούς κανόνες και μέχρι τους τοπικούς κανονισμούς. Οι ναυτικοί νόμοι καλύπτουν θέματα δημόσιων ανησυχιών, όπως η ασφάλεια και η προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και νομικά ζητήματα όπως συμβόλαια μεταφοράς, ευθύνη και αποζημίωση για ζημιές, δημόσιο και ιδιωτικό ναυτικό δίκαιο, θέματα που σχετίζονται με πληρώματα, θαλάσσιους κινδύνους και ασφάλιση.

Η υιοθέτηση των αυτόνομων - μη επανδρωμένων πλοίων στο ναυτιλιακό κλάδο θα επηρεάσει ένα μεγάλο ποσοστό των νόμων και των κανονισμών του ναυτικού δικαίου αφού ως εξ' ορισμού ο ρόλος του πλοίαρχου και του πληρώματος στο πλοίο δεν θα είναι υπαρκτός.

Τα διάφορα επίπεδα των σχετικών κανονισμών παρατίθεται στην Εικόνα 13. Τρεις είναι οι βασικές κατηγορίες κανονισμών σύμφωνα με το Yan, et al. (2010).

- Πρώτον, υπάρχουν κανόνες και νομοθεσίες, οι οποίες έχουν εφαρμοστεί για να ορίζουν τα καθήκοντα των κρατών σχετικά με τα πλοία και περιλαμβάνονται στη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών του 1982 για το Δίκαιο της Θάλασσας (United Nations Convention on the Law of the Sea - UNCLOS).
- Δεύτερον, οι τεχνικοί κανόνες που καθορίζουν διατάξεις για την ασφάλεια, το περιβάλλον, τα πρότυπα εκπαίδευσης, κλπ. Τέτοιες διατάξεις εγκρίνονται από τους αρμόδιους οργανισμούς του ΟΗΕ, όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ).
- Τρίτον, μια σειρά διεθνών κανόνων που έχουν θεσπιστεί στον τομέα του ιδιωτικού δικαίου για εναρμόνιση με ζητήματα όπως η ευθύνη των ναυτιλιακών εταιρειών για τη ρύπανση, συγκρούσεις ή τις απώλειες που σχετίζονται με το φορτίο και πώς μπορούν να αποτραπούν.

	Jurisdictional rules (main target: states)	Technical req. and standards (main target: flag states)	Private law issues (shipowner and other commercial partners)	Other rules (Criminal, social, commercial, public law etc.)
Global (UN)	UNCLOS			
Global (IMO&ILO)		SOLAS, MARPOL, STCW, COLREGS, MLC		
Global (IMO, UNCITRAL, CMI etc.)			Private law conventions on e.g. liability, limitation, arrest, carriage of goods, salvage, etc.	
European Union		Ship safety directives & regulations Limitations on exemptions	Product liability rules, insurance requirements Rules on competent jurisdiction and applicable law	Several issues covered by EU Treaty & legislation
Nordic states			Nordic Maritime Codes, Nordic marine insurance terms	
National (Finland)		National implementing legislation, discretion of flag state administration (Trafi)	Finnish Maritime Code 674/1994, other specified acts on liability, insurance etc.	The entire legislation applies a priori for ships flying its flag

ΕΙΚΟΝΑ 13. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΣΤΟ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟ ΚΛΑΔΟ (YAN, ET AL., 2010)

7.1 Το Δίκαιο της Θάλασσας

Το δίκαιο της θάλασσας ασχολείται με τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των κρατών στη θάλασσα. Όσον αφορά τη ναυτιλία τα βασικά ζητήματα που αντιμετωπίζει περιλαμβάνουν: σε ποιο βαθμό μπορούν να πλοηγηθούν τα πλοία, ποιες υποχρεώσεις έχουν τα κράτη σε πλοία που φέρουν τη σημαία τους, πώς γίνεται η οριοθέτηση των θαλασσιών ζωνών, λεπτομερείς κανόνες για τα δικαιώματα των κρατών και υποχρεώσεις για κάθε ζώνη, κ.α.

