

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



Πτυχιακή Εργασία

«Επισκόπηση οντολογιών σχετικές
με τη *θαλάσσια κυκλοφορία* (marine traffic)»

Δημήτριος Λέμπερος

Αριθμός Μητρώου: Π2013080

Επιβλέπουσα: Άννα Σωτηροπούλου

Ιούνιος 2023

Επιβλέπουσα

Άννα Σωτηροπούλου, ΕΔΙΠ

Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Πληροφορικής

Τριμελής Επιτροπή

Άννα Σωτηροπούλου, ΕΔΙΠ

Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Πληροφορικής

Ανδρέας Καναβός, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Πληροφορικής

Κάτια Κερμανίδου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Πληροφορικής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο ναυτιλιακός τομέας λαμβάνει ζωτικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία και ασφάλεια, καθιστώντας απαραίτητη την έρευνα και την ανάπτυξη προηγμένων λύσεων για τη βελτιστοποίηση των δραστηριοτήτων του και την αντιμετώπιση πιθανών προκλήσεων. Η εργασία στοχεύει να παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση των προτύπων και εργαλείων ανάπτυξης οντολογίας στο πλαίσιο των συστημάτων θαλάσσιας κυκλοφορίας. Αυτή η βιβλιογραφική ανασκόπηση εξετάζει σε βάθος έξι εργασίες που εστιάζουν σε συστήματα θαλάσσιας κυκλοφορίας βασισμένα σε οντολογία, όσον αφορά τον εντοπισμό ανώμαλης και κακόβουλης συμπεριφοράς στον ναυτιλιακό τομέα. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε επιπρόσθετη βιβλιογραφική μελέτη για τη συμπλήρωση και την επικύρωση των ευρημάτων. Μέσα από την ανάλυση μας παρουσιάζουμε ένα πλαίσιο που τονίζει τους κύριους πυλώνες κατά την διαδικασία ανάπτυξης και τα απαραίτητα βήματα για τη δημιουργία μιας αποτελεσματικής οντολογίας ανίχνευσης ανωμαλιών θαλάσσιας κυκλοφορίας. Αυτό το πλαίσιο επιτρέπει στους ερευνητές και τους προγραμματιστές να κατανοήσουν τις βασικές αρχές και μεθοδολογίες στην οντολογία, επιτρέποντας καλύτερα ενημερωμένες αποφάσεις κατά το σχεδιασμό συστημάτων στον τομέα. Τα ευρήματα από την παρούσα ανασκόπηση χρησιμεύουν ως πολύτιμη πηγή για μελλοντική έρευνα και ανάλυση στον τομέα των συστημάτων που βασίζονται στην οντολογία, αλλά συμβάλλουν επίσης στην ενίσχυση της ανίχνευσης ανώμαλης δραστηριότητας και κινήσεων στον ναυτιλιακό τομέα, υπογραμμίζοντας τη σημασία της μελέτης αυτού του ουσιαστικού τομέα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	3
Περιεχόμενα	4
Κεφάλαιο Α΄ Εισαγωγή	6
Α΄.1 Σχετικά με θαλάσσια κυκλοφορία (Marine Traffic).....	6
Α΄.2 Ανάγκη για μελέτη των δεδομένων του θαλάσσιου τομέα	6
Α΄.3 Τι είναι οντολογία.....	7
Α΄.4 Περιγραφή γλωσσών οντολογιών	7
Α΄.5 Οι χρήσεις των οντολογιών στον θαλάσσιο τομέα	8
Α΄.6 Ερώτημα και στόχος της εργασίας	9
Κεφάλαιο Β΄ Μέθοδος και Ανάλυση	10
Β΄.1 Μέθοδος έρευνας και συλλογής δεδομένων	10
Β΄.2 Περιγραφή των εργασιών	11
Β΄.2.1 Σύστημα υποστήριξης συλλογισμού για αποφυγή σύγκρουσης πλοίων.....	11
Β΄.2.2 Μοντελοποίηση πιθανολογικής οντολογίας για επίγνωση του θαλάσσιου τομέα	11
Β΄.2.3 Οντολογία χωρικής λογικής για ανίχνευση θαλάσσιων ανωμαλιών	12
Β΄.2.4 Ενσωμάτωση δεδομένων από διαφορετικές πηγές με την χρήση οντολογίας για την θαλάσσια ασφάλεια.....	14
Β΄.2.5 Σημαιολογική μοντελοποίηση συμπεριφοράς πλοίου με χρήση οντολογίας και δυναμικού Bayesian δικτύου.....	15
Β΄.2.6 Εξόρυξη ορισμών και εννοιών για ανάπτυξη θαλάσσιας οντολογίας.....	16
Κεφάλαιο Γ΄ Σύγκριση και Αποτελέσματα	18
Γ΄.1 Διαδικασία ανάλυσης.....	18
Γ΄.1.1 Κύρια δραστηριότητα	19
Γ΄.1.2 Ταυτοποίηση.....	21
Γ΄.1.3 Έλεγχος προηγούμενων υποθέσεων	23
Γ΄.1.4 Σκοπός οντολογίας.....	24
Γ΄.1.5 Μεταβλητές οντολογίας.....	26
Γ΄.1.6 Χαρακτηριστικά Οντολογίας.....	28
Γ΄.1.7 Εργαλεία.....	30
Γ΄.1.8 Γλώσσες προγραμματισμού	32

Γ'.1.9 Αιτιολόγηση.....	34
Γ'.1.10 Ανάπτυξη ερωτημάτων.....	36
Γ'.1.11 Εμφάνιση αποτελεσμάτων	38
Γ'.1.12 Target group	39
Γ'.1.13 Μελλοντικές έρευνες.....	40
Γ'.2 Αποτελέσματα.....	46
Γ'.3 Μελλοντική έρευνα	53
Γ'.4 Συμπέρασμα.....	53
Βιβλιογραφία.....	55
Συντμήσεις	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α΄ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Α΄.1 ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ (MARINE TRAFFIC)

Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη συνεχή ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας. Οι τεχνολογίες που περιβάλλουν αυτήν τη βιομηχανία έχουν ως στόχο την εξέλιξη της ώστε να είναι πιο φιλική τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον. Ένας τομέας αυτής της βιομηχανίας είναι η μελέτη της κυκλοφορίας στον θαλάσσιο χώρο. Με τον όρο *θαλάσσια κυκλοφορία* (marine traffic), αναφερόμαστε στη μελέτη της κίνησης των πλοίων στον υδάτινο τομέα αλλά και την ανάλυση των ναυτιλιακών στοιχείων που προκύπτουν από τις κινήσεις αυτές. Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά συστήματα παρακολούθησης των κινήσεων αυτών, ένα από τα πιο γνωστά είναι το MarineTraffic (Lekkas, 2007), το οποίο αναπτύχθηκε το έτος 2007 από τον καθηγητή Δημήτριο Λέκκα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ως ένα ακαδημαϊκό project. Το σύστημα αυτό απεικονίζει τις κινήσεις των πλοίων και τη τρέχουσα θέση τους σε πραγματικό χρόνο. Στην παρακάτω εργασία θα μελετήσουμε παρόμοια συστήματα τα οποία έχουν τη δυνατότητα να αναλύουν ναυτιλιακά δεδομένα με σκοπό να μπορέσουν να πάρουν αποφάσεις για ζητήματα που τους τίθενται. Συστήματα που στις περισσότερες περιπτώσεις, μελετάνε προηγούμενες ενέργειες και κινήσεις πλοίων με σκοπό να αντλήσουν κάποιο πόρισμα ή να αποτρέψουν έναν κίνδυνο.

Α΄.2 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΤΟΜΕΑ

Περισσότερο από τα δύο τρίτα της παγκόσμιας κίνησης εμπορευμάτων μεταφέρονται μέσω θαλάσσης. Με αυτόν το συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό εμπορευμάτων στον θαλάσσιο τομέα, η ανάγκη για την ασφάλεια και την προστασία αυτών αποτελεί μείζονος σημασίας (Wen et al., 2019). Σε αυτό όμως τον τομέα, υπάρχουν πολλά και διαφορετικά συστήματα που επικοινωνούν μεταξύ τους την ίδια στιγμή. Η ανάγκη για αποτελεσματική επεξεργασία δυναμικών δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές, αναπτύσσεται όλο και περισσότερο. Η κίνηση των πλοίων, καθώς και η συμπεριφορά τους αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανάλυση θαλάσσιων δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων. Η ανώμαλη και καχύποπτη κίνηση πλοίων χρειάζεται να εντοπιστεί και να αναγνωριστεί προκειμένου να αυξήσουμε την επίγνωση στον θαλάσσιο τομέα (R. N. Carvalho et al., 2011).

Η *Επίγνωση του Θαλάσσιου Τομέα* (Maritime Domain Awareness), παρέχει τη δυνατότητα της αυτόματης ανάλυσης ναυτιλιακών δεδομένων από διαφορετικές πηγές σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον, με σκοπό την παροχή δυναμικών δεδομένων για την ακριβή κατάσταση του θαλάσσιου χώρου αλλά και την μελέτη του. Σε περίπτωση ανάγκης ή εγκληματικής ενέργειας, διαφορετικές μονάδες και παραρτήματα του ναυτικού και όχι μόνο, μπορούν να ωφεληθούν από την πρόσβαση σε δεδομένα πραγματικού χρόνου, ώστε να διαχειριστούν την ασταθή κατάσταση πιο αποτελεσματικά (R. N. Carvalho et al., 2011). Υπάρχουν συστήματα που μας βοηθούν να προβλέψουμε τις μελλοντικές κινήσεις πλοίων, με σκοπό να αποφύγουμε ενδεχόμενες συγκρούσεις μεταξύ τους. Μια τέτοια ενέργεια μπορεί να φανεί χρήσιμη στην περίπτωση απουσίας ενός έμπειρου χειριστή ή αξιωματικού καταστρώματος (Park et al., 2007). Συστήματα που αναλύουν δεδομένα θαλάσσιου τομέα, μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για διαχείριση θαλάσσιας κυκλοφορίας (marine traffic management) και αποφυγή συγκρούσεων (collision avoidance), όπως επίσης και σε έξυπνα πλοία, με σκοπό την γρήγορη και αυτόματη λήψη αποφάσεων (Wen et al., 2019).

Α΄.3 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

Οι οντολογίες αποτελούν συστήματα οργάνωσης της γνώσης, περιγράφοντας τον φυσικό και νοητικό κόσμο που μας περιβάλλει και βασιζόμενες πάνω στις έννοιες και στις σχέσεις μεταξύ τους (Toraki, 2017). Η έννοια της οντολογίας προέρχεται από τη φιλοσοφία και σχετίζεται με την ύπαρξη. Τα συστήματα γνώσης που βασίζονται σε οντολογίες, ασχολούνται με αυτό που υπάρχει και μπορεί να παρασταθεί, ενώ το σύνολο των αντικειμένων που μπορούν να παρασταθούν μέσω των αντίστοιχων εννοιών τους αποτελούν το *σύμπαν ομιλίας* (universe of discourse) (Toraki, 2017). Στον τομέα όμως της πληροφορικής, η οντολογία ή μια οντολογία, χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα πεδίο ενδιαφέροντος. Η χρήση οντολογιών πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ως απάντηση στους διάφορους περιορισμούς που εντοπίστηκαν στην ανάπτυξη συστημάτων ως μια νέα εννοιολογική προσέγγιση στη μοντελοποίηση γνώσης (Vandecasteele & Napoli, 2012). Είναι ένα σημαντικό κομμάτι για τη σωστή λειτουργία ενός συστήματος. Η χρήση οντολογίας επιτρέπει στον χρήστη και στο σύστημα να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με μεγαλύτερη ακρίβεια και ευκολία.

Για να καταλάβουμε με πιο τεχνικούς όρους τι είναι μια οντολογία στον τομέα της πληροφορικής, οι Noy και McGuinness δίνουν τον παρακάτω ορισμό, “Οντολογία είναι μια αυστηρά καθορισμένη περιγραφή θεμάτων μιας περιοχής γνώσης ενδιαφέροντος που ονομάζονται *κλάσεις* (classes ή αλλιώς concepts), που περιέχουν κάποιες ιδιότητες, οι οποίες περιγράφουν διάφορες πτυχές και χαρακτηριστικά αυτών των θεμάτων που ονομάζονται *ρόλοι-ιδιότητες* (roles ή properties) καθώς και ένα σύνολο περιορισμών αυτών των ρόλων που συνήθως ονομάζονται *περιορισμοί ρόλων-ιδιοτήτων* (role restrictions). Μια οντολογία μαζί με ένα σύνολο *στιγμιότυπων* (instances) των κλάσεων αυτών σχηματίζουν μια *βάση γνώσης* (knowledge base). Μια κλάση μπορεί να έχει ένα σύνολο *υποκλάσεων* (subclasses) οι οποίες στην ουσία περιγράφουν πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κλάσης τους” (Συνοπίδη, 2010). Με άλλα λόγια μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οντολογία είναι ένας τρόπος διαχείρισης γνώσης και επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών τμημάτων.

Προσπαθώντας να κατανοήσουμε τι εννοούμε με τον όρο οντολογία στον χώρο της πληροφορικής καταλήγουμε ότι “είναι ένας τυπικός και σαφής ορισμός μιας κοινής και συμφωνημένης εννοιολογικής μορφοποίησης η οποία αφορά σε ένα πεδίο ενδιαφέροντος. Αυτή η τυπική αναπαράσταση γνώσης ως ένα σύνολο εννοιών, σχέσεων και ιδιοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συλλογιστική (εξαγωγή συμπερασμάτων/νέας γνώσης) και για τη δομημένη περιγραφή γνώσης ενός πεδίου ενδιαφέροντος” (Κατσαργύρη & Μαρκαντωνάτου, 2016).

Α΄.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΛΩΣΣΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ

Το 1990 παρουσιάστηκαν οι πρώτες γλώσσες οντολογιών, όπως η Ontolingua, Cycl και Loom, προερχόμενες από τον χώρο της τεχνητής νοημοσύνης. “Οι γλώσσες οντολογιών επιτρέπουν στους χρήστες να γράφουν ρητές, τυπικές επίνοιες (conceptualizations) για μοντέλα

πεδίων. Οι κύριες απαιτήσεις είναι η καλά ορισμένη σύνταξη, η αποδοτική υποστήριξη συλλογισμών, η τυπική σημασιολογία, η επαρκής εκφραστική ισχύς, και η ευκολία στην έκφραση” (Antoniou & Frank van Harmelen, 2009). Υπό την ηγεσία της OntoWeb, μέλους του World Wide Web Consortium (W3C) οι παραπάνω γλώσσες τυποποιήθηκαν και δημιουργήθηκαν οι Resource Description Framework (RDF) και Web Ontology Language (OWL). Η OWL έχει χαρακτηριστεί, από το 2004, ως η βασική γλώσσα για τη δημιουργία οντολογιών. Καθώς όμως η χρήση οντολογιών γινόταν πιο συχνή και οι απαιτήσεις ήταν περισσότερες, προτάθηκε η δημιουργία μια καινούριας γλώσσας που συνδυάζει την OWL με άλλες γλώσσες του ίδιου χώρου. Η δημιουργία της Semantic Web Rule Language (SWRL) επεκτείνει τις αρχικές δυνατότητες της OWL, επιτρέποντας στον χρήστη να ενσωματώσει λειτουργίες μέσα στη γλώσσα (Vandecasteele & Napoli, 2012).

Για να ανακτήσουμε δεδομένα και πληροφορίες από της οντολογίες που έχουμε κατασκευάσει, χρησιμοποιούμε γλώσσες ερωτημάτων. Η πιο διαδεδομένη γλώσσα ερωτημάτων στον τομέα των οντολογιών είναι η SPARQL. Χρησιμοποιείται για να εκτελέσει ερωτήματα σε RDF, συνιστάται από τον οργανισμό W3C και γι’ αυτό το λόγο εξελίσσεται ταχύτατα ως πρότυπη γλώσσα ερωτημάτων (Antoniou & Frank van Harmelen, 2009).

Α΄.5 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΟΝ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΤΟΜΕΑ

Ο κλάδος του θαλάσσιου τομέα και της διαχείρισης της θαλάσσιας κυκλοφορίας επωφελείται από την τεχνολογική εξέλιξη των οντολογιών στην τεχνητή νοημοσύνη. Παρατηρούμε ότι σε πολλά συστήματα την τελευταία δεκαετία γίνεται χρήση κυρίως χωρικών οντολογιών, αλλά και όχι μόνο. Με τον όρο χωρικές οντολογίες συνδυάζουμε δύο διαφορετικές έννοιες, μια των οντολογιών και μια της γεωγραφικής μελέτης. Η μοντελοποίηση και η ερμηνεία της χωρικής γνώσης και αντίληψης δεν έχει αξιοποιηθεί ακόμα στο έπακρον με τη χρήση οντολογιών. Δεν υπάρχει κάποιο πρότυπο στο οποίο να μπορεί να βασιστεί μια μελέτη, ώστε να αναπαραστήσει χωρικά δεδομένα (spatial data) με τη χρήση οντολογιών. Ως αποτέλεσμα έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες να οριστούν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά, τα οποία πρέπει να εφαρμοστούν σε χωρικές οντολογίες, ωστόσο οι προσπάθειες αυτές διαφέρουν ως προς την προβλεπόμενη χρήση των οντολογιών (Vandecasteele & Napoli, 2012).

Η τεχνολογία των οντολογιών εμφανίζεται επίσης και στον εκπαιδευτικό τομέα. Τα οφέλη από την εφαρμογή οντολογιών ως εργαλεία εκπαίδευσης στον χώρο του θαλάσσιου τομέα, αλλά και όχι μόνο, είναι πολλά, λόγω της λεπτομερούς αναπαράστασης των εννοιών και των σχέσεων μεταξύ τους καθώς και σημαντικών ιδιοτήτων και συνθηκών. Μία οντολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οργάνωση εκπαιδευτικού υλικού με σχέσεις και συνδέσμους μεταξύ σημαντικών εννοιών (Raud et al., 2018). Οι οντολογίες μπορούν επίσης να υποστηρίξουν τη δημιουργία εκπαιδευτικών διαδρομών για τους μαθητές, που να είναι δηλαδή προσαρμοσμένη στις ανάγκες, αλλά και δυνατότητες του κάθε μαθητή (Cheng et al., 2018). Μια οντολογία μπορεί να έχει λειτουργία παρακολούθησης προόδου και αξιολόγησης του επιπέδου ικανότητας του μαθητή.

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα μελετήσουμε συστήματα τα οποία κάνουν χρήση της τεχνολογίας των οντολογιών, με την εμφάνιση και χωρικών αλλά και εκπαιδευτικών οντολογιών,

με σκοπό να αντλήσουνε *δεδομένα επίγνωσης κατάστασης* (situation aware data). Τέτοιου τύπου δεδομένα μας επιτρέπουν να αντιλαμβανόμαστε καλύτερα την κίνηση των σκαφών, αλλά και του γενικού περιβάλλοντα θαλάσσιου χώρου.

Α΄.6 ΕΡΩΤΗΜΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Καθώς η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης και της τεχνολογίας των οντολογιών ολοένα και αυξάνεται την τελευταία δεκαετία στον χώρο της θαλάσσιας κυκλοφορίας, τίθεται το παρακάτω ερώτημα στους μελλοντικούς σχεδιαστές συστημάτων. Υπάρχουν συγκεκριμένα εργαλεία και μοντέλα τα οποία να βελτιστοποιούν την απόδοση των συστημάτων αυτών; Υπάρχουν μοτίβα που χρησιμοποιούνται περισσότερο και ταιριάζουν στις ανάγκες που εμφανίζει ο τομέας της θαλάσσιας κυκλοφορίας, και αν ναι είναι σημαντική η μελέτη και εξέλιξη τους; Ερωτήματα όπως αυτά, απασχολούσαν την ακαδημαϊκή κοινότητα πριν περίπου μια δεκαετία, στα πρώτα βήματα κατασκευής οντολογιών για τον θαλάσσιο τομέα. Σε άρθρα του Liu, Li και Sun (Liu et al., 2010) του έτους 2010, αναφέρεται πως δεν υπάρχουν οργανωμένες ή μερικώς οργανωμένες πηγές εννοιών στον τομέα, καθιστώντας δύσκολη την κατασκευή οντολογιών.