Ένα θεμελιώδες ερώτημα που πρέπει να επιλυθεί είναι εάν τα πλοία χωρίς επί του σκάφους πλήρωμα είναι «Πλοία / Σκάφη». Οι δύο όροι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά στο UNCLOS, αλλά κανένας δεν περιγράφεται αναλυτικά και δεν ορίζεται. Ωστόσο, προκύπτει από τη φύση των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται από τα μεγάλα αυτοκινούμενα φορτηγά εμπορικά και μη επανδρωμένα πλοία ότι πιθανότατα θα πρέπει να θεωρηθούν ως πλοία / σκάφη λόγω του μεγέθους, των χαρακτηριστικών και των λειτουργιών τους. Οι υπάρχουσες διεθνείς συμβάσεις που ορίζουν τον όρο «πλοίο» δεν περιλαμβάνουν αναφορές σε πληρώματα σε εθνικό επίπεδο. Επίσης, ο ορισμός ενός πλοίου αποσυνδέεται συνήθως από το ζήτημα του εάν το πλοίο είναι επανδρωμένο ή όχι. Από την άλλη είναι δύσκολο να δικαιολογηθεί ότι δύο πλοία, το πρώτο επανδρωμένο και το δεύτερο μη επανδρωμένο εκτελούν παρόμοιες εργασίες που συνεπάγονται παρόμοιους κινδύνους (Yan, et al., 2010)

Εάν συμπεραίνουμε ότι τα μη επανδρωμένα πλοία είναι «πλοία» και «σκάφη» κατά την έννοια της UNCLOS, τότε γίνεται αποδεκτό ότι υπόκεινται στους ίδιους κανόνες του δικαίου της θάλασσας με οποιοδήποτε πλοίο που διαθέτει πλήρωμα. Συνεπώς απολαμβάνουν τα ίδια δικαιώματα διέλευσης με άλλα πλοία και δεν μπορεί να απαγορευθεί η πρόσβαση

στα ύδατα άλλων κρατών μόνο και μόνο επειδή δεν διαθέτουν πλήρωμα (Κορακάκης, 2018), (Πεταρούδη, 2019).

7.2 Κράτος Σημαίας

Η σημαία κάθε πλοίου προσδίδει εθνικότητα σε αυτό. Το κράτος σημαίας έχει τη δικαιοδοσία να επιβάλει ρυθμιστικά μέτρα στα πλοία έτσι ώστε να συμμορφώνονται με τους διεθνείς κανονισμούς. Σε μεγάλο ποσοστό τα νομικά πλαίσια του κράτους σημαίας περιορίζονται κυρίως σε κανόνες που αφορούν την επάνδρωση των πλοίων, τις συνθήκες εργασίας αλλά και την επιθεώρηση των πλοίων.

Αναφορικά με τις διατάξεις για ένα μη επανδρωμένο πλοίο τίθεται το ερώτημα ποιοι νόμοι θα πρέπει να εφαρμοστούν, ποιοι να τροποποιηθούν και ποιοι να καταργηθούν. Για παράδειγμα οι διατάξεις που διέπουν τη ναυτολόγηση και την ασφάλεια του πληρώματος στα επανδρωμένα πλοία πιθανώς να μην έχουν πεδίο εφαρμογής στα μη επανδρωμένα ή να περιορίζονται μόνο στον πλοηγό που μπορεί να επεμβαίνει στην πλοήγηση του πλοίου από την ξηρά. (Κορακάκης, 2018).

Στον τομέα της αξιοπιστίας του σκάφους θα πρέπει πολλές παράμετροι να επαναξιολογηθούν καθώς νέα συστήματα θα εισαχθούν και πιθανώς τα υπάρχοντα είτε να τροποποιηθούν είτε να καταργηθούν αφού η άμεση ανθρώπινη παρέμβαση δε θα είναι δυνατή. Για παράδειγμα για την επιθεώρηση / συντήρηση των μη επανδρωμένων θα πρέπει οι κανόνες να αναδιαμορφωθούν κυρίως ως προς τη τοποθεσία των εργασιών και τα χρονικά όρια.

Γενικά η ναυτιλία αποτελεί ένα κλάδο που χαρακτηρίζεται από τη συνεχή αλλαγή νομικών πλαισίων έτσι ώστε τα πλοία, επανδρωμένα ή μη, να προσαρμόζονται σε κάθε κρατική και τεχνολογική συνθήκη. Εν κατακλείδι, το κράτος σημαίας θα πρέπει μέσα από τα ρυθμιστικά πλαίσια που θα επιβάλει να έχει ως γνώμονα την ασφάλειά και νομικά θωρακισμένη λειτουργία ενός μη επανδρωμένου πλοίου (Κορακάκης, 2018), (Πεταρούδη, 2019).

7.3 Λιμενικές Αρχές και Παράκτιες Υπηρεσίες

Όταν ένα πλοίο κατευθύνεται εντός ενός λιμένα ή χωρικών υδάτων θα πρέπει να ακολουθεί το αντίστοιχο νομικό πλαίσιο που έχει θεσπιστεί από τις λιμενικές αρχές και το κράτος. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι το κάθε πλοίο έχει το δικαίωμα αβλαβούς περάσματος μέσω χωρικών υδάτων από τη στιγμή που δεν διαταράσσει την ειρήνη – ασφάλεια του παράκτιου λιμένα. Καθώς ένα πλοίο πλησιάζει στο λιμάνι θα πρέπει να προαναγγείλει τη άφιξη του και στην συνέχεια όταν δέσει στο λιμάνι να καταθέσει τα διάφορα έγγραφα που το καθιστούν αξιό-

πιστο για παραμονή. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν ηλεκτρονικά καταρχάς μέσω ηλεκτρονικής επικοινωνίας του κέντρου ελέγχου με το λιμενικό σώμα και στη συνέχεια τα πιστοποιητικά έγγραφα να παρέχονται σε ψηφιακή μορφή χωρίς την παρουσία φυσικών ατόμων και από τις δύο πλευρές, πλήρωμα-λιμενικές αρχές. Προφανώς η φυσική παρουσία των αρχών θα πραγματοποιείται μόνο αν αυτό κριθεί αναγκαίο (Κορακάκης, 2018).

Επομένως το νομικό πλαίσιο που θα θεσπιστεί να πρέπει να έχει ως στόχο η επικοινωνία του πλοίου με τις λιμενικές αρχές να γίνεται αυτοματοποιημένα εξ αποστάσεως χωρίς τη φυσική παρουσία των αρμόδιων αρχών και η παραμονή του πλοίου στο λιμάνι να επιτυγχάνεται με ασφάλεια τηρώντας τους εκάστοτε νόμους του κάθε λιμένα.

7.4 SOLAS

Η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) είναι ένα πολυσύνθετο νομικό πλαίσιο με κώδικες και απαιτήσεις που τα πλοία θα πρέπει να συμμορφώνονται. Στις πιστοποιήσεις και τους κώδικες που τη διέπουν συμμορφώνονται οι περισσότερες λειτουργίες ενός πλοίου που αφορούν τα μηχανήματα, το χειρισμό και την ασφαλή μεταφορά των φορτίων - καυσίμων, τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες διαχείρισης σε περίπτωση διάσωσης, τις επικοινωνίες μεταξύ του πλοίου και της ξηράς αλλά και μεταξύ του πληρώματος, τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων, την ασφαλή πλοήγηση, τη διαχείριση για ασφαλή λειτουργία του πλοίου (Κορακάκης, 2018), (Πεταρούδη, 2019).