Παρόμοια ανάγκη για μελέτη και κατανόηση των τεχνολογιών σχετικών με τη θαλάσσια κυκλοφορία μπορεί να βρεθεί και σε πιο πρόσφατα άρθρα καθώς επισημαίνεται πώς το θαλάσσιο εμπόριο ολοένα και κινείται προς την ψηφιοποίηση και τον ψηφιακό μετασχηματισμό με διαφορετικές ταχύτητες σε διαφορετικούς τομείς (Tijan et al., 2021). Πολλά από αυτά τα ψηφιακά μοντέλα που συμβάλουν στον ψηφιακό μετασχηματισμό, έχουν τις βάσεις τους σε τεχνολογίες οντολογιών που πρωτοεμφανίστηκαν την τελευταία δεκαετία. Επιχειρήσεις στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών, δυσκολεύονται να εισάγουν νέες ψηφιακές τεχνολογίες καθώς υπάρχει έλλειψη γνώσης, κατάλληλων στρατηγικών και πρωτοβουλιών για επιτυχημένο ψηφιακό μετασχηματισμό (Gausdal et al., 2018). Επισημαίνεται επίσης πώς *“είναι ιδιαίτερα έντονη η έλλειψη έρευνας και επιστημονικών εργασιών που προσφέρουν μια ολοκληρωμένη επισκόπηση του ψηφιακού μετασχηματισμού στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών”* (Tijan et al., 2021). Οι οντολογίες διευκολύνουν τον ψηφιακό μετασχηματισμό του θαλάσσιου τομέα παρέχοντας ένα δομημένο πλαίσιο για την αναπαράσταση, την κοινή χρήση και την κωδικοποίηση των πολυδιάστατων σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων σχεδιασμού και των αποφάσεων, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη κατανόηση και ενσωμάτωση διαφορετικών προοπτικών στο σχεδιασμό αυτόνομων σκαφών (Arrigan et al., 2022).

Καταλαβαίνουμε πως η ανάγκη μελέτης των οντολογιών συνδέεται άρτια με την ανάγκη εξέλιξης και ψηφιακού μετασχηματισμού στον θαλάσσιο τομέα. Στην παρακάτω εργασία έχουμε ως στόχο, μέσα από τη μελέτη και ανάλυση συστημάτων της τελευταίας δεκαετίας, να αναγνωρίσουμε μοτίβα που εμφανίζονται πιο συχνά, να παρουσιάσουμε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση τους, και ως τελικό στόχο να παρουσιάσουμε μια δομημένη προσέγγιση στην ανάπτυξη οντολογικών συστημάτων στον θαλάσσιο τομέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β΄ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Β΄.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα βασισμένα σε οντολογία συστήματα που θα μελετήσουμε στην συνέχεια. Η επιλογή της βιβλιογραφίας έγινε βάση χρονολογίας, γεωγραφικής μελέτης, καθώς και τελικού στόχου. Προσπαθήσαμε να καλύψουμε την ανάπτυξη και την έρευνα της τεχνολογίας των οντολογιών της τελευταίας δεκαετίας, γι' αυτό και κάθε από τα παρακάτω άρθρα, έχει δημοσιευτεί σε διαφορετική χρονική περίοδο. Ως προς τη γεωγραφική μελέτη, καλύπτονται διαφορετικές χώρες και περιοχές σε κάθε σύστημα, ώστε το δείγμα μας να αντιπροσωπεύει την παγκόσμια ακαδημαϊκή έρευνα. Όλα τα συστήματα που παρουσιάζονται έχουν κοινό στόχο την ομαλή και ασφαλή θαλάσσια κυκλοφορία. Το επιτυγχάνουν με την αποφυγή συγκρούσεων, την παρακολούθηση πορείας, την αναγνώρισης καχύποπτων συμπεριφορών, τη μελέτη παλαιών συμβάντων, τη δημιουργία κοινού λεξιλογίου για τη θαλάσσια νομοθεσία και άλλων τεχνικών.

Η ανάλυση της βιβλιογραφίας έχει σκοπό την αναγνώριση των εργαλείων που συμβάλουν στην ομαλή λειτουργία του κάθε συστήματος. Παρακάτω αναφέρονται τα συστήματα που κρίναμε πιο αντιπροσωπευτικά για τη βιβλιογραφική έρευνα, μέσω της περίληψης των ακαδημαϊκών άρθρων που τα αναλύουν και τα παρουσιάζουν. Κύρια έμφαση έχει δοθεί στη λειτουργία και στην αρχιτεκτονική κάθε οντολογίας καθώς επίσης και στα εργαλεία που σχετίζονται με αυτή. Η σειρά με την οποία αναλύσαμε τα συστήματα, είναι αυτή που παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα.

Τίτλος	Συγγραφείς	Έτος	Όνομα συστήματος	Περιγραφή
Ontology-Based Fuzzy-CBR Support System for Ship's Collision Avoidance	Park, Benedictos, Lee, Wang	2007	Fuzzy-Case Based Reasoning	Σύστημα υποστήριξης συλλογισμού για αποφυγή σύγκρουσης πλοίων
Modeling a Probabilistic Ontology for Maritime Domain Awareness	Carvalho, Haberin, Costa, Laskey, Chang	2011	Maritime Domain Awareness	Μοντελοποίηση πιθανολογικής οντολογίας για επίγνωση του θαλάσσιου τομέα
An Enhanced Spatial Reasoning Ontology for Maritime Anomaly Detection	Vandecasteele, Napoli	2012	Spatial Reasoning Ontology	Οντολογία χωρικής λογικής για ανίχνευση θαλάσσιων ανωμαλιών
Ontology-based Data Access for Maritime Security	Bruggemann, Bereta, Xiao, Koubarakis	2016	Real-time Maritime Situation Awareness	Ενσωμάτωση δεδομένων από διαφορετικές πηγές με την χρήση

			System	οντολογίας για την θαλάσσια ασφάλεια
Semantic Modelling of Ship Behavior in Harbor Based on Ontology and Dynamic Bayesian Network	Yuanqiao, Yimeng, Liang, Chunhui, Changshi, Fan, Xin, Wenqiang, Zhongyi	2019	Semantic Model of Ship Behavior	Σημασιολογική μοντελοποίηση συμπεριφοράς πλοίου με χρήση οντολογίας και δυναμικού Bayesian δικτύου
Corpus Based Information Extraction Approach for Marine Ontology Development	Strinyuk, Scherbakova, Lanin	2021	IMO concept based Ontology	Εξόρυξη ορισμών και εννοιών για ανάπτυξη θαλάσσιας οντολογίας

Σχήμα 1 Άρθρα κύριας βιβλιογραφικής έρευνας

B'.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

B'.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΑΠΟΦΥΓΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ

Στο Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, το 2007 στο Χονγκ Κονγκ, οι Park, Leslie et al., παρουσίασαν το άρθρο με όνομα «Ontology-Based Fuzzy-CBR Support System for Ship's Collision Avoidance» (Park et al., 2007). Σε αυτό το άρθρο είναι ενδιαφέρον να εξετάσουμε τι ρόλο έχει η οντολογία, σε ένα σύστημα υποστήριξης *συλλογισμού που βασίζεται σε περιπτώσεις* (Case-based Reasoning) στον χώρο του θαλάσσιου τομέα, και συγκεκριμένα στην αποφυγή σύγκρουσης σκαφών.

Το σύστημα που παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την ικανότητα να ανακαλεί παρόμοιες περιπτώσεις πιθανής σύγκρουσης σκαφών, και βάσει αυτών να προτείνει κάθε φορά διαφορετική λύση για την παρούσα περίπτωση την οποία επεξεργάζεται. Αυτές οι προηγούμενες περιπτώσεις είναι αποθηκευμένες σε μία οντολογία τύπου *τομέα* (domain), και με τη χρήση του συστήματος υποστήριξης *συλλογισμού που βασίζεται σε περιπτώσεις*, επιλέγονται αυτές που θα παρέχουν τη βέλτιστη λύση στο πρόβλημα που παρουσιάζεται. Πιο συγκεκριμένα, μια οντολογία τύπου τομέα περιέχει τέσσερα επίπεδα: *τομέα* (domain layer), *κατηγορίας* (category layer), *περίπτωσης* (event layer) και *κλάσης* (class layer) (Lee et al., 2005). Στο άρθρο δεν γίνεται ονομαστική αναφορά στη γλώσσα οντολογίας που χρησιμοποιεί το σύστημα, όμως αναφέρεται ότι βασίζεται σε προηγούμενη οντολογία, που έχει δημιουργήσει και παρουσιάζει ένας από τους συγγραφείς του άρθρου, Chang-Shing Lee.

B'.2.2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΙΘΑΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΤΟΜΕΑ

Το άρθρο με τίτλο «Modeling a Probabilistic Ontology for Maritime Domain Awareness», συντάχθηκε από τους Carvalho, Haberman et al., στο πανεπιστήμιο George Mason University, και στην συνέχεια παρουσιάστηκε στο 14th International Conference on Information Fusion το έτος 2011 (R. N. Carvalho et al., 2011). Ως κύριο στόχο έχει την περιγραφή της διαδικασίας ανάπτυξης μιας *πιθανολογικής οντολογίας* (probabilistic ontology), η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση του θαλάσσιου τομέα. Πιο συγκεκριμένα για να υποστηρίξει τη διαδικασία αναγνώρισης της κίνησης ενός πλοίου και να εξετάσει εάν αυτή μπορεί να θεωρηθεί ύποπτη. Η γλώσσα η οποία επιλέχθηκε για την ανάπτυξη της πιθανολογικής οντολογίας είναι η PR-OWL. “Η PR-OWL είναι μια ανοιχτή ερευνητική εργασία που στοχεύει στην επέκταση της γλώσσας OWL, ώστε να μπορεί να αναπαραστήσει πιθανολογικές οντολογίες. Με άλλα λόγια, είναι μια πιθανολογική επέκταση του OWL που παρέχει ένα πλαίσιο για τη σύνταξη πιθανολογικών οντολογιών και βασίζεται στην *Μπεϊζιανή* (Bayesian) λογική πρώτης τάξης που ονομάζεται Multi-Entity Bayesian Networks (MEBN)” (Cesar & da Costa, 2005). Το Bayesian δίκτυο είναι ένα γραφικό μοντέλο πιθανοτικών συμπερασμάτων, που χρησιμοποιείται ευρέως σε τομείς για το χειρισμό αβέβαιης γνώσης (Chang et al., 2015).

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της πιθανολογικής οντολογίας ονομάζεται *Διαδικασία Μοντελοποίησης Αβεβαιότητας* (Uncertainty Modeling Process) για το Σηματολογικό Ιστό. Αυτή η μέθοδος, που παρουσιάστηκε από τους Carvalho et al. (R. Carvalho, Laskey, Costa, Ladeira, Santos, & Matsumoto, 2010), χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση μιας πιθανολογικής οντολογίας με τη χρήση *εύλογου συλλογισμού* (plausible reasoning), και έχει τρία κύρια στάδια: συλλογή απαιτήσεων, ανάλυση και σχεδιασμός, και υλοποίηση. Το στάδιο της συλλογής απαιτήσεων αναλύει και παρουσιάζει τους στόχους που πρέπει να επιτύχει η συλλογιστική διαδικασία. Το στάδιο της ανάλυσης και του σχεδιασμού, περιγράφει τις κατηγορίες των οντοτήτων και τα χαρακτηριστικά τους. Το στάδιο της υλοποίησης, αναπαριστά τον σχεδιασμό του μοντέλου με τη χρήση μιας γλώσσας, που σε αυτή την περίπτωση είναι η PR-OWL.

Αυτά τα τρία στάδια χρησιμοποιήθηκαν σε τρεις επαναλήψεις - κύκλους όπως χαρακτηρίζονται από το άρθρο - ώστε να καταλήξουν στην τελική μορφή της πιθανολογικής οντολογίας. Ο πρώτος κύκλος χρησιμοποιεί ένα απλό μοντέλο για να χαρακτηρίσει εάν ένα πλοίο χρήζει προσοχής. Ο δεύτερος έχει ως στόχο να παρέχει διευκρινίσεις γιατί το πλοίο χαρακτηρίστηκε ως πλοίο ενδιαφέροντος. Ο τρίτος επικεντρώνεται στο εάν κάποιο από τα μέλη του πληρώματος έχει σχέση με κάποια τρομοκρατική οργάνωση. Κάθε κύκλος χρησιμοποιεί μια λίστα από ερωτήσεις για να χαρακτηρίσει τα πλοία, τα οποία μελετάει. Για παράδειγμα, μια ερώτηση του δεύτερου κύκλου είναι εάν το πλοίο χρησιμοποιεί μια ασυνήθιστη πορεία για να καταλήξει στον προορισμό του. Στο τέλος του τρίτου κύκλου η ανάπτυξη του μοντέλου βάσει πιθανολογικής οντολογίας έχει ολοκληρωθεί.

B'.2.3 ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ

Το 2012, στη Γένοβα της Ιταλίας, στο International Conference on System Of System Engineering (IEEE SOSE), οι Arnaud Vandecasteele και Aldo Napoli παρουσίασαν το άρθρο με τίτλο “An Enhanced Spatial Reasoning Ontology for Maritime Anomaly Detection” (Vandecasteele & Napoli, 2012). Καθώς το άρθρο έχει δημοσιευτεί πριν σχεδόν μια

δεκαετία, είναι ενδιαφέρουσα η μελέτη του ώστε να παρατηρήσουμε τα πρώτα βήματα στην εξέλιξη των χωρικών οντολογιών.

Κύριος στόχος της συγκεκριμένης μελέτης είναι η δημιουργία ενός *πρωτοτύπου* (prototype), στο οποίο ειδικοί στον χώρο του *θαλάσσιου τομέα* (maritime domain) θα μπορούν να χαρακτηρίσουν αν η κίνηση ενός σκάφους είναι ανώμαλη ή ασυνήθιστη βάσει σημασιολογικών ιδιοτήτων. Οι χρήστες του συστήματος θα μπορούν να ορίσουν χωρικούς κανόνες, οι οποίοι θα μεταφράζονται απευθείας στην οντολογία του πρωτοτύπου και με τη χρήση ενός χάρτη θα εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το άρθρο παρουσιάζει μία επέκταση των αρχικών ιδιοτήτων της γλώσσας Semantic Web Rule Language (SWRL), με την ενσωμάτωση χωρικών διαδικασιών σε αυτή. Αυτές οι διαδικασίες είναι ενσωματωμένες σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, το οποίο κατευθύνεται από οντολογία.

Η ανάλυση και δημιουργία της οντολογίας ξεκινάει με τη σημασιολογική τροχιά ενός αντικειμένου, η οποία ορίζεται ως η κίνησή του σε ένα χώρο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ως αποτέλεσμα έχουμε μια σειρά από τις κινήσεις που έχει εκτελέσει το σκάφος, οι οποίες ορίζονται στην συγκεκριμένη οντολογία ως fromStop, toStop, inMove, outMove. Το σύστημα χρησιμοποιεί τις παραπάνω σχέσεις ως βάση για τη μελέτη και παρακολούθηση των σκαφών.

Η αρχιτεκτονική του συστήματος βασίζεται στον συνδυασμό τριών *υπό-οντολογιών* (sub-ontology) ή διαφορετικά ενότητων, οι οποίες αποτελούν κομμάτια μιας μεγαλύτερης οντολογίας. Ως σύνολο, σύμφωνα με τους Yan και Zhixian (Yan, 2011), αντιπροσωπεύουν τις *οντολογίες τροχιάς* (trajectory ontologies). Αυτές οι ενότητες είναι: *γεωμετρικής τροχιάς* (geometric trajectory), *γεωγραφικής θέσης* (geography) και *τομέα εφαρμογής* (application-domain). Ο συνδυασμός αυτών των τριών παρέχει στο σύστημα την απαραίτητη υποδομή για την περιγραφή της τροχιάς των σκαφών. Το όφελος από τον διαχωρισμό της οντολογίας σε υπό-ενότητες, και όχι η χρήση της ως μία ενιαία οντολογία που καλύπτει όλους τους τομείς, είναι η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού, αλλά και η ευκολία συντήρησής της.

Η λειτουργία του συστήματος έχει τέσσερα στάδια. Αρχικά ενημερώνονται οι βάσεις δεδομένων με νέες πληροφορίες και έπειτα οι πληροφορίες αυτές προστίθενται στην οντολογία. Στη συνέχεια, το σύστημα χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά κάθε σκάφους που μελετάει και λαμβάνει υπόψη τις νέες πληροφορίες και τους κανόνες που ορίστηκαν προηγουμένως. Τέλος, εμφανίζει τα αποτελέσματα του συμπεράσματος που έβγαλε, απεικονίζοντας τα σε ένα χάρτη. Για την ενημέρωση των οντολογιών με τα νέα δεδομένα, κυρίως στο πρώτο βήμα, γίνεται χρήση της βιβλιοθήκης της Java OWL-API, ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η ενσωμάτωση των στατικών και δυναμικών δεδομένων στις οντολογίες. Έπειτα γίνεται ενσωμάτωση των οντολογιών σε μια συλλογιστική μηχανή με χρήση του εργαλείου Pellet, το οποίο, σύμφωνα με το άρθρο, εκείνη τη χρονική περίοδο, ήταν το μόνο εργαλείο που επέτρεπε την προσθήκη νέων ενσωματωμένων λειτουργιών και τη δημιουργία προσαρμοσμένων κανόνων για την γλώσσα SWRL. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως αυτός ο περιορισμός είναι αποτέλεσμα της επιλογής της χρήσης του διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών Apache Jena. Το Apache Jena είναι ένα *πλαίσιο* (framework) Java, ανοιχτού κώδικα για τη δημιουργία εφαρμογών σημασιολογικού ιστού (Apache Software Foundation, 2011). Σύμφωνα με μελλοντικές έρευνες, στις οποίες συγκρίνουν οντολογικά εργαλεία (Khamparia & Pandey, 2017), (Abburu, 2012), το εργαλείο

Pellet είναι το μόνο που επιτρέπει την πλήρη ενσωμάτωση προσαρμοσμένων κανόνων στο πλαίσιο Jena.

Για το πειραματικό στάδιο του συστήματος έγινε συλλογή 360.000 συντεταγμένων σκαφών από το Automatic Identification System (AIS), το Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισεως του Διεθνούς Οργανισμού Ναυσιπλοΐας (International Maritime Organization). Στόχος της ανάλυσης αυτών των δεδομένων είναι η καταγραφή σκαφών με ανώμαλη συμπεριφορά. Δύο ήταν οι κύριοι κανόνες που τέθηκαν στα σκάφη. Πρώτον, η μέγιστη ταχύτητα που επιτρέπεται να έχει το συγκεκριμένου τύπου σκάφος και δεύτερον, η γεωγραφική θέση που βρίσκεται, καθώς υπήρχαν απαγορευμένες περιοχές. Για την επιβεβαίωση της λειτουργίας του συστήματος δίνονται δύο παραδείγματα σκαφών, τα οποία, σύμφωνα με τους κανόνες που τέθηκαν, είχαν ανώμαλη συμπεριφορά κίνησης.

Στον επίλογο του άρθρου γίνεται αναφορά από τους συγγραφείς ότι το σύστημα ήταν σε αρχικό στάδιο και είχε ως στόχο να είναι εύκολο στη χρήση, ώστε οι ειδικοί στον χώρο του θαλάσσιου τομέα, να μπορούν με ευκολία να δηλώσουν χωρικούς κανόνες κίνησης για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος.

B'.2.4 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Το έργο «EMSec (Echtzeitdienste für die Maritime Sicherheit)» (*EMSec – Maritime Security - DLR Portal*, n.d.), παρέχει υπηρεσίες ασφάλειας θαλάσσιου τομέα σε πραγματικό χρόνο, χρηματοδοτείτο το 2016 από το Γερμανικό Υπουργείο Παιδείας και Έρευνας, και έχει ως στόχο να υποστηρίξει τη θαλάσσια ασφάλεια βελτιώνοντας τη διαθεσιμότητα και προσβασιμότητα των δεδομένων και των πληροφοριών από διαφορετικές πηγές. Βασικό εξάρτημα του έργου αυτού είναι το *σύστημα επίγνωσης θαλάσσιας κατάστασης πραγματικού χρόνου* (Real-time Maritime Situation Awareness System, RMSAS), το οποίο έχει αναπτυχθεί με σκοπό τον συνδυασμό και την ανάλυση διαφορετικών τύπου δεδομένων από ανεξάρτητες πηγές. Το άρθρο που θα μελετήσουμε, με όνομα «Ontology-based Data Access for Maritime Security» (Brüggemann et al., 2016) και συγγραφείς τους Brüggemann, Bereta, Xiao και Koubarakis, επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση και ανάλυση δεδομένων που εκτελεί το RMSAS για τις κινήσεις και τροχιές των σκαφών σε αυτό.