Κατά την αναδιάρθρωση της Διεθνούς Σύμβασης SOLAS για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των μη επανδρωμένων πλοίων θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι μέχρι σήμερα δεν έχει δημιουργηθεί ένα νομικό πλαίσιο για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής σε πλήρωμα /προσωπικό που εργάζεται από την ξηρά, καθώς η σύμβαση αναφέρεται εξ' ολοκλήρου στη φυσική παρουσία πληρωμάτων πάνω στο πλοίο. Άρα θα είναι αναγκαίο σε μια μελλοντική τροποποίηση της σύμβασης να μπορούσαν να συμπεριληφθούν τέτοιοι κανονισμοί για την ασφάλεια του προσωπικού της ξηράς και να αναθεωρηθεί ο Διεθνής Κώδικας Διαχείρισης της Ασφάλειας (ISM).

Ακόμα στους νέους κανονισμούς που θα προκύψουν θα πρέπει να συμπεριληφθούν και εκείνοι για τα καινούργια συστήματα που θα εγκατασταθούν στα μη επανδρωμένα πλοία (αισθητήρες, κάμερες, συστήματα επικοινωνίας, κλπ.). Συνεπώς θα χρειαστεί να δημιουργηθούν και να εφαρμοστούν νέα διεθνή πρότυπα για τις σύγχρονες τεχνολογίες αυτοματοποίησης που θα αντικαταστήσουν τα πληρώματα.

7.5 STCWC

Η Διεθνής Σύμβαση για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Τήρησης Φυλακών των Ναυτικών (STCWC) έχει στόχο να εφαρμόσει κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις ως προς τα προσόντα και τις ικανότητες κάθε προσώπου που δραστηριοποιείται πάνω σε ένα πλοίο προασπίζοντας έτσι τη δική του ασφάλεια αλλά και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η κατάρτιση αυτή γίνεται μέσω διάφορων πιστοποιήσεων και συμβάλλει παράλληλα στον περιορισμό των ατυχημάτων. Έχοντας ως γνώμονα ότι ο τρόπος ζωής των ναυτικών είναι διαφοροποιημένος από αυτόν ενός προσωπικού στην ξηρά, οι κίνδυνοι που συνδέονται με την εργασία τους είναι υψηλότεροι και διαφορετικοί. Μια από τις κύριες πτυχές του επαγγέλματος του ναυτικού είναι το γεγονός ότι όλα τα καθήκοντά του και ο «ελεύθερος χρόνος» πρέπει να εκτελούνται επί του πλοίου (Κορακάκης, 2018), (Πεταρούδη, 2019).

Για να συμπεριλάβει η Διεθνής Σύμβαση το προσωπικό των μη επανδρωμένων πλοίων που εργάζεται στη ξηρά, θα πρέπει να καθορίσει τις απαιτήσεις και τις ικανότητες των χειριστών αυτών σε μια αναθεωρημένη έκδοση της συγκεκριμένης σύμβασης. Οι χειριστές της ξηράς θα πρέπει να διαθέτουν ένα συνδυασμό δεξιοτήτων που θα εμπεριέχει θαλάσσιες ικανότητες αλλά και εξοικείωση και εξειδίκευση σχετική με τα νέα τεχνολογικά μέσα που απαιτούνται για το χειρισμό των μη επανδρωμένων πλοίων.

Από την έναρξη της ισχύος της STCW έχει αναβαθμιστεί το επίπεδο διαβίωσης κατά τα διεθνή πρότυπα, καθώς διενεργούνται συστηματικοί έλεγχοι από τα Port State Controls για την υγιεινή και τον εξοπλισμό διευκόλυνσης των πληρωμάτων. Εξίσου θετική είναι η συμβολή της επιβολής κυρώσεων σε περίπτωση μη τήρησης του μεγίστου ημερήσιου ωραρίου εργασίας. Η πραγματοποίηση αντίστοιχων ελέγχων και στο προσωπικό της ξηράς, δηλαδή στο κέντρο ελέγχου, θα διασφαλίσει συνθήκες μεγαλύτερης ασφάλειας στις ναυτιλιακές δραστηριότητες και στη θάλασσα γενικότερα.

7.6 COLREG

Οι Διεθνείς Κανονισμοί για την Πρόληψη των Συγκρούσεων στη Θάλασσα του 1972 (COLREGs) αποτελούν μια σειρά κανόνων για την ασφαλή πλοήγηση και την σηματοδότηση του πλοίου προς το περιβάλλον γύρω του. Μέχρι σήμερα δεν έχει προκύψει τροποποίηση σχετικά με τα μη επανδρωμένα πλοία. Αναπόσπαστα, θα υπάρξουν ζητήματα σχετικά με το πώς θα εφαρμοστούν οι κανονισμοί αλλά και οι νομικές διατάξεις όταν ένα μη επανδρωμένο πλοίο πιθανότατα απειλήσει ή έρθει σε σύγκρουση με άλλα επανδρωμένα πλοία (Κορακάκης 2018), (Πεταρούδη, 2019).

Είναι λοιπόν αναγκαίο σε μια τροποποίηση της σύμβασης να δοθεί μεγάλο βάρος στη λήψη αποφάσεων που θα πραγματοποιείται αποκλειστικά από το κέντρο ελέγχου ξηράς, καθώς και στην αξιολόγηση των συστημάτων (αισθητήρων - καμερών) αλλά και των δεδομένων - πληροφοριών που δέχεται το κέντρο ελέγχου ξηράς έτσι ώστε να επιτυγχάνεται με ασφάλεια η πλοήγηση του σκάφους.

7.7 MARPOL

Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που θεσμοθετεί διατάξεις και κανονισμούς για μορφές ρύπανσης προερχόμενες από τα πλοία. Εμπεριέχει κανονισμούς για τη διαχείριση των λιπαντικών, των καυσίμων αλλά και των αποβλήτων ενός πλοίου και διατάξεις σχετικές με την απόρριψη εκπομπών ρύπων.

Τα μη επανδρωμένα πλοία γενικά θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς της MARPOL αντίστοιχα όπως τα επανδρωμένα. Η διαχείριση των αποβλήτων και οι συνεχείς απαιτήσεις για υποβολή εκθέσεων ρύπων στη περίπτωση που δεν θα υπάρχει πλήρωμα είναι διαδικασίες που θα επηρεαστούν άμεσα στην αρχή του εγχειρήματος. Τα βιβλία εγγραφής μπορούν κατά πάσα πιθανότητα να τηρούνται σε ηλεκτρονική μορφή.

Άμεσες ενέργειες σε έκτακτες καταστάσεις ρύπανσης, έτσι όπως περιγράφονται στο «Σχέδιο έκτακτης ανάγκης για τη ρύπανση του πλοίου» (SOPEP), θα πρέπει να προσαρμοστούν στις δυνατότητες απόκρισης των μη επανδρωμένων πλοίων. Συνεπώς τέτοιες διαδικασίες θα πρέπει να ενεργοποιούνται αυτόματα και με αμεσότητα από το κέντρο ελέγχου ξηράς (Κορακάκης, 2018), (Πεταρούδη, 2019).

7.8 Μη Κυβερνητικός Οργανισμός CMI

Ο μη κυβερνητικός οργανισμός CMI (Committee Maritime International) ιδρύθηκε στην Αμβέρσα το 1897 και δραστηριοποιείται σε διεθνές επίπεδο. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες ο CMI έχει λάβει μέρος στη σύνταξη ενός μεγάλου αριθμού διεθνών συμβάσεων και κανονισμών, έχει προωθήσει τη σύσταση εθνικών ενώσεων ναυτικού δικαίου και έχει συνάψει συνεργασίες με πολλούς άλλους οργανισμούς σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, το CMI αποτελείται από 56 εθνικές ενώσεις ναυτικού δικαίου αποτελούμενες από πλήθος μελών (Ferreira et al., 2018). Περισσότερο από έντεκα χιλιάδες μέλη δραστηριοποιούνται μέσω του οργανισμού στο πεδίο του ναυτικού δικαίου, ορισμένα από τα οποία είναι δικηγόροι, ασφαλιστές, μεσίτες και τραπεζίτες. Το CMI επικεντρώνεται σήμερα στο καίριο ζήτημα των