Το σύστημα RMSAS έχει ως στόχο να παρέχει επίγνωση του θαλάσσιου τομέα στον τελικό χρήστη του συστήματος, αλλά και τη δυνατότητα να διαχειρίζεται καταστάσεις ανάγκης με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Για να πετύχει τον στόχο του, το σύστημα χρησιμοποιεί μεθόδους και εργαλεία του Σημασιολογικού Ιστού, έχει δηλαδή μια προσέγγιση που βασίζεται στην τεχνολογία των οντολογιών. Το *εννοιολογικό στρώμα* (conceptual layer), μοντελοποιήθηκε με τη χρήση της OWL γλώσσας, και συγκεκριμένα την OWL 2 QL. Στο συγκεκριμένο άρθρο γίνεται αναφορά μόνο μίας από της οντολογίες που περιέχονται στο σύστημα. Η *οντολογία κίνησης* (movement ontology) ορίζει τις απαραίτητες δομές για τη μοντελοποίηση της κίνησης των σκαφών, επιτρέπει δηλαδή να γνωρίζουμε πότε το σκάφος βρίσκεται σε κίνηση και πότε σε στάθμευση. Κάθε σκάφος καθορίζεται από τα δεδομένα θέσης του, τις *τροχιές* (trajectories)

δηλαδή που έχει εκτελέσει, οι οποίες μας επιτρέπουν να μελετήσουμε και το ιστορικό κινήσεων του.

Με σκοπό να δομηθούν τα δεδομένα σχέσεων στην οντολογία του RMSAS συστήματος, γίνεται χρήση του εργαλείου Ontop. Στα συστήματα που γίνεται χρήση του εργαλείου Ontop, “υπάρχουν δύο βασικά στοιχεία, μια οντολογία που μοντελοποιεί τον τομέα εφαρμογής χρησιμοποιώντας ένα κοινό λεξιλόγιο και οι αντιστοιχίσεις οι οποίες συνδέουν τους οντολογικούς όρους με τα σχήματα των υποκείμενων πηγών δεδομένων”(Κάλου & Λυκοθανάσης, 2018). Στην συγκεκριμένη περίπτωση το εργαλείο απαντάει στα ερωτήματα που του θέτονται με τη χρήση της SPARQL γλώσσας, μετατρέποντας τα σε ερωτήματα SQL προς την βάση δεδομένων. Αυτή η μέθοδος ευνοεί τελικούς χρήστες οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με την κωδικοποίηση των δεδομένων, ή δεν διαθέτουν την απαραίτητη τεχνική γνώση για να κατανοήσουν την δομή και λειτουργία των βάσεων δεδομένων. Επομένως μπορούν να διατυπώσουν ερωτήματα με μεγαλύτερη ευκολία (Κάλου & Λυκοθανάσης, 2018).

Για τη γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του συστήματος γίνεται χρήση του εργαλείου Sextant, δηλαδή μίας πλατφόρμας που έχει τη δυνατότητα να αναπαραστήσει γεωχωρικά δεδομένα, καθώς και του εργαλείου GeoSPARQL.

B'.2.5 ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ BAYESIAN ΔΙΚΤΥΟΥ

Το άρθρο με τίτλο «Semantic Modelling of Ship Behavior in Harbor Based on Ontology and Dynamic Bayesian Network», συντάχθηκε από τους Yuanqiao et al., και δημοσιεύθηκε το έτος 2019 (Wen et al., 2019). Ως στόχο έχει την δημιουργία ενός συστήματος με το όνομα *Σημασιολογικό Μοντέλο Συμπεριφοράς Πλοίου* (Semantic Model of Ship Behavior), το οποίο θα έχει τη δυνατότητα να μελετήσει και να αιτιολογήσει τη συμπεριφορά των σκαφών. Το άρθρο εξηγεί ότι τα περισσότερα παρόμοια μοντέλα μελέτης και αξιολόγησης της κίνησης των σκαφών, δίνουν έμφαση στην ανάλυση δεδομένων και όχι στη σημασιολογική συμπεριφορά. Παρουσιάζεται ένας διαφορετικός τρόπος προσέγγισης βασισμένος σε ένα σημασιολογικό δίκτυο, στο οποίο οι σημασιολογικές έννοιες εκφράζονται με τη χρήση μιας οντολογίας.

Το σημασιολογικό δίκτυο παρέχει τη δυνατότητα αναπαράστασης γνώσης ως μία απεικόνιση, η οποία διαθέτει *κόμβους* (nodes) και *τόξα* (arcs). Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι κόμβοι είναι οι κλάσεις της οντολογίας και τα τόξα είναι οι ιδιότητες. Το δίκτυο δημιουργήθηκε με τη χρήση της *διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών* (API) OWL, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας και χειρισμού οντολογιών. Ως γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιήθηκε η Java. Οι συγγραφείς έθεσαν ως στόχους για το τελικό δίκτυο τη σαφή αναπαράσταση των ναυτιλιακών εννοιών, αλλά και των σχέσεων μεταξύ τους, την αποθήκευση παλαιών συμπεριφορών με σκοπό τον συλλογισμό και την εξέταση νέων περιπτώσεων, και τέλος την παροχή μιας συλλογιστικής μεθόδου, η οποία να μπορεί να προβλέψει πιθανές συμπεριφορές.

Ένα από τα χαρακτηριστικά του παραπάνω μοντέλου είναι ότι δεν χρησιμοποιεί κάποιον από τους συνήθεις *συλλογιστές* (reasoners), που βασίζονται σε λογικούς συλλογισμούς για τον

έλεγχο ασυνέπειας μιας οντολογίας, στη συγκεκριμένη περίπτωση την κίνηση του σκάφους. Αντιθέτως γίνεται χρήση ενός *δυναμικού Bayesian δικτύου* (dynamic Bayesian network) για να αιτιολογηθεί η συμπεριφορά του σκάφους. Το δίκτυο αυτό παρέχει ένα αποτέλεσμα που το καθιστά πιο συγκεκριμένο και ακριβές από αυτό της συλλογιστικής λογικής. Το σημασιολογικό δίκτυο το οποίο είναι βασισμένο το σύστημα, και το δίκτυο Bayesian που χρησιμοποιείται για τον συλλογισμό των αποτελεσμάτων, διαθέτουν παρόμοια αρχιτεκτονική, με αποτέλεσμα η ενσωμάτωσή τους να είναι ευκολότερη.

Το τελικό μοντέλο δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να θέσει ερωτήματα στο σημασιολογικό δίκτυο με χρήση της γλώσσας ερωτημάτων SPARQL, η οποία μπορεί να ανακτήσει και να χειριστεί δεδομένα αποθηκευμένα σε RDF μορφή. Οι ερωτήσεις που τίθενται έχουν ως σκοπό να αναζητήσουν σκάφη με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σε μια χρονική στιγμή, για παράδειγμα, “επίλεξε τα σκάφη στα οποία η ταχύτητα είναι μηδενική και η θέση τους είναι εκτός λιμανιού”. Υπάρχουν ερωτήματα που έχουν τεθεί ήδη στο σύστημα και χρησιμοποιούνται ως μηχανισμοί προειδοποίησης, τα αποτελέσματα των οποίων εμφανίζονται στον χρήστη μόνο σε περίπτωση ανάγκης. Η σημασιολογική πληροφορία μπορεί να εκφραστεί και σε φυσική γλώσσα, έτσι ώστε χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με το μοντέλο ή με τον σημασιολογικό ιστό να μπορούν να κατανοήσουν το μήνυμα.

Το παραπάνω μοντέλο, σύμφωνα με τους συγγραφείς, διαθέτει όλες τις απαραίτητες σημασιολογικές πληροφορίες για τα δεδομένα τροχιάς ενός σκάφους στον θαλάσσιο τομέα, μετατρέποντας το σε ένα έξυπνο αυτόνομο σύστημα παρακολούθησης και ανάλυσης της κυκλοφορίας σκαφών.

B'.2.6 ΕΞΟΡΥΞΗ ΟΡΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΩΝ ΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Το άρθρο με τίτλο «Corpus Based Information Extraction Approach for Marine Ontology Development», παρουσιάστηκε στο 15th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), από τους Strinyuk, Scherbakova και Lanin, το έτος 2021 (Strinyuk et al., 2021). Παρουσιάζει μια ενδιαφέρουσα και διαφορετική, από τα υπόλοιπα άρθρα της εργασίας, χρήση οντολογίας στον χώρο του θαλάσσιου τομέα. Πιο συγκεκριμένα, η οντολογία θα κατασκευαστεί βάσει ορισμών που αντλήθηκαν από κείμενα συμβάσεων του Διεθνή Οργανισμού Ναυσιπλοΐας (International Maritime Organization, IMO), χρησιμοποιώντας μια σημασιολογική προσέγγιση για την επεξεργασία κειμένου. Η οντολογία θα χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς, αλλά και *ευφυή επεξεργασία εγγράφων* (intelligent processing of documents).

Η μεγαλύτερη προσοχή στη συγκεκριμένη έρευνα, δόθηκε στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης της οντολογίας, το οποίο είναι αναγνώριση των κλάσεων της οντολογίας, δηλαδή των εννοιών που θα χρησιμοποιηθούν. Στόχος είναι να αυτοματοποιηθεί το στάδιο αυτό κάνοντας την υπόθεση ότι οι ορισμοί αυτοί μπορούν να εξαχθούν από κείμενα του εξεταζόμενου τομέα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το σύνολο των εγγράφων που χρησιμοποιήθηκαν είναι κείμενα συμβάσεων του IMO, τα οποία περιλαμβάνουν σαφείς ορισμούς ναυτικών εννοιών. Ως αποτέλεσμα, αυτό τα καθιστά ιδανικά για την εξαγωγή εννοιών της οντολογίας. Η ανάκτηση

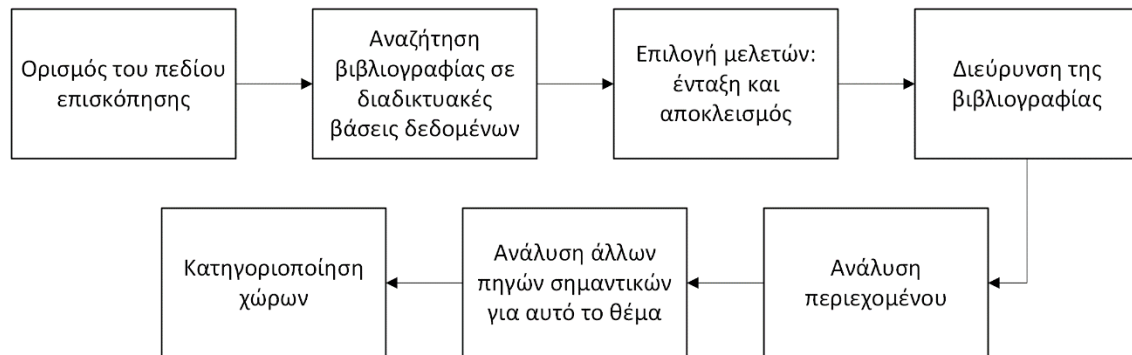
πληροφοριών από τα κείμενα έγινε με τρεις μεθόδους, βάσει *κανόνων* (ruled-based), βάσει *μηχανικής μάθησης* (machine learning-based) και *υβριδική μέθοδο* (hybrid), στην οποία συνδυάζονται οι προηγούμενες δύο μέθοδοι.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη την οντολογίας είναι αυτή που παρουσιάζεται από τους Noy & McGuinness (Noy & McGuinness, 2001), που θεωρείται η κοινώς χρησιμοποιούμενη προσέγγιση σύμφωνα με το άρθρο. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του συστήματος ονομάζεται GATE (General Architecture for Text Engineering), το οποίο είναι μια σουίτα εργαλείων της Java για επεξεργασία φυσικής γλώσσας και ανάκτηση πληροφοριών. Ως γλώσσα κώδικα χρησιμοποιήθηκε η JAPE (Java Annotation Patterns Engine), η οποία δεν είναι γλώσσα οντολογίας, αλλά ένας μετατροπέας που επιτρέπει στο λογισμικό GATE να υποστηρίξει οντολογίες. Στο σύνολο έγινε εξαγωγή τριακοσίων διαφορετικών ορισμών από τα κείμενα τα συμβάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ' ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Γ'.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο σκοπός μας είναι, μέσω της σύγκρισης των διαφορετικών μοντέλων, της παρουσίασης μειονεκτημάτων και πλεονεκτημάτων κάθε εργαλείου και οντολογίας, να απαντήσουμε στο κύριο ερώτημα της βιβλιογραφικής μας εργασίας. Υπάρχει συχνή χρήση συγκεκριμένων εργαλείων και μοντέλων τα οποία να βελτιστοποιούν την απόδοση των συστημάτων στον θαλάσσιο τομέα; Υπάρχουν μοτίβα, βασισμένα σε οντολογίες που χρησιμοποιούνται περισσότερο την τελευταία δεκαετία και ταιριάζουν στις ανάγκες που εμφανίζει ο τομέας της θαλάσσιας κυκλοφορίας, και αν ναι είναι σημαντική η μελέτη και εξέλιξη τους; Για να εντοπίσουμε τους παράγοντες και τα μοντέλα που βελτιστοποιούν, αλλά και εμποδίζουν, τις εφαρμογές στον θαλάσσιο τομέα, διεξάγουμε μια ολοκληρωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Η μεθοδολογία έρευνας προσαρμόστηκε εν μέρει από τον (Dreyer et al., 2019), όπου στο παρακάτω σχεδιάγραμμα, παρουσιάζονται τα επτά βασικά βήματα της ερευνάς μας.



Σχήμα 2. Βήματα μεθοδολογίας (Dreyer et al., 2019).

Η έρευνα διεξάχθηκε με την χρήση διαφορετικών ερευνητικών βάσεων δεδομένων, οι οποίες είναι: IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, Elsevier, καθώς και την χρήση του Google Scholar αναζητώντας ακαδημαϊκά άρθρα βάση συγκεκριμένων λέξεων και ορισμών. Οι αναζητήσεις έγιναν με λέξεις κλειδιά όπως “ontology-based”, “maritime”, “abnormal behavior” και άλλων λέξεων σχετικών με το πεδίο ενδιαφέροντος. Βάσει των κριτηρίων που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο Β'.1, επιλέξαμε τα πιο σχετικά άρθρα, ώστε να έχουμε μία αντιπροσωπευτική εικόνα της εφαρμογής οντολογιών στον θαλάσσιο τομέα. Λόγω έλλειψης επιστημονικών άρθρων που ασχολούνται με την εφαρμογή οντολογιών στον θαλάσσιο τομέα, καταλήξαμε σε έναν μικρό αριθμό άρθρων προς ανάλυση.

Για τον εντοπισμό των παραγόντων επιτυχίας των μοντέλων, χωρίσαμε την ανάλυση μας σε δεκατρείς διαφορετικές προσεγγίσεις, οι οποίες μας επιτρέπουν να συγκρίνουμε τα διαφορετικά μοντέλα από το πρίσμα των οντολογιών που χρησιμοποιούν, αλλά και από επιπλέον χαρακτηριστικά τα οποία μας δίνουν μια γενικότερη εικόνα των εσωτερικών λειτουργιών του κάθε μοντέλου. Αυτές οι προσεγγίσεις είναι: η κύρια δραστηριότητα του κάθε μοντέλου και ποιος είναι ο απώτερος σκοπός, η ταυτοποίηση που χρησιμοποιεί το μοντέλο για να χαρακτηρίσει

το σκάφος ή την ενέργεια που μελετά, ο έλεγχος προηγούμενων υποθέσεων βάσει των οποίων θα βγάλει το πόρισμα για τις νέες περιπτώσιολογικές μελέτες, ο σκοπός και ρόλος της οντολογίας στο μοντέλο, μεταβλητές που χρησιμοποιεί η οντολογία για της ανάγκες λειτουργίας της, χαρακτηριστικά της οντολογίας, εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο καθώς και γλώσσες προγραμματισμού, με ποιον τρόπο αιτιολογεί το μοντέλο το πόρισμα που έβγαλε, με ποιον τρόπο χρησιμοποιεί ανάπτυξη ερωτημάτων για την πιο ομαλή λειτουργία του μοντέλου ώστε να είναι πιο εύκολο στη χρήση από μη εμπείρους του χώρου, ο τρόπος που εμφανίζει τα αποτελέσματα, το κοινό το οποίο έχει ως στόχο (target group), μελλοντικές έρευνες και λειτουργίες που προτείνονται.

Οι παράγοντες που εντοπίστηκαν, μελετήθηκαν περαιτέρω με σκοπό των εντοπισμό μειονεκτημάτων και πλεονεκτημάτων, που μπορεί να μην ήταν εμφανή στα άρθρα των συστημάτων. Με λέξεις κλειδιά όπως “ontology tools”, “ontology survey”, αναζητήσαμε αναφορές που εμβαθύνουν στην λειτουργία των οντολογικών συστημάτων, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση τους. Η περεταίρω βιβλιογραφική μελέτη, μας βοήθησε να αναγνωρίσουμε τα βασικά στάδια στην ανάπτυξη του συστήματος οντολογίας, τα οποία παρουσιάζονται στο Σχήμα 2,3 και 4. Στο κεφάλαιο Γ'.2, παρουσιάζονται αυτά βήματα αλλά και βασικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την βέλτιστη απόδοση του συστήματος.

Γ'.1.1 ΚΥΡΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Σε αυτή την ενότητα, θα εμβαθύνουμε στις βασικές δραστηριότητες και στόχους των έξι θαλάσσιων συστημάτων που χρησιμοποιούν οντοlogίες. Η κατανόηση των κύριων δραστηριοτήτων αυτών των συστημάτων θα παράσχει μια σταθερή βάση για την ανάλυσή μας και θα μας βοηθήσει να εντοπίσουμε τα συγκεκριμένα προβλήματα που αντιμετωπίζουν για την πρόληψη ή τον εντοπισμό ανώμαλης συμπεριφοράς στα πλοία. Θα διερευνήσουμε πώς η τεχνολογία οντοlogίας βοηθά αυτά τα συστήματα στην επίτευξη των στόχων τους και τα μοναδικά πλεονεκτήματα που προσφέρει σε σύγκριση με άλλες προσεγγίσεις. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να αναπτύξουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα του τρόπου με τον οποίο οι οντοlogίες ενσωματώνονται στα ναυτιλιακά συστήματα και τον αντίκτυπο που έχουν στη συνολική αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων.

Στο άρθρο των Park et al. (2007), η κύρια δραστηριότητα είναι η αποφυγή σύγκρουσης. Τεχνολογίες από οντοlogικά μοντέλα με τις οποίες έχουν δουλέψει στο παρελθόν οι συγγραφείς, έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στη μελέτη αποφυγής σύγκρουσης πλοίων. Παρουσιάζεται η ευκαιρία χρήσης μαθηματικών μοντέλων για την ασφαλή μετακίνηση στον θαλάσσιο τομέα. Για παράδειγμα, η δυνατότητα εξόρυξης παρελθοντικών σεναρίων, μπορεί να βοηθήσει άπειρους αξιωματικούς στην κατάληξη ορθών πορισμάτων.

Το σύστημα της εργασίας (R. N. Carvalho et al., 2011), κατασκευάστηκε με γνώμονα την υποστήριξη αναγνώρισης σκαφών που εκτελούν καχύποπτες ενέργειες. Κύρια λειτουργία του είναι να προσφέρει αιτιολόγηση ως προς τον λόγο χαρακτηρισμού του σκάφους, αλλά και επίσης να μελετήσει αν το πλήρωμα συμβάλει στην εκτέλεση των καχύποπτων ενεργειών. Στο κείμενο επισημαίνεται πως στον τομέα της θαλάσσιας επίγνωσης, είναι απαραίτητη η συλλογή και ανάλυση πληροφοριών από πολλές και διαφορετικές πηγές. Προτείνεται πως μπορεί να

χρησιμοποιηθεί η χρήση της τεχνολογίας που προσφέρει η πιθανολογική οντολογία για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης.

Ο κύριος στόχος του συστήματος που αναπτύχθηκε στην εργασία (Vandecasteele & Napoli, 2012) είναι η ανίχνευση καχύποπτων ενεργειών στον θαλάσσιο τομέα, χρησιμοποιώντας μια *οντολογία χωρικής λογικής* (spatial reasoning ontology). Το σύστημα στοχεύει στην βελτίωση της ακρίβειας και της αποτελεσματικής ανίχνευσης ανωμαλιών, ενσωματώνοντας δεδομένα από διαφορετικές πηγές στο σύστημα. Επίσης επιτρέπει τον ορισμό σημασιολογικών κανόνων, τους οποίους λαμβάνει υπόψη κατά την ταυτοποίηση ανωμαλιών.

Η κύρια δραστηριότητα του συστήματος στο άρθρο (Brüggemann et al., 2016), προέκυψε από την ανάγκη για τον συνδυασμό αλλά και την ανάλυση, στατικών και δυναμικών δεδομένων του θαλάσσιου τομέα. Ως στόχο έχει να αυξήσει την ποιότητα και να βελτιώσει την διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων. Αυτό το επιτυγχάνει με τον συνδυασμό ετερογενών δεδομένων, για να χαρακτηρίσει τη συμπεριφορά του σκάφους καχύποπτη ή όχι. Βασική έμφαση στο άρθρο έχει δοθεί στο πως καταφέρνει το σύστημα να συνδυάσει τα διαφορετικά δεδομένα, να τα παρουσιάσει με σαφή και ευνόητο τρόπο στον τελικό χρήστη. Ενέργειες όπως η ενσωμάτωση, ο εμπλουτισμός και η εναρμόνιση των δεδομένων, λαμβάνουν σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του συστήματος.

Ο κύριος στόχος του συστήματος που αναπτύχθηκε στο άρθρο (Wen et al., 2019), είναι να κατανοήσει καλύτερα και να προβλέψει πώς κινούνται και συμπεριφέρονται τα πλοία στα λιμάνια. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία των οντολογιών και του δυναμικού δικτύου Bayes στην κατασκευή του. Η οντολογία βοηθά στην περιγραφή και την οργάνωση διαφορετικών παραγόντων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του πλοίου, ενώ το δυναμικό δίκτυο Bayes, βοηθάει στην πρόβλεψη του τρόπου με τον οποίο αυτοί οι παράγοντες αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Συνδυάζοντας αυτές τις δύο τεχνικές, οι ερευνητές ανέπτυξαν ένα σύστημα που μπορεί να βοηθήσει τους λιμενικούς διαχειριστές και τους εμπειρογνώμονες σε θέματα ασφάλειας στη θάλασσα, να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις με σκοπό την ασφαλή πλοήγηση πλοίων στα λιμάνια.

Ο κύριος στόχος του συστήματος που αναπτύσσεται στο άρθρο (Strinyuk et al., 2021), είναι η δημιουργία ενός εργαλείου που διευκολύνει το πρώτο στάδιο κατασκευής μιας οντολογίας, δηλαδή την εύρεση και κατανόηση σημαντικών ορισμών από ναυτιλιακά έγγραφα. Εξάγοντας βασικές πληροφορίες από οργανωμένες ή μη πηγές, όπως έγγραφα του Διεθνή Οργανισμού Ναυσιπλοΐας, το σύστημα βοηθά τους επαγγελματίες του τομέα να βρίσκουν χρήσιμες πληροφορίες πιο αποτελεσματικά. Οι σημαντικοί ορισμοί που εξάγονται από τα έγγραφα θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μιας θαλάσσιας οντολογίας, η οποία θα βοηθήσει στην αποτελεσματική επεξεργασία εγγράφων αλλά και στη ναυτιλιακή διδασκαλία. Κύρια έμφαση έχει δοθεί στην διευκόλυνση του πρώτου βήματος στην κατασκευή μιας οντολογίας. Οι ορισμοί που εξάγονται από τα ναυτιλιακά έγγραφα λαμβάνουν τον ρόλο των κλάσεων και των σχέσεων που θα απαρτίζουν την οντολογία.

Σύμφωνα με την Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, *“Επίγνωση της κατάστασης στη θάλασσα είναι η ουσιαστική κατανόηση της δραστηριότητας που συνδέεται με τον θαλάσσιο*

τομέα και θα μπορούσε να έχει επίπτωση στην προστασία, την ασφάλεια, την οικονομία ή το περιβάλλον της [...]”(ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ, 2019). Έχοντας υπόψη αυτόν τον ορισμό, μπορούμε να θεωρήσουμε οποιαδήποτε κύρια δραστηριότητα έχει θετική επίπτωση στην προστασία, την ασφάλεια, την οικονομία και το περιβάλλον του θαλάσσιου τομέα, ως σωστή κατεύθυνση για την ανάπτυξη ενός συστήματος θαλάσσιας κυκλοφορίας. Όλα τα συστήματα που μελετήσαμε παραπάνω, το κάθε ένα σε διαφορετικό βαθμό, έχουν άμεση είτε έμμεση θετική συνεισφορά στην επίγνωση της κατάστασης στην θάλασσα. Για αυτό το λόγο δεν μπορούμε να θεωρήσουμε κάποια κύρια δραστηριότητα ως λιγότερο σημαντική για την θαλάσσια κυκλοφορία.

Γ'.1.2 ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ

Αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθεί στις μεθόδους που χρησιμοποιεί κάθε σύστημα για να αναγνωρίσει και να χαρακτηρίσει τα πλοία και τις δράσεις τους. Θα εξετάσουμε τις διάφορες τεχνικές αναγνώρισης που χρησιμοποιούνται και θα αξιολογήσουμε πώς συμβάλλουν στην αποτελεσματικότητα των συστημάτων στον εντοπισμό ανώμαλης συμπεριφοράς. Η ανάλυση της διαδικασίας αναγνώρισης θα μας επιτρέψει να κατανοήσουμε τα μοναδικά χαρακτηριστικά που εξετάζουν αυτά τα συστήματα και πώς οι οντολογίες συμβάλλουν στην αποτελεσματική αναγνώριση. Επιπλέον, θα διερευνήσουμε πώς οι οντολογίες διευκολύνουν την ενοποίηση διαφορετικών πηγών δεδομένων, επιτρέποντας την ακριβή ανίχνευση ανώμαλης συμπεριφοράς και βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση του συστήματος.

Η ταυτοποίηση στο άρθρο των Park et al. (2007), είναι η μέτρηση αποστάσεων μεταξύ σκαφών. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει στο σύστημα να αποθηκεύσει μεταβλητές όπως η απόσταση από το κοντινότερο σημείο καθώς και διανύσματα, όπως η σχετική γραμμή κίνησης του σκάφους. Αφού τις αποθηκεύσουμε μπορούμε έπειτα να τις αναζητήσουμε, ώστε να μελετήσουμε ομοιότητες της παρούσας κατάστασης με παρελθοντικές.

Η ταυτοποίηση ύποπτου σκάφους στο συγκεκριμένο σύστημα (R. N. Carvalho et al., 2011), διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από αυτές που παρουσιάζονται στα υπόλοιπα συστήματα. Δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο βήμα ή ενέργεια που μας επιτρέπει να καταλήξουμε σε συμπέρασμα. Η ταυτοποίηση, καθώς και η αιτιολόγηση, είναι αποτέλεσμα ενός κύκλου μοντελοποίησης, με το οποίο δημιουργήθηκε επίσης και το οντολογικό σύστημα PROGNOS MDA PO. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται χρήση του Uncertainty Modeling Process for Semantic Web (UMP-SW) (R. Carvalho et al., 2010), ένα γενικό πλαίσιο, σχεδιασμένο από τον Rommel N. Carvalho. Αυτό το πλαίσιο χωρίζεται σε τρεις φάσεις κύκλους, οι οποίες, στη συγκεκριμένη περίπτωση, μας επιτρέπουν να αναπτύξουμε την πιθανολογική οντολογία. Η βασική ιδέα είναι να μοντελοποιήσουμε τον σταδιακά τομέα, επιτρέποντας στον σχεδιαστή της οντολογίας να επωφεληθεί από τα αποτελέσματα που αντλήθηκαν κατά τη μοντελοποίηση προηγούμενων κύκλων. Η μάθηση και, κατ' επέκταση, η ταυτοποίηση, προέρχεται από την ανακάλυψη νέων κανόνων, οντοτήτων και σχέσεων που δεν ήταν προφανείς προηγουμένως. Η ταυτοποίηση, λαμβάνει περισσότερη έμφαση στον πρώτο κύκλο μοντελοποίησης, όπου μέσα από μια σειρά ερωτήσεων που καλείται να απαντήσει ο χρήστης, ταυτοποιείται το σκάφος ως επικίνδυνο ή μη. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως ο χρήστης που απαντάει στα ερωτήματα στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι κάποιο μέλος του ναυτικού ή κάποιος έμπειρος χρήστης ναυτιλιακών

συστημάτων. Το άρθρο αναφέρεται στη διαδικασία ανάπτυξης του συστήματος οντολογίας, και όχι σε σενάρια πραγματικής χρήσης. Για περαιτέρω ανάλυση και μελέτη του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του UMP-SW μοντέλου, το κείμενο μας παραπέμπει στο άρθρο UnBBayes (R. Carvalho et al., 2010), όπου παρουσιάζεται το πλαίσιο με περισσότερη λεπτομέρεια.

Το σύστημα του άρθρου (Vandecasteele & Napoli, 2012), χρησιμοποιεί σημασιολογικό συλλογισμό για να ανιχνεύσει πιθανή ανώμαλη συμπεριφορά. Κάνει χρήση μιας οντολογίας για να αναπαραστήσει τη γνώση του τομέα σχετικά με τα πλοία, τα λιμάνια και τις διαδρομές που εκτελούν. Αυτό του επιτρέπει να αναλύσει τις σημασιολογικές σχέσεις μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων και να ανιχνεύσει τυχόν μη φυσιολογικά πρότυπα ή συμπεριφορές. Επίσης, το σύστημα κάνει χρήση χωρικής λογικής. Δηλαδή παρακολουθεί τη θέση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση των πλοίων και καταλήγει σε μία αναμενόμενη συμπεριφορά, βάσει προκαθορισμένων κανόνων που έχουν οριστεί στην οντολογία. Εάν το σύστημα εντοπίσει οποιαδήποτε απόκλιση από την αναμενόμενη συμπεριφορά, χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά ως μη φυσιολογική.

Η ταυτοποίηση καχύποπτης ενέργειας στο άρθρο (Brüggemann et al., 2016), ξεκινάει με την συλλογή δεδομένων. Τα δεδομένα προέρχονται από πηγές οι οποίες έχουν ήδη τα δικά τους συστήματα παρακολούθησης και ταυτοποίησης. Τα συστήματα αυτά βασίζονται στην τηλεπικοινωνία μεταξύ σκαφών (AIS), σε δορυφορικές εικόνες και σε αερομεταφερόμενα συστήματα ραντάρ. Έπειτα η κύρια ταυτοποίηση συμβαίνει με την χρήση SPARQL ερωτημάτων και SWRL κανόνων με γνώμονα την εν δεικτικότητα και την αποτελεσματικότητα. Η ενέργειες των σκαφών ταξινομούνται με την χρήση οντολογιών και μοτίβων κίνησης.

Το σύστημα στο άρθρο (Wen et al., 2019), μας βοηθά να κατανοήσουμε πώς τα πλοία κινούνται και συμπεριφέρονται σε διαφορετικές λιμενικές καταστάσεις, όπως σε θέση αποβάθρας και σε λωρίδες κυκλοφορίας. Αναλύει παράγοντες όπως άλλες ταχύτητας, πορείες στροφής και εάν τα πλοία εισέρχονται ή εξέρχονται από συγκεκριμένες περιοχές. Το σύστημα μπορεί επίσης να ανιχνεύσει εάν ένα πλοίο παρεκκλίνει από την αναμενόμενη διαδρομή του σε μια λωρίδα κυκλοφορίας. Κατανοώντας αυτές τις συμπεριφορές, το σύστημα μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό πλοίων που χρειάζονται περαιτέρω προσοχή ή εξέταση με βάση ασυνήθιστες ενέργειες ή ενέργειες που παραβιάζουν τους κανόνες. Αυτές οι πληροφορίες είναι χρήσιμες για τους διαχειριστές λιμένων και τις αρχές, βοηθώντας τους να λάβουν καλύτερες αποφάσεις και διασφαλίζοντας ένα ασφαλέστερο περιβάλλον για τα πλοία στα λιμάνια.

Στην βιβλιογραφική μελέτη των Riveiro et al. (2018), γίνεται αναφορά πως τα δεδομένα που συλλέγονται για την ταυτοποίηση και την παρακολούθηση των σκαφών, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο απόκτησης τέτοιων δεδομένων. Σε αυτό-αναφορικά δεδομένα, δηλαδή που η μετάδοση τους είναι εθελοντική ή βάση παρατήρησης, δηλαδή με ενεργητικούς ή παθητικούς αισθητήρες (Riveiro et al., 2018). Βασικό ρόλο στην ταυτοποίηση λαμβάνουν και τα μετά-δεδομένα, τα οποία είναι αποθηκευμένα σε λεξικά και βάσεις δεδομένων και μας επιτρέπουν να κατανοήσουμε καλύτερα τα δεδομένα που συλλέγουμε. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει ιδανικός αισθητήρας ή τεχνολογία που να ταιριάζει σε όλες τις εφαρμογές επιτήρησης. Για παράδειγμα, τα δεδομένα που συλλέγονται από συστήματα AIS μπορούν ευκολία να αλλάζουν προκειμένου να αποφευχθεί ο εντοπισμός του σκάφους. Όλα τα

δεδομένα που συλλέγονται έχουν περιορισμούς, ειδικά εάν χρησιμοποιούνται πέρα από τον σκοπό για τον οποίο συλλέγονται. Επιπλέον, κάθε σενάριο ταυτοποίησης έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις που δεν μπορούν να εκπληρωθούν σωστά από κανένα από τα διαθέσιμα συστήματα συλλογής δεδομένων. Ωστόσο, όπως αναφέρεται σε όλα σχεδόν τα συστήματα που μελετάμε, η συγχώνευση δεδομένων από διαφορετικές πηγές, μπορεί να ξεπεράσουν σημαντικά τους περιορισμούς που εμφανίζονται σε διαφορετικά σενάρια. Συστήματα που βασίζονται σε περισσότερες από μια πηγή για την συλλογή των δεδομένων ταυτοποίησης τους, μειώνουν σημαντικά την πιθανότητα λανθασμένης ταυτοποίησης (Riveiro et al., 2018).

Γ'.1.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ

Θα εξετάσουμε πώς τα μοντέλα επαληθεύουν το πόρισμα τους βάση προηγούμενων υποθέσεων και αποτελεσμάτων. Αυτή η ανάλυση θα αποκαλύψει πώς η τεχνολογία οντολογίας βοηθά αυτά τα συστήματα να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και να βελτιώσουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων με την πάροδο του χρόνου, καθιστώντας τα πιο ισχυρά και αποτελεσματικά στην ανίχνευση ανώμαλης συμπεριφοράς. Θα διερευνήσουμε τους συλλογιστικούς μηχανισμούς πίσω από τον έλεγχο υποθέσεων και τον ρόλο που παίζουν οι οντολογίες στην επικύρωση ή τη βελτίωση των μελλοντικών υποθέσεων. Επιπλέον, θα συζητήσουμε πώς αυτή η προσαρμοστικότητα συμβάλλει στη συνολική αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία των εν λόγω θαλάσσιων συστημάτων.

Ο έλεγχος προηγούμενων υποθέσεων στο άρθρο των Park et al. (2007), εκτελείται με την χρήση αποθηκευμένων σεναρίων στην οντολογία. Μόλις εμφανιστεί ένα καινούργιο σενάριο στο σύστημα, αποθηκεύεται στην οντολογία με τη χρήση των μεταβλητών απόστασης που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ταυτόχρονα γίνεται αναζήτηση παλαιών σεναρίων που εμφανίζουν ομοιότητες με αυτό που μόλις αποθηκεύτηκε, με σκοπό την εύρεση βέλτιστης λύσης για την παρούσα κατάσταση.

Στην περίπτωση του συστήματος PROGNOS (R. N. Carvalho et al., 2011), ο έλεγχος προηγούμενων υποθέσεων, συμβαίνει σε όλους τους κύκλους μοντελοποίησης, κάθε φορά σε διαφορετικό βαθμό. Μέσω των απαντήσεων που δίνουν οι έμπειροι χρήστες από τις ερωτήσεις που τους παρουσιάζει το σύστημα, αλλά επίσης και από κανόνες που ορίζει ο σχεδιαστής της οντολογίας στο τέλος του τρίτου και τελευταίου κύκλου. Αυτοί οι κανόνες έχουν αντληθεί από βιβλιογραφική έρευνα που διεξάχθηκε στον τομέα της θαλάσσιας ασφάλειας, και μας δίνουν στατιστικά δεδομένα με σκοπό να βελτιστοποιήσουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος. Ένα παράδειγμα κανόνα είναι: «έρευνες δείχνουν ότι αν ένα μέλος του πληρώματος έχει σχέση με τρομοκράτες, υπάρχει 68% πιθανότητα να έχει φίλο τρομοκράτη»

Το σύστημα (Vandecasteele & Napoli, 2012) έχει αποθηκευμένα παρελθοντικά δεδομένα, τα οποία αναπαριστούν φυσιολογικές διαδρομές που έχουν εκτελέσει πλοία. Χρησιμοποιεί αυτά τα δεδομένα για να συγκρίνει σε πραγματικό χρόνο, αν η συμπεριφορά που εντόπισε είναι φυσιολογική ή όχι. Οποιαδήποτε απόκλιση από την αναμενόμενη συμπεριφορά, έχει ως αποτέλεσμα να την χαρακτηρίσει ως μη φυσιολογική. Οι συγγραφείς χαρακτηρίζουν αυτό το μοντέλο αναγνώρισης ως μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης.

Το σύστημα του άρθρου (Wen et al., 2019), βασίζεται σε θαλάσσιους κανόνες για την πρόληψη συγκρούσεων στη θάλασσα (International Regulations for Preventing Collisions at Sea, COLREGS) και τη διαχείριση της κυκλοφορίας πλοίων (Vessel Traffic Services, VTS). Χρησιμοποιεί την οντολογία για να συμπεριλάβει αυτούς τους κανόνες στο μοντέλο του, οι οποίοι βοηθούν το σύστημα να κατανοήσει πώς διαφορετικοί παράγοντες επηρεάζουν τη συμπεριφορά του πλοίου στα λιμάνια. Στο άρθρο δεν γίνεται αναφορά αν το σύστημα μελετάει προηγούμενες υποθέσεις. Έχοντας όμως αυτούς τους κανόνες ως σημείο αναφοράς, σημαίνει ότι λειτουργεί σύμφωνα με τις καθιερωμένες οδηγίες για την ασφάλεια των πλοίων. Καθώς εμφανίζονται νέες καταστάσεις, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει τους αποθηκευμένους κανόνες στην οντολογία, για να προβλέψει πώς πρέπει να συμπεριφέρονται τα πλοία και να εντοπίσει τυχόν ασυνήθιστες ενέργειες.

Βάση του άρθρου (Riveiro et al., 2018) και των συστημάτων που μελετάμε, ο έλεγχος προηγούμενων υποθέσεων μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες, βάση δεδομένων, βάση κανόνων και υβριδικός. Οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα αναζητούν ανωμαλίες στη θαλάσσια κυκλοφορία, υποθέτοντας ότι οι αποκλίσεις από τα κανονικές πορείες είναι ύποπτες. Αυτές οι μέθοδοι δεν απαιτούν προηγούμενη γνώση ή υποθέσεις σχετικά με τις ανωμαλίες, καθιστώντας τις πιο ευέλικτες. Ωστόσο, μπορεί να παράγουν ψευδώς θετικά και ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα λόγω έλλειψης προηγούμενης γνώσης ή υποθέσεων. Επίσης, απαιτούν σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους και μπορεί να μην είναι κατάλληλοι για εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε κανόνες, αναζητούν προκαθορισμένα μοτίβα στα δεδομένα, όπως οι συγκεκριμένες εξελίξεις τροχιάς. Κανόνες δηλαδή που έχουν οριστεί από κάποιο αρμόδιο με γνώσεις του θαλάσσιου τομέα. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να ανιχνεύσουν με ακρίβεια γνωστές και προκαθορισμένες ανωμαλίες και απαιτούν λιγότερους υπολογιστικούς πόρους από τις προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα. Ωστόσο, ενδέχεται να μην είναι σε θέση να ανιχνεύσουν άγνωστες ή νέες ανωμαλίες και απαιτούν προηγούμενη γνώση και υποθέσεις σχετικά με τις ανωμαλίες. Οι υβριδικές προσεγγίσεις συνδυάζουν τα δυνατά σημεία τόσο των προσεγγίσεων που βασίζονται σε δεδομένα όσο και των προσεγγίσεων που βασίζονται σε κανόνες. Μπορούν να χειριστούν τόσο γνωστές όσο και άγνωστες ανωμαλίες και μπορούν να είναι πιο αποτελεσματικές και ακριβείς. Ωστόσο, μπορεί να είναι πιο περίπλοκες και να απαιτούν περισσότερους πόρους για την εφαρμογή και τη διατήρησή τους.