κανονισμών που αφορούν στην αυτόνομη ναυτιλία με εστίαση στο εσωτερικό δίκαιο της εκάστοτε χώρας, αλλά και σε διεθνείς συμβάσεις που έχουν υπογραφεί μεταξύ των χωρών αυτών.

Το CMI έχει συν τοις άλλοις στραφεί στην προώθηση του διαλόγου αφενός ανάμεσα στις ενώσεις ναυτικού δικαίου και στις αντίστοιχες εθνικές αρχές τους και αφετέρου ανάμεσα στα κράτη σε παγκόσμιο επίπεδο, γεγονός που συντελεί στον εντοπισμό ενδεχόμενων εμποδίων σε εγκρίσεις που αφορούν στην εκτεταμένη χρήση της τεχνολογίας στον τομέα της ναυτιλίας και δη της αυτόνομης (Rodseth, 2017). Έχοντας συνειδητοποιήσει την ολοένα και αυξανόμενη στροφή του ενδιαφέροντος προς την αυτόνομη ναυτιλία, έχει συσταθεί με πρωτοβουλία του CMI ομάδα εργασίας για την εξασφάλιση της τήρησης των κανονισμών από όλα τα πλοία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8. Συμπεράσματα

Η βαθμιαία εξάπλωση των νέων τεχνολογιών στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η ανταγωνιστικότητα αλλά και η ανάγκη για βιωσιμότητα έχουν οδηγήσει το ναυτιλιακό κλάδο σε μια τάση για συνεχόμενη βελτιστοποίηση και αυτοματοποίηση.

Κυρίαρχη πρόκληση στις μέρες μας αποτελούν τα αυτόνομα - μη επανδρωμένα πλοία. Τα πλοία αυτά συγκεντρώνουν ένα σύνολο εξειδικευμένων συστημάτων και είναι σχεδιασμένα να διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες, επεξεργαστές δεδομένων και αριθμητικούς αλγορίθμους. Οι αισθητήρες των πλοίων και οι τεχνολογίες τηλεχειρισμού, βασισμένες στη ρομποτική τεχνολογία, θα επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων από απόσταση σε βαθμό τέτοιο που τα πλοία θα μπορούν να μετακινούνται χωρίς την ανθρώπινη παρουσία. Επιπρόσθετα γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για δημιουργία ενός «τείχους» προστασίας από κινδύνους όπως είναι οι επιθέσεις στα κυβερνοσυστήματα των αυτόνομων πλοίων.

Η λειτουργία ενός αυτόνομου - μη επανδρωμένου πλοίου καθιστά αναγκαία την εδραίωση ενός κέντρου ελέγχου που στόχο θα έχει την παρακολούθηση αλλά και τον χειρισμό του πλοίου από τη στεριά. Παράλληλα όμως με την υλοποίηση ερευνητικών προγραμμάτων σχετικά με τα αυτόνομα πλοία, κλάδοι που δραστηριοποιούνται σε έξυπνα συστήματα αλγορίθμων, συστήματα λήψης απόφασης και απομακρυσμένου ελέγχου, λειτουργική και οικονομική διαχείριση, αλλά και σε νομικά ζητήματα αρχίζουν σιγά σιγά να διαμορφώνονται για να ικανοποιήσουν στο βέλτιστο τις απαιτήσεις των νέων πλοίων. Τέλος το ειδικευμένο προσωπικό θα αποτελέσει απαραίτητο παράγοντα για τον αποτελεσματικό και ασφαλή χειρισμό των πλοίων από τα κέντρα ελέγχου της ξηράς.

Συνοψίζοντας, η ναυτιλία εισέρχεται με γοργούς ρυθμούς στην ψηφιακή εποχή με την ανάπτυξη των αυτόνομων - μη επανδρωμένων πλοίων, τα οποία αναμφισβήτητα αποτελούν μια καινοτόμα τεχνολογία στο χώρο της ναυτιλιακής βιομηχανίας και αναπόσπαστα θα οδηγήσουν και στην ανάπτυξη άλλων κλάδων που δραστηριοποιούνται γύρω από αυτή.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- AAWA, (2016), Remote and Autonomous Ship - The next steps. *Rolls-Royce White paper*.
- Ahvenjärvi, S., (2016), The Human Element and Autonomous Ships. *Finland: the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*.
- Andrews, Cr., (2016), Robot ships and unmanned autonomous boats, Retrieved from: <https://eandt.theiet.org/content/articles/2016/09/robot-ships/>.
- Billings, C.E., (1997), Aviation automation: The search for a human-centered approach. *Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates Publishers*.
- Burmeister, H-C., Rødseth, J., Beyond, (2014), The e-Navigation implementation plan: Development towards the unmanned merchant vessels. in *e—Navigation Underway 2014*
- Burmeister, H-C., Bruhn, W., Rødseth, 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*.
- Caccia, M. et al., (2008), Basic navigation, guidance and control of an Unmanned Surface Vehicle, *Autonomous Robots*, 25(4), pp. 349–365. doi: 10.1007/s10514-008-9100-0.
- DNV GL, (2018), Remote-controlled and autonomous ships in the maritime industry, *Position Paper*.
- Ferdinand, J.-P., Flämig, H., Petschow, U., Steinfeldt, M., & Worobei, A. (2016). Assessing the Environmental Impact of Decentralized Value-Chain Patterns Involving 3D Printing Technologies - A Comparative Case Study. In J.-P. Ferdinand, U. Petschow, & S. Dickel (Eds.), *The Decentralized and Networked Future of Value Creation* (pp. 205–235). Springer International Publishing.
- Ferreira, F. et al., (2018), Current Regulatory Issues in the Usage of Autonomous Surface Vehicles, in *2018 OCEANS - MTS/IEEE Kobe Techno-Oceans (OTO)*. IEEE, pp. 1–9. doi: 10.1109/OCEANSKOBE.2018.8558875.
- Goldapple L., (2016), The Rolls-Royce of drone ships MUNIN, *Atlas of the Future*. Retrieved from: <https://atlasofthefuture.org/project/munin-unmanned-ships/>.
- Katsikas, S.K., (2017), Cyber Security of the Autonomous Ship. *Center for Cyber and Information Security. Department of Information Security and Communication Technology. Norwegian University of Science and Technology*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3055186.3055191>.

Kongsberg, (2016), Automated Ships LTD and Kongsberg to build first unmanned and fully autonomous ship for offshore operations. Retrieved from: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/65865972888D25FAC125805E00281D50?OpenDocument>.

Kretschmann, L., Rødseth, O. J., Sage-Fuller, B., Noble, H., Horahan, J., McDowell, H., (2015), MUNIN D9.3 Quantitative assessment. Deliverable. Available from www.unmanned-ship.org.

Lloyd's Register, (2016), Cyber-enabled ships. ShipRight procedure – autonomous ships. *Guidance document*.

Mohammadreza, B. L. & Ghahfarokhi, N. M., (2018), International navigation rules governing the unmanned vessels. *MUNIN - Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*.

Mogens, B., Henriques, M., & Bang, J., (2007), A pre-analysis on autonomous ships. *DTU Management Engineering*.

MUNIN (2016) Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks. Retrieved from: <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomous-ship/>.

Nautilus, (2019), First unmanned cargo vessel negotiates the English Channel, Retrieved from: <https://www.nautilusint.org/en/news-insight/news/first-unmanned-cargo-vessel-negotiates-the-english-channel/>.