Η επιλογή της προσέγγισης που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και κατ' επέκταση την ταυτοποίηση, εξαρτάται από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της εφαρμογής. Οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα είναι κατάλληλες για τον εντοπισμό ενός ευρέος φάσματος ανωμαλιών σε μεγάλες ποσότητες δεδομένων, ενώ οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε κανόνες είναι χρήσιμες για τον εντοπισμό γνωστών ανωμαλιών σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Οι υβριδικές προσεγγίσεις μπορεί να είναι απαραίτητες για πολύπλοκα συμβάντα που απαιτούν συνδυασμένη προσέγγιση ή συνδυασμό αρθρωτών μεμονωμένων ανιχνευτών ανωμαλιών.

Γ'.1.4 ΣΚΟΠΟΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Αυτή η ενότητα θα διερευνήσει τους συγκεκριμένους ρόλους και τους σκοπούς των οντολογιών σε κάθε θαλάσσιο σύστημα. Θα συζητήσουμε λεπτομερώς τους λόγους εφαρμογής των οντολογιών και θα αξιολογήσουμε τα μοναδικά πλεονεκτήματα και οφέλη που παρέχουν στα

ναυτιλιακά συστήματα. Εξετάζοντας τους σκοπούς των οντολογιών, θα αποκτήσουμε γνώσεις για την πιθανή συμβολή τους στην πρόληψη ή τον εντοπισμό ανώμαλων συμπεριφορών και θα κατανοήσουμε καλύτερα πώς η τεχνολογία οντολογίας ενισχύει τη συνολική αποτελεσματικότητα και προσαρμοστικότητα των ναυτιλιακών συστημάτων.

Σκοπός της οντολογίας στο άρθρο (Park et al., 2007), είναι η αποθήκευση των μεταβλητών απόστασης και κίνησης, οι οποίες μας επιτρέπουν να καταλάβουμε χαρακτηριστικά όπως η απόσταση μεταξύ σκαφών, αλλά και η τροχιά την οποία ακολουθούν. Επίσης μας επιτρέπει να ανατρέξουμε σε παρελθοντικά σενάρια με σκοπό την καλύτερη μελέτη, αλλά και δημιουργία λύσης για πιθανά νέα σενάρια.

Γίνεται αναφορά στο κείμενο (R. N. Carvalho et al., 2011) ότι τη δεκαετία 2000-2010, η χρήση των *πιθανολογικών γλωσσών πρώτης τάξης* (First-Order Probabilistic Languages), ολοένα και αυξανόταν. Οι γλώσσες αυτές ξεπέρασαν τους γνωστούς περιορισμούς των παραδοσιακών πιθανολογικών γλωσσών και χρησιμοποιήθηκαν σε πολλές εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο, όπως η αναγνώριση αντικειμένων σε εικόνες και η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από έγγραφα. Τονίζεται πως υπήρχε έλλειψη μεθοδολογίας σχετικά με τον τρόπο χρήσης των γλωσσών αυτών για τη δημιουργία εφαρμογών στον πραγματικό κόσμο. Οι συγγραφείς αντιμετώπισαν αυτή την έλλειψη παρουσιάζοντας μια προσέγγιση για τη μοντελοποίηση μιας πιθανολογικής οντολογίας και τη χρήση της για *εύλογο συλλογισμό* (plausible reasoning). Επομένως ο σκοπός της οντολογίας είναι η στήριξη για την ανάπτυξη του μοντέλου αβεβαιότητας.

Η χρήση της οντολογίας στο άρθρο (Vandecasteele & Napoli, 2012), επιτρέπει στο σύστημα να ενσωματώνει δεδομένα από διαφορετικές πηγές και να τα χρησιμοποιήσει για να αιτιολογήσει την συμπεριφορά των πλοίων. Η τεχνολογία οντολογίας χρησιμοποιείται επίσης για την ενίσχυση των χωρικών συλλογιστικών ικανοτήτων του συστήματος. Συνδυάζοντας χωρικό και σημασιολογικό συλλογισμό, το σύστημα μπορεί να ανιχνεύσει με μεγαλύτερη ακρίβεια πιθανή ανώμαλη συμπεριφορά πλοίου και να παρέχει πιο στοχευμένες ειδοποιήσεις στους τελικούς χρήστες.

Ο κύριος σκοπός της οντολογικής προσέγγισης στο άρθρο (Brüggemann et al., 2016), είναι να μοντελοποιεί ο θαλάσσιος τομέας χωρίς να χρειαστεί να κάνουμε υποθέσεις για συγκεκριμένες μορφές δεδομένων ή πηγές. Αυτό επιτρέπει την ενσωμάτωση ετερογενών δεδομένων από διαφορετικές πηγές και τη δημιουργία ενός εργαλείου για την ανάλυση δεδομένων σκαφών. Μια προσέγγιση που βασίζεται στην οντολογία διευκολύνει τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων πραγματικού χρόνου, παρέχοντας την ικανότητα αποθήκευσης για τη ανάλυση των κινήσεων των σκαφών και τον χαρακτηρισμό των τροχιών. Χρησιμοποιώντας τεχνικές πρόσβασης δεδομένων σημασιολογικού ιστού, όπως OWL, R2RML, SPARQL και GeoSPARQL, η αξία των ναυτιλιακών δεδομένων μπορεί να αυξηθεί και να βελτιωθεί η ροή επεξεργασίας δεδομένων. Ο σκοπός της οντολογίας στην συγκεκριμένη εργασία, είναι να διευκολύνει την ενοποίηση, τη διαχείριση και την ανάλυση ετερογενών δεδομένων στον τομέα της θαλάσσιας ασφάλειας.

Η οντολογία που χρησιμοποιείται στο σύστημα του άρθρου (Wen et al., 2019), εστιάζει στη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των πλοίων στα λιμάνια. Ο κύριος σκοπός της είναι να

οργανώσει με δομημένο τρόπο τις γνώσεις και τους κανόνες που σχετίζονται με τη θαλάσσια ναυσιπλοΐα, όπως τους κανόνες για την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα και τους κανόνες κυκλοφορίας πλοίων. Έμφαση δίνεται επίσης στην καταγραφή διαφορετικών πτυχών πλοήγησης εντός του λιμενικού χώρου, όπως οι συνθήκες των πλοίων, οι τοποθεσίες, τα γεγονότα και οι ενέργειες. Εξηγεί τις σχέσεις μεταξύ αυτών των πτυχών και θέτει τους κανόνες που καθοδηγούν τη συμπεριφορά του πλοίου σε μια σαφή, μηχανικά αναγνώσιμη μορφή.

Ο κύριος λόγος για τη χρήση της τεχνολογίας οντολογίας σε αυτό το άρθρο (Strinyuk et al., 2021), είναι η οργάνωση και η διαχείριση των περίπλοκων και συνεχώς μεταβαλλόμενων ναυτιλιακών κανονισμών. Η χρήση της οντολογίας είναι να καταστήσει αυτούς τους κανονισμούς ευανάγνωστους και πιο κατανοητούς για τους αρμόδιους στον τομέα. Αυτό το πετυχαίνει με την σύνταξη και την οργάνωση της όλο ένα και αυξανόμενης βάσης ψηφιακών ναυτιλιακών κανονισμών, η οποία συλλέγει δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως την ευρωπαϊκή, τη διεθνή και την εθνική νομοθεσία. Η τεχνολογία οντολογίας επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση και διαχείριση των ναυτιλιακών κανονισμών, διευκολύνοντας όσους ασχολούνται με τη ναυτιλιακή βιομηχανία να συμμορφώνονται με τους νόμους και να ενημερώνονται για τυχόν αλλαγές.

Ο σκοπός της οντολογίας πρέπει να σχετίζεται με την κύρια δραστηριότητα αλλά και τελικό στόχο του συστήματος που μοντελοποιεί. Η χρήση της τεχνολογίας των οντολογιών παρουσιάζεται σε διάφορους τομείς. Στην συγκεκριμένη περίπτωση μας ενδιαφέρει ο σκοπός της οντολογίας να συμβάλει στην καλύτερη και πιο αποτελεσματική μελέτη της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Πρέπει να κατανοήσουμε τις κύριες ανάγκες που έχει αυτός ο τομέας και τι μπορεί η χρήση οντολογίας να προσφέρει. Σε πρόσφατη έρευνα (Van Westrenen & Baldauf, 2020) γίνεται αναφορά πως στις περισσότερες περιπτώσεις σύγκρουσης υπάρχει έλλειψη επαρκών δεδομένων τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην λήψη αποφάσεων. Στο 60% των περιπτώσεων το ένα από τα δύο σκάφη που συγκρούστηκαν δεν γνώριζε ότι βρισκόταν σε πορεία σύγκρουσης. Παρατηρούμε ότι υπάρχει αυξημένη ανάγκη για οργάνωση της ναυτιλιακής γνώσης καθώς και συστήματα που μπορούν να αναλύσουν σε πραγματικό χρόνο, παρελθοντικά αλλά και νέα δεδομένα από διαφορετικές πηγές. Τονίζεται επίσης πως υπάρχει ανάγκη για έξυπνα συστήματα ειδοποίησης και συναγερμών που συμβάλλουν στην αποτελεσματική αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων (Van Westrenen & Baldauf, 2020). Μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως ο στόχος της οντολογίας θα είναι να αναπαραστήσει την γνώση με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιμετωπίζει τα κύρια προβλήματα στην θαλάσσια κυκλοφορία.

Γ'.1.5 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Θα αναλύσουμε τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται από τις οντολογίες για τις ανάγκες λειτουργίας τους. Θα συζητήσουμε τη σημασία αυτών των μεταβλητών και θα διερευνήσουμε πώς ενσωματώνονται στη συνολική δομή των οντολογιών. Αυτή η εξέταση θα επισημάνει τους κρίσιμους παράγοντες που εξετάζουν οι οντολογίες, οι οποίοι θα μας επιτρέψουν να κατανοήσουμε πώς επεξεργάζονται και αναλύουν δεδομένα για να εντοπίσουν αποτελεσματικά την ανώμαλη συμπεριφορά στα θαλάσσια συστήματα. Επιπλέον, θα αξιολογήσουμε τη σχέση μεταξύ μεταβλητών οντολογίας και άλλων στοιχείων του συστήματος.

Στην οντολογία του άρθρου (Park et al., 2007), περιλαμβάνονται πέντε μεταβλητές ασαφούς λογικής (fuzzy logic). Οι μεταβλητές αυτές αποθηκεύουν δεδομένα απόστασης, χρόνου και μοίρες γωνίας. Χρησιμοποιούνται σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων για να μας δώσουν μια εικόνα, των πιθανών σκαφών που μπορεί να έρθουν σε σύγκρουση με το δικό μας κύριο σκάφος. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεταβλητή *ρίσκο σύγκρουσης* (collision risk, CR) η οποία είναι συνδυασμός της απόστασης και του χρόνου, του κοντινότερου σκάφους από το δικό μας. Δεν γίνεται αναφορά για τον υπολογισμό του χρόνου που απέχει το κοντινότερο σκάφος, μπορούμε όμως να υποθέσουμε ότι είναι μία εκτίμηση βάσει της απόστασης και της ταχύτητας που κινείται το σκάφος, καθώς οι μεταβλητές χαρακτηρίζονται ως ασαφείς.

Ο ορισμός των μεταβλητών της οντολογίας στο άρθρο (R. N. Carvalho et al., 2011), πραγματοποιείται κυρίως στο δεύτερο μέρος της κυκλικής φάσης, δηλαδή στην ανάλυση και σχεδίαση. Το στάδιο της ανάλυσης και σχεδίασης περιγράφει της κλάσεις των οντοτήτων, τα χαρακτηριστικά τους, ποια η μεταξύ τους σχέση και ποιοι κανόνες ισχύουν ανάλογα με τον τομέα εφαρμογής τους. Πολλές από τις μεταβλητές προκύπτουν μέσα από τις ερωτήσεις που τίθενται σε κάθε κύκλο μοντελοποίησης. Λέξεις κλειδιά χρησιμοποιούνται ως έννοιες για να οριστούν στην οντολογία. Έπειτα οι λέξεις κλειδιά ομαδοποιούνται με κάποιο λογικό συλλογισμό. Για παράδειγμα, από την ερώτηση “Does the ship have a terrorist crew member?” προκύπτει η οντότητα “ship” με το χαρακτηριστικό “hasCrewMember”. Σε κάθε κύκλο μοντελοποίησης προστίθενται νέες οντότητες και χαρακτηριστικά ανάλογα με τις ανάγκες του μοντέλου.

Η οντολογία του συστήματος (Vandecasteele & Napoli, 2012), χρησιμοποιεί μεταβλητές όπως “Vessel”, “VesselType”, “Speed”, και “Alert”. Αυτές οι μεταβλητές σχετίζονται μεταξύ τους με ιδιότητες όπως “hasVesselType”, “hasSpeed”, και “hasAlert”. Η οντολογία περιέχει επίσης και δύο ειδών κανόνων, μη χωρικούς και χωρικούς. Οι μη χωρικοί κανόνες γράφονται χρησιμοποιώντας SWRL και συμβάλουν στις συλλογιστικές δυνατότητες της οντολογίας. Για παράδειγμα, ένας μη χωρικός κανόνας μπορεί να ανιχνεύσει ένα σκάφος που κινείται με υπερβολική ταχύτητα για τον τύπο του. Οι χωρικοί κανόνες, από την άλλη πλευρά, εξετάζουν τις χωρικές διαστάσεις του προβλήματος, που σχετίζονται δηλαδή με την γεωγραφική τοποθεσία του σκάφους.

Η οντολογία που παρουσιάζεται στο άρθρο (Brüggemann et al., 2016), περιλαμβάνει διάφορες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την μοντελοποίηση του τομέα της θαλάσσιας ασφάλειας. Αυτές οι μεταβλητές περιλαμβάνουν κλάσεις όπως “Vessel”, “Port”, “Person”, “Cargo”, και “Event”, καθώς και ιδιότητες όπως “hasName”, “hasMMSI”, “hasLatitude”, “hasLongitude”, “hasWeight”, και “hasCargoType”. Η οντολογία περιλαμβάνει επίσης σχέσεις μεταξύ αυτών των μεταβλητών, όπως “belongsTo”, “hasCargo”, “hasCrewMember”, και “hasEventLocation”. Αυτές οι μεταβλητές και σχέσεις σχεδιάστηκαν για να παρέχουν μια δομημένη αναπαράσταση του τομέα της ναυτιλιακής ασφάλειας, επιτρέποντας πιο αποτελεσματική ολοκλήρωση και αναζήτηση δεδομένων. Μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τις παραπάνω μεταβλητές ως τόπου, ιδιότητας και κατάστασης, καθώς αναπαριστούν τους βασικούς ρόλους που έχει το σύστημα, αλλά και την μεταξύ τους σχέση. Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μεταβλητές για την μοντελοποίηση του τομέα της ναυτιλιακής ασφάλειας, οι συγγραφείς

στοχεύουν στην παροχή αποτελεσματικής και στοχευμένης αναζήτησης δεδομένων, επιτρέποντας την αναπαράσταση περίπλοκων σχέσεων μεταξύ διαφορετικών τύπων δεδομένων.

Οι μεταβλητές της οντολογίας (Wen et al., 2019), οργανώνονται σε κατηγορίες που αντιπροσωπεύουν πτυχές της συμπεριφοράς των πλοίων στα λιμάνια. Αυτές οι κλάσεις περιλαμβάνουν "Ship" για το ίδιο το πλοίο, "Place" για την τοποθεσία του πλοίου, "Time" για το χρόνο συμβάντων ή συμπεριφορών, "Type" για την κατηγορία του πλοίου, "State" για βασική συμπεριφορά, "Behavior" για πιθανές ενέργειες, "Trajectory Segment" για τμήματα της τροχιάς του πλοίου και "Trajectory Point" για μεμονωμένα σημεία κατά μήκος της τροχιάς. Αυτές οι κατηγορίες αποτελούν τη βάση της οντολογίας, που της επιτρέπουν να μοντελοποιήσει τις σχέσεις και τους κανόνες που διέπουν τη συμπεριφορά των πλοίων στα λιμάνια.

Το άρθρο (Strinyuk et al., 2021) δεν παρέχει σαφείς λεπτομέρειες σχετικά με συγκεκριμένες μεταβλητές και σχέσεις που εξάγει η οντολογία από τα κείμενα, καθώς αυτό θα διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση. Ωστόσο, αναφέρει τους γενικούς τύπους πληροφοριών που μπορούν να εξαχθούν από μη δομημένα κείμενα φυσικής γλώσσας. Αυτά περιλαμβάνουν οντότητες, χαρακτηριστικά αντικειμένων, σχέσεις μεταξύ αντικειμένων, γεγονότα και όρους θεμάτων. Το εργαλείο μπορεί να εξάγει πληροφορίες όπως ονόματα ανθρώπων, οργανισμών και τοποθεσιών, καθώς και τα χαρακτηριστικά τους όπως θέσεις ή στοιχεία επικοινωνίας. Προσδιορίζει επίσης σχέσεις μεταξύ αυτών των οντοτήτων, όπως αν ένας οργανισμός είναι μέρος ενός άλλου ή αν ένα άτομο αποτελεί παράδειγμα συγκεκριμένου ρόλου. Επιπλέον, η οντολογία εξάγει γεγονότα και λέξεις-κλειδιά που σχετίζονται με ναυτιλιακούς κανονισμούς, καθώς και τυχόν σχόλια ή απόψεις για προϊόντα και υπηρεσίες.

Παρατηρούμε πως όλες οι οντολογίες συλλέγουν δεδομένα που σχετίζονται με την ταυτοποίηση και τον λογισμό του συστήματος. Μεταβλητές που θα τους επιτρέψουν να αναλύσουν με μεγαλύτερη ευκολία την κατάσταση και ενέργεια του σκάφους. Κοινό στοιχείο είναι πως σε όλα τα συστήματα εκτός από την ταχύτητα και την τροχιά του σκάφους, που επιτρέπουν στην ανάλυση της τωρινής κατάστασης, γίνεται δημιουργία και αποθήκευση μεταβλητών που επιτρέπει στο σύστημα να αναλύσει παρελθοντικές ενέργειες του σκάφους και του περιβάλλον του. Δίνεται έμφαση στο πλήρωμα, σε γεωγραφικές περιοχές, σε ναυτιλιακούς κανόνες, με σκοπό το πόρισμα που θα προκύψει να λαμβάνει υπόψη πολλές πτυχές της συμπεριφοράς του σκάφους. Στα συστήματα που αναλύουμε παρατηρείται πως με την πάροδο του χρόνου, τα νεότερα συστήματα οδεύουν στην συλλογή διαφορετικών δεδομένων. Η συλλογή ετερογενών δεδομένων μπορεί να συμβάλει στην δημιουργία ενός συστήματος μηχανικής μάθησης το οποίο θα είναι σε θέση να προβλέψει πιθανές συγκρούσεις και κακόβουλες ενέργειες, πριν αυτές συμβούν.

Γ'.1.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα συζητήσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των οντολογιών που χρησιμοποιούνται σε κάθε σύστημα. Η κατανόηση αυτών των χαρακτηριστικών θα μας βοηθήσει να εκτιμήσουμε τον αντίκτυπο της οντολογίας στη συνολική απόδοση των ναυτιλιακών συστημάτων και πώς συμβάλλει στην πρόληψη ή τον εντοπισμό ανώμαλης συμπεριφοράς. Θα

εξετάσουμε επίσης τις πιθανές προκλήσεις και τους περιορισμούς των οντολογιών και τις επιπτώσεις τους στην απόδοση του συστήματος.

Παρόλο που το σύστημα που μελετάτε στο άρθρο (Park et al., 2007), παρουσιάζεται ως βασισμένο σε οντολογία, η συγκεκριμένη οντολογία λαμβάνει ένα μικρό ρόλο στην συνολική λειτουργία του συστήματος. Βάσει του διαγράμματος που παρουσιάζεται στο άρθρο, η χρήση της γίνεται μία φορά σε κάθε σενάριο, με κύρια λειτουργία την εξόρυξη παρόμοιων καταστάσεων.

Η πιθανολογική οντολογία που παρουσιάζεται στο άρθρο (R. N. Carvalho et al., 2011) χρησιμοποιεί μία λογική που βασίζεται κυρίως στην PR-OWL γλώσσα. Σε αυτή τη λογική σχεδίασης ο κόσμος αναπαρίσταται αποτελούμενος από οντότητες που έχουν χαρακτηριστικά, τα οποία σχετίζονται και με άλλες οντότητες. Η γνώση σχετικά με τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων και τις σχέσεις τους μεταξύ τους αναπαρίσταται ως μια συλλογή από κομμάτια, οργανωμένα σε θεωρίες, βάσει της Bayesian λογικής πρώτης τάξης.

Η οντολογία που παρουσιάζεται στην εργασία (Vandecasteele & Napoli, 2012), είναι μια ενισχυμένη χωρική οντολογία συλλογιστικής λογικής για την ανίχνευση θαλάσσιων ανωμαλιών. Συνδυάζει τρεις υπό-οντολογίες: οντολογία γεωμετρικής τροχιάς, γεωγραφικής θέσης και τομέα εφαρμογής. Η οντολογία γεωμετρικής τροχιάς παρέχει την αναπαράσταση των χωρικών και χρονικών χαρακτηριστικών των πλοίων. Η γεωγραφική οντολογία παρέχει την αναπαράσταση του γεωγραφικού πλαισίου στο οποίο βρίσκονται τα πλοία. Η οντολογία τομέα εφαρμογών παρέχει την αναπαράσταση της γνώσης του τομέα που είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό θαλάσσιων ανωμαλιών. Η οντολογία ενσωματώνει αυτές τις τρεις υπό-οντολογίες για να παρέχει μια ολοκληρωμένη αναπαράσταση των χωρικών και χρονικών χαρακτηριστικών της θαλάσσιας κυκλοφορίας και της γνώσης που είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό ανωμαλιών.

Η οντολογία που παρουσιάζεται στο άρθρο (Brüggemann et al., 2016), θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως οντολογία κίνησης. Καταγράφει διάφορες πτυχές της κίνησης πλοίων, φορτίων και ανθρώπων στο πλαίσιο της θαλάσσιας ασφάλειας. Σχεδιάστηκε για να παρέχει μια δομημένη αναπαράσταση του τομέα, που θα επιτρέπει την αποτελεσματική ενσωμάτωση και ανάκτηση δεδομένων. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της οντολογίας είναι η ικανότητά της να αναπαριστά τις χωρικές και χρονικές πτυχές της κίνησης, συμπεριλαμβανομένης της τοποθεσίας, της ταχύτητας και της κατεύθυνσης, που είναι κρίσιμα για την μοντελοποίηση και ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με τη θαλάσσια ασφάλεια.

Ο χαρακτήρας της οντολογίας (Wen et al., 2019), επικεντρώνεται στη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των πλοίων στα λιμάνια, καταγράφοντας διάφορες πτυχές της θαλάσσιας ναυσιπλοΐας, όπως καταστάσεις πλοίων, τοποθεσίες, γεγονότα και συμπεριφορές, καθώς και τις σχέσεις μεταξύ τους. Κωδικοποιεί επίσης κανόνες και κανονισμούς που διέπουν τη συμπεριφορά του πλοίου, όπως τους διεθνείς κανονισμούς για την πρόληψη συγκρούσεων στη θάλασσα (COLREGS) και τους κανόνες υπηρεσίας κυκλοφορίας πλοίων (VTS). Μπορούμε να την χαρακτηρίσουμε ως *ειδικού τομέα* (domain specific), καθώς έχει σχεδιαστεί ειδικά για το πλαίσιο θαλάσσιας πλοήγησης, αντί για γενικού σκοπού που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων. Αυτή η προσαρμοσμένη προσέγγιση επιτρέπει στην οντολογία να παρέχει μια πιο ακριβή και λεπτομερή αναπαράσταση της γνώσης και των σχέσεων που απαιτούνται για την πρόβλεψη και την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των πλοίων στα λιμάνια.

Το εργαλείο του άρθρου (Strinyuk et al., 2021), αναπτύσσει την οντολογία κάνοντας χρήση της μορφής λεξιλογίου θησαυρού για να βοηθήσει τους χρήστες να προηγηθούν και να κατανοήσουν τις σχέσεις μεταξύ διαφόρων όρων, εννοιών και ορισμών στον ναυτιλιακό τομέα. Στο πλαίσιο της ανάκτησης πληροφοριών, οι θησαυροί βασίζονται στην τεχνητή γλώσσα των επιστημονικών πεδίων, έχουν ιεραρχική δομή, καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των όρων και αναδεικνύουν όχι μόνο τη συνωνυμία και τη θεματική συγγένεια, αλλά και σχέσεις γένους-είδους και όλου-μέρους (Τσάφου et al., 2007). Με απλά λόγια, αυτή η οντολογία μοιάζει με ένα καλά οργανωμένο λεξικό ή εγκυκλοπαίδεια που βοηθά τους ανθρώπους της ναυτιλιακής βιομηχανίας να βρουν και να κατανοήσουν σημαντικούς όρους και έννοιες που σχετίζονται με κανονισμούς. Το επιδιώκει οργανώνοντας αυτούς τους όρους και τις έννοιες σε μια σαφή δομή με σχέσεις όπως οι ιεραρχικές συνδέσεις. Αυτό διευκολύνει τους χρήστες να προηγηθούν στις πληροφορίες και να ανακαλύψουν σχετικές λεπτομέρειες σχετικά με τους ναυτιλιακούς κανονισμούς που πρέπει να κατανοήσουν ή να συμμορφωθούν.

Σύμφωνα με τους Liyana et al. (2019), υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι οντολογίας: ανώτερη οντολογία, οντολογία τομέα, οντολογία διαδικασιών και οντολογία διασύνδεσης. Η ανώτερη οντολογία παρέχει ένα γενικό πλαίσιο για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας σε διάφορους τομείς και περιλαμβάνει πολλούς υπό-τύπους. Η οντολογία τομέα, εστιάζει σε συγκεκριμένους τομείς, και αποτελείται από μια συλλογή λεξιλογίων και εννοιών για αυτόν τον τομέα. Η οντολογία διαδικασίας περιγράφει τα στοιχεία και τις σχέσεις που συνθέτουν μια διαδικασία, βοηθώντας στην αναπαράσταση πληροφοριών σχετικά με τις δραστηριότητες, τους ρόλους και τα συστήματα ενός οργανισμού. Τέλος, η οντολογία διασύνδεσης χρησιμοποιεί μοτίβα και φυσικές μεταφορές για να εξηγήσει λιγότερο κατανοητές εμπειρίες και να διασφαλίσει ότι η οντολογία είναι ολοκληρωμένη. Κάθε τύπος οντολογίας παίζει καθοριστικό ρόλο στην οργάνωση και την κατανόηση πολύπλοκων πληροφοριών. Παρατηρείται ότι ο χαρακτήρας της οντολογίας συνδέεται άρτια με τον σκοπό της οντολογίας και τις μεταβλητές. Μπορούμε να υποθέσουμε πως συνδυασμός του σκοπού και των μεταβλητών είναι το αποτέλεσμα που θα μας δώσει τον χαρακτήρα της οντολογίας. Με σκοπό τη συνοπτικότητα, τη σαφήνεια, και χωρίς να επαναλαμβάνουμε περιεχόμενο που έχει ήδη συζητηθεί, η ανάλυση των αναγκών και των χαρακτήρων της οντολογίας δεν διαφέρει ιδιαίτερα από την ανάλυση του σκοπού και των μεταβλητών της.

Γ'.1.7 ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Θα διερευνήσουμε τα εργαλεία και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε κάθε μοντέλο, με έμφαση σε αυτά που σχετίζονται με την υλοποίηση της οντολογίας. Θα συζητήσουμε τα διάφορα εργαλεία λογισμικού, τις πλατφόρμες και τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται και θα αξιολογήσουμε την καταλληλότητά τους για την εφαρμογή οντολογιών σε ναυτιλιακά συστήματα. Διερευνώντας τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται, μπορούμε να εντοπίσουμε βέλτιστες πρακτικές και πιθανούς τομείς για βελτίωση στην ανάπτυξη και εφαρμογή ναυτιλιακών συστημάτων που βασίζονται στην οντολογία.

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο το άρθρου (Park et al., 2007), γίνεται αναφορά στα εργαλεία που μας επιτρέπουν να κατασκευάσουμε οντολογίες. Αυτά είναι OntoEdit(Sure et al., 2002), Protege-2000 (Noy et al., 2001) και Ontolingua (Dyachenko & Zagorulko, 2014). Επισημαίνεται

πως παρά την ευκολία που παρέχουν τα παραπάνω εργαλεία στην κατασκευή οντολογιών, συνεχίζει να είναι αναγκαία η παρέμβαση ανθρώπου για την καθοδήγηση των εργαλείων. Στα επόμενα κεφάλαια δεν γίνεται συγκεκριμένη αναφορά σε εργαλεία που συνέδραμαν στην κατασκευή της οντολογίας του συστήματος ασαφούς λογικής.

Τα εργαλεία το άρθρου (R. N. Carvalho et al., 2011), περιλαμβάνουν τη βιβλιοθήκη OWL-API Java, τον λογικό συλλογιστή Pellet και ένα διαδραστικό χάρτη. Η βιβλιοθήκη OWL-API Java λειτουργεί ως μια υψηλού επιπέδου διεπαφή προγραμματισμού για τη δημιουργία και τη διαχείριση οντολογιών. Επιτρέπει την ενσωμάτωση δυναμικών και στατικών δεδομένων από αισθητήρες στην οντολογία. Ο λογικός συλλογιστής Pellet χρησιμοποιείται ως εργαλείο συλλογισμού με βάση τα ήδη αποθηκευμένα δεδομένα. Επιλέχθηκε λόγω της εξαιρετικής υποστήριξης του από την γλώσσα SWRL, της συμβατότητας με τη γλώσσα OWL 2 και την ενσωμάτωσης με τις βιβλιοθήκες JENA και OWL-API που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του συστήματος. Το Pellet επιτρέπει την προσθήκη νέων ενσωματωμένων λειτουργιών για τη δημιουργία προσαρμοσμένων κανόνων SWRL. Ο συλλογιστής αξιολογεί την κατάσταση βάσει των θέσεων και των χαρακτηριστικών των πλοίων, εφαρμόζοντας διάφορους κανόνες SWRL για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς τους. Τέλος, ένας διαδραστικός χάρτης παρέχει μια απεικόνιση των αποτελεσμάτων του συλλογισμού, εμφανίζοντας τις θέσεις των πλοίων, τα χαρακτηριστικά και τις ειδοποιήσεις σε έναν χάρτη. Αυτή η απεικόνιση συνδέεται άμεσα με την οντολογία, προσφέροντας μια προσαρμοσμένη γραφική σημειολογία για την αναπαράσταση των επιπέδων κρισιμότητας και άλλων σχετικών πληροφοριών. Στο κείμενο δεν γίνεται αναφορά του ονόματος του διαδραστικού χάρτη.

Βασικά εργαλεία της οντολογίας που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συστήματος (Brüggemann et al., 2016), περιλαμβάνουν το OGC GeoSPARQL, το Ontop και το Sextant. Το OGC GeoSPARQL είναι μια επέκταση της γλώσσας SPARQL που σχεδιάστηκε για να θέτει ερωτήματα σε χωρικά δεδομένα. Το Ontop είναι μια πλατφόρμα που επιτρέπει την πρόσβαση σε δεδομένα που αποθηκεύονται σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Το Sextant είναι ένα εργαλείο παραγωγής χαρτών για την αναπαράσταση χωρικών δεδομένων. Ο συνδυασμός των εργαλείων αυτών επιτρέπει την ολοκληρωμένη αναπαράσταση και εξερεύνηση χωρικών δεδομένων στην οντολογία. Το OGC GeoSPARQL παρέχει τις δυνατότητες χωρικού ερωτήματος που είναι απαραίτητες για τη μοντελοποίηση των δεδομένων κίνησης και τοποθεσίας, ενώ το Ontop επιτρέπει την ενσωμάτωση των πηγών δεδομένων που αποθηκεύονται σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων στην οντολογία. Τέλος, το Sextant επιτρέπει την αναπαράσταση και εξερεύνηση των δεδομένων, δίνοντας τη δυνατότητα για καλύτερη κατανόηση και ανάλυση του τομέα της ναυτιλιακής ασφάλειας.

Στο άρθρο (Wen et al., 2019), το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και διαχείριση της οντολογίας είναι το OWL API. Εκτός από το OWL API, η οντολογία λειτουργεί σε συνδυασμό με ένα δυναμικό δίκτυο Bayes (DBN) για να αιτιολογήσει την πιθανή συμπεριφορά του πλοίου με βάση τους κανόνες και τις σχέσεις που κωδικοποιούνται στην οντολογία. Παρόλο που το άρθρο δεν αναφέρει ρητά ένα συγκεκριμένο εργαλείο ή βιβλιοθήκη για την εφαρμογή του DBN, αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο του συνολικού συστήματος η πρόβλεψη και η αξιολόγηση της συμπεριφοράς του πλοίου σε διάφορα σενάρια λιμένα.

Το λογισμικό που επιλέχθηκε για την υλοποίηση της οντολογίας στο άρθρο (Strinyuk et al., 2021), είναι το GATE. Το GATE παρέχει ένα περιβάλλον ανάπτυξης με πολλούς βασικούς πόρους επεξεργασίας κειμένου. Επιπλέον, προσφέρει μια βιβλιοθήκη αντικειμένων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνταξη ειδικών επεκτάσεων για την εκάστοτε εργασία, όπως η δημιουργία οντολογίας. Τα εργαλεία αυτά είναι απαραίτητα για τη διαχείριση και την εργασία με οντολογίες, οι οποίες βοηθούν στην αναπαράσταση και την ανταλλαγή γνώσεων σε διάφορες εφαρμογές. Βοηθούν στη δημιουργία, τη συγχώνευση, τον σχολιασμό, την οπτικοποίηση και πολλά άλλα, κάνοντας τη διαδικασία ανάπτυξης πιο διαχειρίσιμη και αποτελεσματική.

Σύμφωνα με τους Khamparia και Pandey (2017), υπάρχουν διάφοροι τύποι εργαλείων οντολογίας με συγκεκριμένες λειτουργίες. Τα εργαλεία ανάπτυξης βοηθούν στη δημιουργία νέων οντολογιών ή στην επαναχρησιμοποίηση υπαρχουσών, διευκολύνοντας τόσο τους ανθρώπους όσο και τους υπολογιστές να τις καταλάβουν. Τα εργαλεία συγχώνευσης και ευθυγράμμισης συνδυάζουν ή ευθυγραμμίζουν διαφορετικές οντολογίες, βοηθώντας να συνεργάζονται καλύτερα. Τα εργαλεία αξιολόγησης ελέγχουν την ποιότητα και την ακρίβεια των οντολογιών, διασφαλίζοντας ότι είναι αξιόπιστες και αποτελεσματικές. Τα εργαλεία σχολιασμού και ερωτημάτων βοηθούν στην ορθή αναπαράσταση της γνώσης σε γλώσσες ιστού και διευκολύνουν την εύρεση και πρόσβαση σε πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες σε οντολογίες. Τα εργαλεία εκμάθησης χρησιμοποιούν τεχνικές όπως η μηχανική εκμάθηση και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας για τη δημιουργία οντολογιών αυτόματα, καθιστώντας τη διαδικασία πιο ακριβή και αποτελεσματική (Khamparia & Pandey, 2017).

Όταν επιλέγετε ένα εργαλείο οντολογίας, πρέπει να λάβουμε υπόψη τις δυνατότητες που προσφέρει, όπως συμπεράσματα, ερωτήματα, υποστήριξη ιστού, υποστήριξη πολλών χρηστών και έλεγχος σύνταξης και σημασιολογίας. Σε περιπτώσεις που το σύστημα έχει πολλούς χρήστες, πιο αποτελεσματικό θα είναι ένα εργαλείο που υποστηρίζει τη συνεργασία και τον έλεγχο έκδοσης. Είναι επίσης χρήσιμο, το εργαλείο να μπορεί να επιτρέπει επεκτάσεις ή προσθήκες και είναι συμβατό με τις γλώσσες, τους συλλογισμούς και τις πλατφόρμες που χρησιμοποιούμε. Είδαμε σε προηγούμενα συστήματα ότι οι προγραμματιστές αντιμετώπισαν περιορισμούς στην ανάπτυξη τους λόγω των γλωσσών ή εργαλείων που χρησιμοποιούσαν. Η φιλική προς το χρήστη διεπαφή και η καλή τεκμηρίωση διευκολύνουν τον χρήστη στην ορθή λειτουργία του συστήματος, ειδικά για χρήστες που δεν έχουν τεχνικές γνώσεις.

Γ'.1.8 ΓΛΩΣΣΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Αυτή η ενότητα θα διερευνήσει τις γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη των έξι ναυτιλιακών συστημάτων. Θα αξιολογήσουμε τους λόγους πίσω από την επιλογή των γλωσσών προγραμματισμού και τον αντίκτυπό τους στην ευκολία εφαρμογής και ενσωμάτωσης της οντολογίας με άλλα στοιχεία του συστήματος. Η κατανόηση της επιλογής των γλωσσών προγραμματισμού θα μας βοηθήσει να εκτιμήσουμε τις τεχνικές πτυχές της υλοποίησης οντολογιών και τον τρόπο με τον οποίο ενσωματώνονται με άλλα στοιχεία των συστημάτων. Θα συζητήσουμε επίσης τα πιθανά οφέλη και τις προκλήσεις που σχετίζονται με τη χρήση συγκεκριμένων γλωσσών προγραμματισμού.

Στο άρθρο (Park et al., 2007), δεν γίνεται κάποια συγκεκριμένη αναφορά σε γλώσσες οντολογιών. Μελετώντας όμως παρελθοντικές εργασίες των συγγραφέων, στις οποίες γίνεται αναφορά ότι βασίζεται το παρόν σύστημα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι κύρια γλώσσα προγραμματισμού είναι η Web Ontology Language (OWL).

Η γλώσσα η οποία επιλέχθηκε στο άρθρο (R. N. Carvalho et al., 2011) για την ανάπτυξη της πιθανολογικής οντολογίας είναι η PR-OWL. “Η PR-OWL είναι μια ανοιχτή ερευνητική εργασία που στοχεύει στην επέκταση της γλώσσας OWL, ώστε να μπορεί να αναπαραστήσει πιθανολογικές οντολογίες. Με άλλα λόγια, είναι μια πιθανολογική επέκταση του OWL που παρέχει ένα πλαίσιο για τη σύνταξη πιθανολογικών οντολογιών και βασίζεται στην Bayesian λογική πρώτης τάξης που ονομάζεται Multi-Entity Bayesian Networks (MEBN)” (Cesar & da Costa, 2005).

Στο άρθρο (Vandecasteele & Napoli, 2012), γίνεται χρήση της OWL 2 και της SWRL. Η OWL 2 επιτρέπει την ενσωμάτωση δυναμικών και στατικών δεδομένων από διάφορες πηγές, βοηθώντας στην κατασκευή της βάσης γνώσεων της οντολογίας. Η SWRL χρησιμοποιείται για τη δημιουργία προσαρμοσμένων κανόνων εντός της οντολογίας. Αυτοί οι κανόνες επιτρέπουν την δημιουργία συμπερασμάτων σχετικά με τα διαθέσιμα δεδομένα, καθιστώντας δυνατή την εξαγωγή γνώσεων και συμπερασμάτων από τις αποθηκευμένες πληροφορίες. Ο συλλογιστής Pellet, ο οποίος είναι συμβατός με τις OWL 2 και SWRL, χρησιμοποιείται ως η μηχανή συλλογισμού για την εφαρμογή αυτών των κανόνων και την αξιολόγηση της κατάστασης με βάση τις θέσεις και τα χαρακτηριστικά των πλοίων.

Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν δύο γλώσσες οντολογίας για την κατασκευή του συστήματός τους (Brüggemann et al., 2016). Μία από τις γλώσσες είναι η OWL 2 QL, η οποία είναι μια επέκταση της OWL, που έχει σχεδιαστεί για χρήση σε εφαρμογές που απαιτούν εύλογη λογική σε μεγάλο όγκο δεδομένων. Η δεύτερη γλώσσα είναι η SPARQL, η οποία είναι γλώσσα ερωτημάτων για δεδομένα κωδικοποιημένα σε RDF μορφή. Η SPARQL χρησιμοποιήθηκε για να θέσουν ερωτήματα στην οντολογία και να ανακτήσουν σχετικά δεδομένα.