Parasuraman, Sheridan & Wickens, (2000), A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics: A publication of the IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society*. New York, NY: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Vol. 30. No.3.

Patraiko, D., (2007), The Development of e- Navigation. *International Journal on Marine Nav.*

Pen Test Partners, (2016), Maritime cyber security. Retrieved from: <https://www.pentestpartners.com/penetration-testing-services/maritime-cyber-security-testing/>.

Reilly G., & Jorgensen J., (2016), Classification Considerations for Cyber Safety and Security in the Smart Ship Era, in *Smart Ships Technology*.

Ritossa, C., (2017), Hrönn, the first ship-robot in the seas of Europe since 2018: without sailors. *Ship Building and Technology*, Retrieved from: <https://www.fleetmon.com/maritime-news/2017/18935/hronn-first-ship-robot-seas-europe-2018-without-sa/>.

Rødseth, O. J., (2017), From concept to reality: Unmanned merchant ship research in Norway, in *2017 IEEE Underwater Technology (UT)*.

Rødseth, O. J., & Burmeister, H.-C., (2012), Developments towards the unmanned ship. *Proceedings of the International Symposium Information on Ships - ISIS 2012, Hamburg, Germany*.

Rødseth, O. J., Tjora, Å., & Baltzersen, P., (2013), MUNIN, D4.5 Architecture Specification. *Deliverable*. Available from www.unmanned-ship.org.

Rødseth, O. J., & Nordahl, H., (2017), Definitions for autonomous merchant ships. *Norwegian Forum for Autonomous Ships (NFAS)*.

Sheridan, T. B., & Verplank, W. L., (1978). Human and computer control of undersea teleoperators. *Cambridge, Mass: Massachusetts Institute of Technology, Man-Machine Systems Laboratory*. Retrieved from: www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA057655 PDF

Siltanen, J., (2018), Αυτονομία: Το όραμα της αυτόνομης ναυτιλίας. Retrieved from: <http://el.marinelink.com/news/%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1-%CF%8C%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B1%CF%85%CF%84%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%82-%CE%BD%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BB%CE%AF%CE%B1%CF%82-276456>

Slinn, T., (2017), Offshore Support Goes Autonomous. *Nautic EXPO*. Retrieved from: <http://emag.nauticexpo.com/offshore-support-goes-autonomous-2>

Tam K., & Jones K., (2019), Factors Affecting Cyber Risk in Maritime. *Data Analytics And Assessment (Cyber SA)*.

Yan, R. et al., (2010), Development and missions of unmanned surface vehicle. *Journal of Marine Science and Application*, 9(4), pp. 451–457. doi: 10.1007/s11804-010-1033-2.

Βάρελης, Α. & Γρηγοριάδης, (2016), Ηλεκτρονικοί Αυτοματισμοί Πλοίων. *Ακαδημία εμπορικού ναυτικού Μακεδονίας. Σχολή Πλοιάρχων. Πτυχιακή εργασία*.

Κατής, Μ., (2018), Ampere: Περιζήτητο το Νορβηγικό ηλεκτρικό φέρι μπόουτ. Retrieved from: <https://www.autonomous.gr/ampere-in-demand-electric-ferrie-norway-video/>

Κορακάκης, Ι., (2018), Πώς οι νέες τεχνολογίες μεταλλάσσουν τη ναυτιλία. *Το σύγχρονο κύμα του ψηφιακού μετασχηματισμού θα μεταλλάξει τη ναυτιλία, Ναυτικά Χρονικά, Αύγουστος-Σεπτέμβριος*.

Πεταρούδη, Μ., (2019), Αυτόνομα Εμπορικά Πλοία: Εξέταση των κυριότερων πλεονεκτημάτων και των μεγαλύτερων προκλήσεων για την ναυτιλιακή βιομηχανία. *Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών. Πανεπιστήμιο Πειραιώς*.