Οι κύριες γλώσσες και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο άρθρο (Wen et al., 2019), περιλαμβάνουν τις OWL, OWL API, Java και SPARQL. Αυτές οι γλώσσες και εργαλεία αλληλοεπιδρούνε μεταξύ τους για να σχηματίσουν το οντολογικό σύστημα. Η οντολογία δημιουργήθηκε με την χρήση της OWL και διαχειρίζεται χρησιμοποιώντας το OWL API σε Java, το οποίο επιτρέπει στο σύστημα να αιτιολογεί τη συμπεριφορά του πλοίου με βάση τη γνώση που κωδικοποιείται στην οντολογία. Στη συνέχεια, τίθενται ερωτήματα με την χρήση της SPARQL, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συγκεκριμένων πληροφοριών από την οντολογία και την παρουσίασή τους στους χρήστες. Γίνεται επίσης μετάφραση των αποτελεσμάτων σε φυσική γλώσσα για καλύτερη κατανόηση. Αυτός ο συνδυασμός γλωσσών και εργαλείων βοηθά το σύστημα στην μοντελοποίηση και στην αποτελεσματική ανάλυση της συμπεριφοράς των πλοίων στα λιμάνια, επιτρέποντας τη δημιουργία προειδοποιήσεων και συστάσεων όπου απαιτείται.

Στο άρθρο (Strinyuk et al., 2021), το GATE χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην εξαγωγή εννοιών και σχέσεων από το σώμα του κειμένου χρησιμοποιώντας λεξικό-συντακτικά μοτίβα. Αυτά τα μοτίβα είναι γραμμένα στη γλώσσα JAPE, η οποία αποτελεί μέρος του GATE,

για τον καθορισμό κανόνων, τον εντοπισμό και την εξαγωγή σχετικών πληροφοριών από τα έγγραφα.

Στα συστήματα που μελετήσαμε, η επιλογή των γλωσσών οντολογίας καθοδηγείται από διάφορους παράγοντες, όπως πιθανολογικό συλλογισμό, προσαρμοσμένους κανόνες για συμπεράσματα και επεξεργασία δεδομένων μεγάλης κλίμακας. Για παράδειγμα, στο σύστημα (R. N. Carvalho et al., 2011), η PR-OWL επιλέχθηκε για την ικανότητά της να αναπαριστά πιθανολογικές οντολογίες που βασίζονται σε Bayesian δίκτυα, καλύπτοντας τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της μελέτης. Οι Vandecasteele & Napoli (2012) κάνουν χρήση της OWL 2 και της SWRL για την ενοποίηση δυναμικών και στατικών δεδομένων, επιτρέποντας επίσης τη δημιουργία προσαρμοσμένων κανόνων εντός της οντολογίας. Οι Brüggemann et al. (2016) χρησιμοποιούν την OWL 2 QL και την SPARQL για λογικούς συλλογισμούς σε μεγάλους όγκους δεδομένων και για την ανάπτυξη ερωτημάτων στην οντολογία. Η χρήση της OWL 2 QL παρουσιάζει το πλεονέκτημα της εκφραστικής δύναμης στον χειρισμό πολύπλοκων συνόλων δεδομένων. Ωστόσο, η αυξημένη εκφραστικότητα της μπορεί επίσης να οδηγήσει σε πιο σύνθετες συλλογιστικές εργασίες και πιθανούς συμβιβασμούς απόδοσης. Στο σύστημα (Wen et al., 2019), γίνεται χρήση των OWL, OWL API, Java και SPARQL. Ο συνδυασμός αυτών των γλωσσών και εργαλείων παρέχει ένα ολοκληρωμένο και αποτελεσματικό σύστημα. Ωστόσο, όπως συμβαίνει με κάθε περίπλοκο σύστημα, η ενσωμάτωση διαφόρων εξαρτημάτων μπορεί να παρουσιάσει προκλήσεις όσον αφορά τη συντήρηση και την εξασφάλιση αδιάλειπτης συμβατότητας.

Η ευκολία χρήσης και ο συνδυασμός των οντολογικών εργαλείων με άλλα μέρη ενός συστήματος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις επιλεγμένες γλώσσες προγραμματισμού. Οι κοινές γλώσσες όπως η Java, διευκολύνουν τη σύνδεση και έχουν καλύτερη υποστήριξη από κοινότητες προγραμματιστών. Οι γλώσσες ερωτημάτων όπως η SPARQL βοηθούν στη γρήγορη λήψη πληροφοριών από την οντολογία και βελτιώνουν την απόδοση του συστήματος. Ωστόσο, η χρήση συγκεκριμένων γλωσσών μπορεί να έχει προκλήσεις, ειδικά όταν αναλύουν μεγάλο όγκο δεδομένων. Θα πρέπει να συλλογιστούμε προσεκτικά τις ανάγκες κάθε συστήματος όταν επιλέγουμε μια γλώσσα προγραμματισμού για την ανάπτυξη του οντολογικού συστήματος.

Γ'.1.9 ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ

Θα αναλύσουμε πώς κάθε μοντέλο δικαιολογεί τα συμπεράσματά του. Θα εξετάσουμε την λογική και τους συλλογιστικούς μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται από τα μοντέλα, όπως ο συλλογισμός βάσει κανόνων ή ο πιθανολογικός συλλογισμός, και θα αξιολογήσουμε πώς οι οντολογίες συμβάλλουν στην ακριβέστερη και αξιόπιστη λήψη αποφάσεων. Επιπλέον, θα διερευνήσουμε τον αντίκτυπο του συλλογιστικού μηχανισμού στη συνολική αποτελεσματικότητα των ναυτιλιακών συστημάτων και τους πιθανούς περιορισμούς που σχετίζονται με διάφορες συλλογιστικές προσεγγίσεις.

Στο άρθρο (Park et al., 2007), ο γεωγραφικός συλλογισμός βάσει περιπτώσεων, χρησιμοποιεί οντολογικές μεθόδους για να ανατρέξει σε παρελθοντικά σενάρια. Μπορεί να συγκρίνει την παρούσα κατάσταση και να δώσει τη βέλτιστη λύση για την αποφυγή σύγκρουσης. Βασικό ρόλο σε αυτή τη μέθοδο, εκτός από της μεταβλητές απόστασης, έχει και η εξίσωση

ομοιότητας. Η εξίσωση βασίζεται στη μέθοδο των *κεντροειδών* (centroids), και μας επιτρέπει να συγκρίνουμε την παρούσα και παρελθοντικές καταστάσεις. Ως αποτέλεσμα μας δίνει τη νέα πορεία που πρέπει να εκτελέσει το σκάφος για να αποφύγει τη σύγκρουση.

Η αιτιολόγηση στην συγκεκριμένη ανάπτυξη οντολογίας (R. N. Carvalho et al., 2011) βασίζεται στα *πολύ-οντότητα δίκτυα Bayesian λογικής* (Multi-Entity Bayesian Networks), όμως σε διαφορετικές φάσεις της ανάπτυξης. Για παράδειγμα στον δεύτερο κύκλο μοντελοποίησης, χρησιμοποιήθηκαν δύο πιθανά σενάρια τρομοκρατικής ενέργειας, για να αναπτυχθούν και έπειτα να απαντηθούν οι ερωτήσεις. Μέσα από τις απαντήσεις συλλέχτηκαν οι διαφορετικές οντότητες, τα χαρακτηριστικά τους και οι μεταξύ τους σχέσεις. Το επόμενο βήμα είναι η χαρτογράφηση αυτών των δεδομένων στην οντολογία με την χρήση της γλώσσας PR-OWL. Στο τέλος του τρίτου κύκλου μοντελοποίησης έγινε ομαδοποίηση των διαφορετικών οντοτήτων σε συμπλέγματα, ανάλογα με τον τομέα μελέτης τους.

Το Pellet, στο άρθρο (Vandecasteele & Napoli, 2012), εξετάζει τις πληροφορίες που υπάρχουν ήδη στην οντολογία και χρησιμοποιεί προσαρμοσμένους κανόνες SWRL για να κατανοήσει την παρούσα κατάσταση που τίθεται να συλλογιστεί. Αυτοί οι κανόνες βοηθούν στην εύρεση νέων πληροφοριών με βάση των δεδομένων που είναι ήδη διαθέσιμων. Χρησιμοποιώντας αυτούς τους κανόνες για να εξετάσει κάθε κατάσταση, το Pellet μπορεί να καταλάβει πώς συμπεριφέρονται τα πλοία και να εντοπίσει τυχόν ασυνήθιστες δραστηριότητες.

Το σύστημα που παρουσιάζεται στο άρθρο (Wen et al., 2019), χρησιμοποιεί ένα δυναμικό Bayesian δίκτυο (DBN) σε συνδυασμό με ένα σημασιολογικό δίκτυο, δηλαδή την οντολογία, για να αιτιολογήσει τη συμπεριφορά του πλοίου. Το DBN δημιουργείται μετατρέποντας τις κλάσεις της οντολογίας σε κόμβους και αναπαριστά τις σχέσεις μεταξύ αυτών των κόμβων με κατευθυνόμενα τόξα. Αυτό το δίκτυο μπορεί να αποτυπώσει τη δυναμική φύση της συμπεριφοράς του πλοίου σε διαφορετικά χρονικά τμήματα. Για να μπορέσει να λάβει χώρα ο συλλογισμός, το σύστημα πρέπει να μάθει τις πιθανότητες για τις σχέσεις μεταξύ των κόμβων στο δίκτυο. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας μια μέθοδο που ονομάζεται εκτίμηση μέγιστης πιθανότητας. Μόλις μαθευτούν οι πιθανότητες, το σύστημα μπορεί να εκτελέσει τον συλλογισμό για τη συμπεριφορά του πλοίου υπολογίζοντας τις πιθανότητες υποθετικών σεναρίων. Η δυναμική διαδικασία συλλογισμού λαμβάνει υπόψη τη μεταβαλλόμενη φύση της συμπεριφοράς του πλοίου με την πάροδο του χρόνου. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να υπολογίσει τις πιθανότητες διαφόρων συμπεριφορών με βάση το αρχικό δίκτυο που προέρχεται από την οντολογία και το δίκτυο μεταφοράς που δημιούργησε, το οποίο αντιπροσωπεύει τις αλλαγές καταστάσεων μεταξύ των χρονικών τμημάτων. Τέλος, τα αποτελέσματα αντιστοιχίζονται πίσω στο σημασιολογικό δίκτυο και οι συλλογισμοί συμπεριφοράς που προκύπτουν εμφανίζονται στις τροχιές του πλοίου. Αυτό το σύστημα μπορεί να εντοπίσει ανώμαλη συμπεριφορά συγκρίνοντας τις προβλεπόμενες συμπεριφορές με τις παρατηρούμενες συμπεριφορές. Το σύστημα συνδυάζει τη δύναμη του DBN και των σημασιολογικών δικτύων για να συλλογιστεί η συμπεριφορά του πλοίου, καταγράφοντας την αβεβαιότητα και τη δυναμική φύση των κινήσεων του πλοίου.

Οι λογιστές οντολογίας είναι απαραίτητοι στον Σημασιολογικό Ιστό για να διασφαλίσουν ότι οι οντολογίες είναι ακριβείς και αξιόπιστες. Βοηθούν στην αντιμετώπιση ασυνεπειών και

αβεβαιοτήτων που μπορεί να οδηγήσουν σε λάθος κατανόηση ή αναπαράσταση. Καταργώντας τα λάθη στη βάση γνώσεων, οι λογιστές κάνουν τη γνώση της οντολογίας πιο αξιόπιστη και ακριβή.

Οι λογιστές έχουν βελτιωθεί με την πάροδο του χρόνου, με κάθε γενιά να προσφέρει καλύτερες συλλογιστικές ικανότητες και υπηρεσίες. Οι λογιστές διαθέτουν διάφορα χαρακτηριστικά, όπως η αρτιότητα, η πληρότητα, η εκφραστικότητα, η υποστήριξη κανόνων και η συμβατότητα με την πλατφόρμα, καθιστώντας τα κατάλληλα για διαφορετικές χρήσεις (Khamparia & Pandey, 2017). Στοχεύουν στην διατήρηση της ποιότητας των οντολογιών και για την καλύτερη αναπαράσταση και κοινή χρήση γνώσεων στον Σημασιολογικό Ιστό. Οδηγούν σε πιο ακριβή αποτελέσματα και βελτιώνουν τη χρησιμότητα εργαλείων και συστημάτων που βασίζονται στη σημασιολογική γνώση (Khamparia & Pandey, 2017).

Όταν επιλέγουμε έναν λογιστή οντολογίας, είναι σημαντικό να κατανοούμε και να ερευνήσουμε τις ικανότητές του, διασφαλίζοντας ότι παρέχει πλήρη υποστήριξη για το είδος της οντολογίας με την οποία λειτουργεί το σύστημα μας. Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απόδοσή του, με μετρήσεις που μπορούν να προσδιορίσουν πόσο γρήγορα μπορεί να αναλύσει, να ταξινομήσει γνώση και να απαντήσει σε ερωτήματα. Είναι σημαντικό ο λογιστής να υποστηρίζει τη γλώσσα οντολογίας του συστήματος, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι OWL, RDF ή RDFS και είναι συμβατός με τα εργαλεία, τις πλατφόρμες και τα λειτουργικά συστήματα στα οποία βασίζεται το σύστημα. Εάν η οντολογία περιλαμβάνει κανόνες, όπως είδαμε σε μερικές περιπτώσεις, θα πρέπει να επιλέξουμε έναν λογιστή που μπορεί να χειριστεί και να αναλύσει αυτούς τους κανόνες.

Γ'.1.10 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ

Αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσει πώς τα μοντέλα χρησιμοποιούν την ανάπτυξη ερωτημάτων για να κάνουν τα συστήματά τους πιο προσιτά σε μη ειδικούς. Θα διερευνήσουμε πώς οι οντολογίες διευκολύνουν την ανάπτυξη ερωτημάτων παρέχοντας μια δομημένη αναπαράσταση γνώσης που επιτρέπει πιο φυσική αναζήτηση. Επιπλέον, θα συζητήσουμε τις μεθόδους και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη ερωτημάτων, όπως η επεξεργασία φυσικής γλώσσας ή οι οπτικές διεπαφές ερωτημάτων, και θα αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητά τους στο να καταστήσουν τα ναυτιλιακά συστήματα πιο φιλικά προς τον χρήστη και αποτελεσματικά για διάφορους ενδιαφερόμενους.

Το σύστημα (Brüggemann et al., 2016), επιτρέπει τον χρήστη να θέσει ερωτήματα με την χρήση φυσικής γλώσσας. Έπειτα η γλώσσα μεταφράζεται σε ερώτημα SQL, το οποίο με την χρήση της SPARQL μπορεί να εκτελεστεί στην βάση δεδομένων, η οποία βρίσκεται στην οντολογία. Η τεχνολογία που βασίζεται η αναζήτηση αυτή ονομάζεται *πρόσβαση δεδομένων που αποθηκεύονται σε οντολογία* (ontology-based data access). Συνδυάζει τη χρήση μιας οντολογίας για να μοντελοποιεί η γνώση ενός τομέα, με μια γλώσσα ερωτημάτων που είναι αρκετά εκφραστική ώστε να επιτρέπει στους χρήστες να θέτουν πολύπλοκα ερωτήματα τα οποία λαμβάνουν υπόψη τη σημασιολογία του τομέα. Ο κύριος στόχος της υποβολής ερωτήσεων είναι να επιτρέπει στους χρήστες να αποκτήσουν σχετικές και ουσιαστικές πληροφορίες από τις πηγές δεδομένων. Το σύστημα δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να θέτουν ερωτήσεις που είναι πιο περίπλοκες, από άλλες απλές ερωτήσεις που βασίζονται μόνο σε λέξεις-κλειδιά.

Ο σκοπός της χρήσης μεθόδων αναζήτησης όπως το SPARQL στο σύστημα του άρθρου (Wen et al., 2019), είναι η αποτελεσματική ανάκτηση πληροφοριών από το σημασιολογικό μοντέλο της συμπεριφοράς του πλοίου, το οποίο βασίζεται στην οντολογία, επιτρέποντας στους χρήστες να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με τις σχέσεις και τις ιδιότητες διαφόρων συμπεριφορών πλοίων σε διαφορετικές θαλάσσιες καταστάσεις. Θέτοντας ερωτήματα στην οντολογία, οι χρήστες μπορούν να εξαγάγουν χρήσιμα δεδομένα για πιθανές συμπεριφορές πλοίων σε διαφορετικές σκηνές του λιμενικού χώρου. Ο κύριος σκοπός είναι να διευκολυνθεί η έρευνα για τις συμπεριφορές των πλοίων και να ενισχυθεί η επίγνωση της θαλάσσιας κατάστασης. Η διαδικασία αναζήτησης επιτρέπει επίσης τη μετατροπή σημασιολογικών πληροφοριών σε φυσική γλώσσα για χρήστες με περιορισμένο σημασιολογικό υπόβαθρο, διευκολύνοντας την κατανόηση των πληροφοριών και τη λήψη προειδοποιήσεων ή οδηγιών σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Η ανάπτυξη ερωτημάτων στις οντολογίες είναι απαραίτητη για την ανάκτηση πληροφοριών από πόρους σημασιολογικού ιστού όπως γλώσσες RDF και OWL. Ωστόσο, οι χρήστες μπορεί μερικές φορές να κάνουν λάθη στα ερωτήματά τους, οδηγώντας σε λανθασμένα ή ελλιπή αποτελέσματα. Μια εργασία παρουσιάζει δύο μεθόδους που βοηθούν στον εντοπισμό και τη διόρθωση λανθασμένων ερωτημάτων στο SPARQL (Almendros-Jiménez & Becerra-Terón, 2021). Η πρώτη μέθοδος βρίσκει ερωτήματα με λανθασμένη σύνταξη και τύπους ή μη ικανοποιητικές συνθήκες που οδηγούν σε κενά αποτελέσματα. Η δεύτερη μέθοδος προσδιορίζει ερωτήματα στα οποία η πρόθεση του χρήστη δεν ταιριάζει με το πραγματικό ερώτημα, βοηθώντας στην εύρεση ημιτελών ή ελαττωματικών ερωτημάτων και παρέχοντας παραδείγματα για το ποιο μπορεί να είναι το λάθος. Αυτές οι μέθοδοι όχι μόνο εντοπίζουν λανθασμένα ερωτήματα αλλά βοηθούν επίσης τους χρήστες να κατανοήσουν τα λάθη και να τα διορθώσουν. Έχουν ορισμένους περιορισμούς όσον αφορά τους τύπους ερωτημάτων και τους κανόνες οντολογίας που μπορούν να χειριστούν, αλλά συμβάλλουν στο να γίνει η αξιολόγηση των ερωτημάτων στις οντολογίες πιο ακριβής και αξιόπιστη.

Πολλά συστήματα όμως αποφεύγουν να δώσουν την άδεια στον χρήστη να θέσει ερωτήματα σε SPARQL γλώσσα. Πολύ απλά γιατί ο χρήστης δεν είναι εξοικειωμένος με την σύνταξη αλλά και την οντολογία. Μια διαφορετική προσέγγιση είναι η μετάφραση της φυσικής γλώσσας σε ερωτήματα που μπορεί να κατανοήσει το σύστημα. Με αυτή την μέθοδο δίνεται η δυνατότητα σε χρήστες με διαφορετικό υπόβαθρο, να ανακτήσουν σημαντικά δεδομένα από το οντολογικό σύστημα, αλλά και να θέσουν περιορισμούς και κανόνες που μπορούν να προειδοποιήσουν μελλοντικούς χρήστες. Αυτή η μέθοδος όμως έχει το μειονέκτημα πως χρειάζεται μεγάλη υπολογιστική δύναμη καθώς θα πρέπει να μεταφράζει τις εντολές SPARQL σε φυσική γλώσσα αλλά και το ανάποδο, χρησιμοποιώντας τεχνικές *επεξεργασίας φυσικής γλώσσας* (natural language processing).

Το πιο σημαντικό πράγμα που πρέπει να θυμόμαστε κατά την ανάπτυξη ενός εργαλείου ερωτημάτων για την οντολογία σας είναι να διασφαλίσουμε ότι είναι φιλικό προς τον χρήστη και ικανό να ανακτά αποτελεσματικά σχετικές και ουσιαστικές πληροφορίες από τις πηγές δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει την παροχή μιας εύκολης και κατανοητής διεπαφής, την υποστήριξη σύνθετων ερωτημάτων που λαμβάνουν υπόψη τη σημασιολογία του τομέα, και την ανάπτυξη σύνθετων τεχνικών όπως η επεξεργασία φυσικής γλώσσας για να κάνουν το σύστημα

πιο προσιτό σε μη ειδικούς. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να διατηρηθεί η απόδοση και η αποδοτικότητα του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι το εργαλείο ερωτημάτων μπορεί να χειριστεί μεγάλες ποσότητες δεδομένων χωρίς να μειώνει τους χρόνους απόκρισης.

Γ'.1.11 ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σε αυτή την ενότητα, θα αναλύσουμε τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων τους. Είναι κρίσιμο να τονίσουμε πως σε αυτή την ενότητα αναφερόμαστε στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του συστήματος και των ερωτημάτων που τίθενται σε αυτό και όχι στην οπτικοποίηση της γνώσης της οντολογίας. Θα συζητήσουμε τις τεχνικές οπτικοποίησης που χρησιμοποιούνται, όπως γραφήματα, γραφήματα ή διαδραστικούς χάρτες, και θα αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητά τους στην επικοινωνία σύνθετων πληροφοριών στους χρήστες. Κατανοώντας την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, θα αποκτήσουμε γνώσεις για το πώς η τεχνολογία οντολογίας συμβάλλει στην αποτελεσματική επικοινωνία σύνθετων πληροφοριών και ενισχύει τη χρηστικότητα αυτών των συστημάτων. Επιπλέον, θα εξετάσουμε τις πιθανές προκλήσεις και τους περιορισμούς που σχετίζονται με διάφορες μεθόδους εμφάνισης αποτελεσμάτων.

Το σύστημα που παρουσιάζεται στην εργασία (Vandecasteele & Napoli, 2012), οπτικοποιεί τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας έναν διαδραστικό χάρτη. Αυτή ο χάρτης συνδέεται άμεσα με την οντολογία και εμφανίζει τα αποτελέσματα συλλογισμού, όπως θέσεις πλοίων, χαρακτηριστικά και ειδοποιήσεις. Η οπτικοποίηση χρησιμοποιεί μια γραφική σημειολογία για να αναπαραστήσει τα επίπεδα κρισιμότητας και άλλες σχετικές πληροφορίες. Για παράδειγμα, το επίπεδο κρισιμότητας ενός πλοίου υποδεικνύεται με διαβαθμισμένα χρώματα, καθιστώντας ευκολότερη την ερμηνεία και την κατανόηση των εντοπισμένων θαλάσσιων ανωμαλιών ή ανώμαλης συμπεριφοράς.

Το σύστημα της εργασίας (Brüggemann et al., 2016), απεικονίζει τα αποτελέσματά του μέσω μιας *διαδικτυακής διεπαφής χρήστη* (web-based user interface). Το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων ονομάζεται Sextant. Το Sextant είναι ένα διαδικτυακό εργαλείο που αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς και παρέχει μια γραφική αναπαράσταση για την αναζήτηση θαλάσσιων δεδομένων. Το εργαλείο επιτρέπει στους χρήστες να εξερευνούν τα δεδομένα και να προβάλλουν τα αποτελέσματα των ερωτήσεών τους σε μια διεπαφή. Απεικονίζει έναν χάρτη που εμφανίζει τη θέση των σκαφών, καθώς και μια λίστα όλων των διαθέσιμων σκαφών με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους. Ο χρήστης μπορεί να αλληλοεπιδράσει με τον χάρτη κάνοντας μεγέθυνση ή σμίκρυνση και επιλέγοντας ένα συγκεκριμένο σκάφος για να δει τα στοιχεία του.

Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων λαμβάνει κρίσιμο ρόλο στα συστήματα οντολογιών, καθώς βοηθά στην παρουσίαση της γνώσης με τρόπο που την καθιστά ευκολότερη προς ανάλυση και μελέτη. Το πόρισμα που προκύπτει από την οπτικοποίηση μπορεί να βοηθήσει στην επεξεργασία, την εκμάθηση και στην επιθεώρηση της γνώσης που αναπαρίσταται. Σε μερικά συστήματα παρατηρήσαμε επίσης την επεξεργασία των οπτικών αποτελεσμάτων, ώστε το σύστημα και η οντολογία να είναι πιο προσιτή για χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με τη σύνταξη κειμένου OWL, SWRL κανόνων ή SQL ερωτημάτων. Πολλά εργαλεία οπτικοποίησης

προσφέρουν φιλικές προς το χρήστη διεπαφές και τεχνικές αλληλεπίδρασης, όπως ζουμ, μετατόπιση, φιλτράρισμα και σταδιακή εξερεύνηση (Dudás et al., 2018).

Όταν επιλέγουμε μια μέθοδο για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του συστήματος οντολογίας πρέπει να λάβουμε υπόψη μερικούς παράγοντες. Φιλική προς τον χρήστη διεπαφή, δηλαδή το εργαλείο οπτικοποίησης θα πρέπει να έχει μια εύχρηστη διεπαφή που να επιτρέπει την ομαλή αλληλεπίδραση με τα αποτελέσματα. Τεχνικές αλληλεπίδρασης, δηλαδή το εργαλείο θα πρέπει να υποστηρίζει διάφορες τεχνικές αλληλεπίδρασης, όπως ζουμ, μετατόπιση και φιλτράρισμα, για να βοηθήσει τους χρήστες να εξερευνήσουν και να περιηγηθούν με τα αποτελέσματα. Αυτό βέβαια εξαρτάται και από τα αποτελέσματα που θέλει να παρουσιάσει το σύστημα. Εμφάνιση μηνυμάτων, δηλαδή το εργαλείο πρέπει να είναι σε θέση να εμφανίσει τυχόν μηνύματα ή προειδοποιήσεις που σχετίζονται με την λειτουργία του συστήματος. Τέτοιες προειδοποιήσεις μπορεί να είναι η αλλαγή κατεύθυνσης με σκοπό την αποφυγή σύγκρουσης, ή η εμφάνιση ενός σκάφους που εκτελεί παράνομη συμπεριφορά.

Γ'.1.12 TARGET GROUP

Αυτό το κεφάλαιο θα συζητήσει το κοινό για κάθε ναυτιλιακό σύστημα. Η κατανόηση της ομάδας-στόχου θα μας βοηθήσει να εκτιμήσουμε το ευρύ φάσμα των ενδιαφερομένων που μπορούν να επωφεληθούν από τα ναυτιλιακά συστήματα, όπως οι λιμενικές αρχές, οι χειριστές πλοίων ή οι ρυθμιστικοί φορείς. Αυτή η ανάλυση θα αποκαλύψει τον ευρύτερο αντίκτυπο της τεχνολογίας οντολογίας στη ναυτιλιακή βιομηχανία και τις δυνατότητές της για την προώθηση μεγαλύτερης συνεργασίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των ενδιαφερομένων.

Στο άρθρο (Park et al., 2007), επισημαίνεται πως ελλείψει ενός πιο έμπειρου αξιωματικού πλοήγησης, το σύστημα υποστήριξης βάσει περιπτώσεων για την αποφυγή σύγκρουσης πλοίων, μπορεί να βοηθήσει έναν λιγότερο έμπειρο αξιωματικό.

Στο άρθρο (R. N. Carvalho et al., 2011), δεν γίνεται συγκεκριμένη αναφορά στην ομάδα ατόμων που προορίζονται για χρήση του συστήματος. Βάση των αποτελεσμάτων αλλά και την διαδικασία ανάπτυξης του συστήματος, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως η χρήση του συστήματος θα γίνει από έμπειρο προσωπικό του θαλάσσιου τομέα, το οποίο θα μπορεί με ευκολία να προσθέσει καινούργιους πιθανολογικούς κανόνες στο σύστημα.

Η εργασία (Vandecasteele & Napoli, 2012), προτείνει την ενσωμάτωση της χωρικής διάστασης σε μια οντολογία προκειμένου να μπορέσουν οι ειδικοί στον ναυτιλιακό τομέα να καθορίσουν κανόνες που καθορίζουν την ανώμαλη συμπεριφορά του πλοίου.

Το σύστημα του άρθρου (Brüggemann et al., 2016), έχει σχεδιαστεί για να παρέχει στους χρήστες βελτιωμένη πρόσβαση σε δεδομένα πραγματικού χρόνου, τα οποία προέρχονται από διαφορετικές πηγές. Επομένως, έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθεί από υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς που είναι υπεύθυνοι για την ασφάλεια στον θαλάσσιο τομέα και που απαιτούν πρόσβαση σε έγκαιρες και ακριβείς πληροφορίες.

Η ομάδα ατόμων του συστήματος που δημιουργήθηκε σε αυτό το άρθρο (Wen et al., 2019), περιλαμβάνει χρήστες που ασχολούνται με τη διαχείριση θαλάσσιας κυκλοφορίας και την

αποφυγή σύγκρουσης, όπως αξιωματικούς πλοίων, χειριστές *υπηρεσιών κυκλοφορίας σκαφών* (Vessel Traffic Services, VTS) και υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Το σύστημα μπορεί επίσης να είναι επωφελές για συστήματα πλοήγησης που πρέπει να λάβουν γρήγορες αποφάσεις εντός περιορισμένου χρόνου. Το σημασιολογικό μοντέλο συμπεριφοράς πλοίων αυτής της εργασίας στοχεύει να βοηθήσει αυτούς τους χρήστες να αντιληφθούν τις συμπεριφορές των γύρω πλοίων και να αναλύσουν καταστάσεις κυκλοφορίας.

Η κύρια ομάδα-στόχος του εργαλείου και της οντολογίας που παρουσιάζονται στο άρθρο (Strinyuk et al., 2021), είναι η ναυτιλιακή κοινότητα, συγκεκριμένα όσοι ασχολούνται με την εκπαίδευση των ναυτικών. Παρέχοντας μια καλά δομημένη και οργανωμένη αναπαράσταση εννοιών και σχέσεων εντός του ναυτιλιακού τομέα, η οντολογία μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας για μαθητές, εκπαιδευτές και επαγγελματίες στον τομέα. Αυτό περιλαμβάνει την οργάνωση εκπαιδευτικού υλικού, τη δημιουργία εξατομικευμένων διαδρομών μάθησης, την παρακολούθηση της προόδου και την αξιολόγηση των επιπέδων ικανοτήτων. Η οντολογία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για έξυπνη επεξεργασία ναυτικών εγγράφων, προς όφελος της ευρύτερης ναυτιλιακής κοινότητας.

Οι τελικοί χρήστες των συστημάτων είναι άνθρωποι και οργανισμοί που εμπλέκονται στη διατήρηση της ασφαλούς θαλάσσιας μετακίνησης. Αυτή η ομάδα χρηστών περιλαμβάνει, ναυτιλιακές αρχές όπως λιμενικές αρχές που επιβάλλουν νόμους και κανονισμούς, προσωπικό του πολεμικού ναυτικού το οποίο χρησιμοποιεί αυτά τα συστήματα για επιχειρήσεις άμυνας και επιτήρησης, ναυτιλιακές εταιρείες όπου παρακολουθούν τα πλοία τους για ασφάλεια και αποτελεσματικότητα, οργανώσεις έρευνας και διάσωσης όπως η ακτοφυλακή για να εντοπίζουν και ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε περιστατικά που αφορούν πλοία που βρίσκονται σε κίνδυνο, υπηρεσίες ασφάλειας για τον εντοπισμό παράνομων δραστηριοτήτων όπως το λαθρεμπόριο και η πειρατεία και τέλος, ερευνητές και αναλυτές του ναυτιλιακού τομέα για να βελτιώσουν τις ικανότητες ανίχνευσης και να αναπτύξουν νέους αλγόριθμους.

Γ'.1.13 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα διερευνήσουμε τις μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας και τις προτεινόμενες λειτουργίες για τα θαλάσσια συστήματα που μελετήθηκαν, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονολογική τους εξέλιξη από το 2007 έως το 2021. Αναλύοντας κάθε άρθρο στοχεύουμε να καλύψουμε ένα ευρύ φάσμα της εξέλιξης οντολογιών στον ναυτιλιακό τομέα. Αυτή η προσέγγιση θα μας επιτρέψει να κατανοήσουμε πώς η τεχνολογία οντολογίας έχει εξελιχθεί με τα χρόνια και τις μελλοντικές ιδέες που προτείνονται σε κάθε στάδιο της ανάπτυξής της.

Στο άρθρο (Park et al., 2007), το σύστημα θα βελτιωθεί στο μέλλον με την προσθήκη περισσότερων περιπτώσεων στην οντολογία. Επιπλέον θα λάβει υπόψη τη σχετική ταχύτητα των πλοίων που συναντώνται και θα την χρησιμοποιήσει ως μεταβλητή για την εξίσωση ομοιότητας και την εξόρυξη βέλτιστων αποφάσεων.

Σε μελλοντική έρευνα αναφέρεται πως η συγκεκριμένη πιθανολογική οντολογία (R. N. Carvalho et al., 2011), μπορεί να συνδυαστεί με μία αιτιοκρατική θαλάσσια οντολογία για να κατανοηθεί καλύτερα πώς μπορούν να ενσωματωθούν σε εφαρμογές συγχώνευσης πληροφοριών. Επισημαίνεται πως οι πιθανολογικές οντολογίες όπως αυτή που παρουσιάζεται στο άρθρο, είναι

χρήσιμες για *σύντηξη πληροφοριών υψηλού επιπέδου* (high-level information fusion), όμως το πρόβλημα της *επεκτασιμότητας* (scalability) πρέπει να αντιμετωπιστεί εάν θέλουμε να δούμε ευρύτερη χρήση στην κοινότητα. Η επεκτασιμότητα αποτελεί προτεραιότητα για μελλοντική έρευνα σχετικά με τις εφαρμογές των δικτύων Bayesian λογικής.

Οι συγγραφείς στο άρθρο (Vandecasteele & Napoli, 2012), προτείνουν τη δημιουργία ενός φιλικού προς το χρήστη, οπτικού τρόπου δημιουργίας κανόνων, παρόμοιο με τη διεπαφή Snoggle. Αυτό θα επέτρεπε στους ειδικούς να σχεδιάσουν αυτό που θεωρούν μη φυσιολογική συμπεριφορά. Στη συνέχεια, το σύστημα θα μετέτρεπε αυτά τα σχέδια σε γλώσσα SWRL και θα τα προσθέσει στην οντολογία, διευκολύνοντας τους ειδικούς να δημιουργήσουν κανόνες. Οι συγγραφείς επίσης επισημαίνουν πως η χρήση χωρικών τύπου δεδομένων, όπως αυτοί στις γεωγραφικές βάσεις δεδομένων, θα μπορούσε να βοηθήσει στη βελτίωση του τρόπου με τον οποίο τα συστήματα βασισμένα σε οντολογία λειτουργούν με χωρικές πληροφορίες.

Οι συγγραφείς της εργασίας (Brüggemann et al., 2016), δήλωσαν ότι υπάρχουν μελλοντικά σχέδια για τη βελτίωση του συστήματος και της οντολογίας. Ένας τομέας ανάπτυξης είναι η ομαδοποίηση της καχύποπτης συμπεριφοράς των σκαφών και η δημιουργία συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης για την ενίσχυση της επίγνωσης και τον εντοπισμό πιθανών ύποπτων σκαφών. Επίσης την διαχείριση αβεβαιοτήτων που προκαλούνται από ασυνεπή ή λανθασμένα δεδομένα, καθώς SWRL κανόνες ενδέχεται να αποτύχουν. Αυτές οι προσπάθειες θα στοχεύσουν στην ενίσχυση της ακρίβειας, της αξιοπιστίας του συστήματος και της οντολογίας.

Ως μελλοντική έρευνα οι συγγραφείς (Wen et al., 2019), προτείνουν την δημιουργία μιας σημασιολογική βάσης δεδομένων που θα μπορεί να αποθηκεύει και να αναλύει δεδομένα τροχιάς, με σκοπό της εξόρυξη σημασιολογικών πληροφοριών. Οι συγγραφείς τονίζουν την ανάγκη να διερευνήσουν τις συμπεριφορές των πλοίων στο πλαίσιο των φυσικών περιβαλλοντικών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων του ανέμου, των κυμάτων και των ρευμάτων. Αυτή η έρευνα θα τους βοηθήσει να εξάγουν πιο ουσιαστικές συμπεριφορές από δεδομένα τροχιάς, όπως συμπεριφορές σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες.

Στο άρθρο (Strinyuk et al., 2021), ως επόμενο βήμα στην έρευνα τους έχουν το να βρεθούν τρόποι κατανόησης του πως οι διαφορετικές έννοιες που αντλήθηκαν συνδέονται μεταξύ τους. Δηλαδή στην αυτοματοποίηση του δεύτερου βασικού βήματος στην δημιουργία μιας οντολογίας. Με αυτό τον τρόπο θα αναπτυχθεί μια μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, όχι μόνο σε θαλάσσια θέματα.

Παρατηρούμε πως την τελευταία δεκαετία, οι μελλοντικές ερευνητικές προτάσεις για συστήματα παρουσιάζουν μια αλλαγή στην εστίαση και την επέκταση του πεδίου εφαρμογής. Οι πρώτες προτάσεις τόνισαν τη σημασία προσθήκης περισσότερων περιπτώσεων και μεταβλητών υπολογισμού για την ενίσχυση της ακρίβειας των συστημάτων ανίχνευσης. Καθώς το πεδίο εξελισσόταν, οι ερευνητές άρχισαν να εξερευνούν τις δυνατότητες συνδυασμού οντολογιών με άλλα εργαλεία του συστήματος για τη δημιουργία πιο ολοκληρωμένων και προσαρμοσμένων συστημάτων. Αργότερα, η ευκολία δημιουργίας κανόνων και η χρήση χωρικών δεδομένων έγινε προτεραιότητα, επιτρέποντας στους χρήστες να προσαρμόσουν καλύτερα τα συστήματα σε συγκεκριμένα σενάρια και περιβάλλοντα. Πιο πρόσφατα, οι ερευνητές έχουν επικεντρωθεί στην ενσωμάτωση σημασιολογικής εξόρυξης δεδομένων και περιβαλλοντικών παραγόντων για να

βελτιώσουν την ικανότητά τους να εντοπίζουν ανωμαλίες. Στις τελευταίες προτάσεις, η έμφαση δόθηκε στην κατανόηση και την αυτοματοποίηση των σχέσεων μεταξύ των εννοιών στον ναυτιλιακό τομέα, γεγονός που μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω τις δυνατότητες των συστημάτων. Αυτή η χρονολογική εξέλιξη των ερευνητικών προτάσεων υπογραμμίζει την αυξανόμενη πολυπλοκότητα και το βάθος της κατανόησης στο πεδίο, ανοίγοντας το δρόμο για πιο προηγμένα και αποτελεσματικά συστήματα οντολογιών για ανίχνευση θαλάσσιων ανώμαλων στο μέλλον.

Τίτλος	Συγγραφείς	Έτος	Όνομα συστήματος	Κύρια δραστηριότητα	Ταυτοποίηση
Ontology-Based Fuzzy-CBR Support System for Ship's Collision Avoidance	Park, Benedictos, Lee, Wang	2007	Fuzzy-Case Based Reasoning	Αποφυγή σύγκρουσης	Μέτρηση αποστάσεων μεταξύ σκαφών
Modeling a Probabilistic Ontology for Maritime Domain Awareness	Carvalho, Haberlin, Costa, Laskey, Chang	2011	Maritime Domain Awareness	Αναγνώριση καχύποπτης ενέργειας	Κύκλοι μοντελοποίησης, βάση ερωτήσεων
An Enhanced Spatial Reasoning Ontology for Maritime Anomaly Detection	Vandecasteele, Napoli	2012	Spatial Reasoning Ontology	Χαρακτηρισμός καχύποπτης ενέργειας	Σημασιολογικός και χωρικός συλλογισμός
Ontology-based Data Access for Maritime Security	Bruggemann, Bereta, Xiao, Koubarakis	2016	Real-time Maritime Situation Awareness System	Ενσωμάτωση δεδομένων από διαφορετικές πηγές	Χρήση εξωτερικών συστημάτων, ερωτημάτων και κανόνων
Semantic Modelling of Ship Behavior in Harbor Based on Ontology and Dynamic Bayesian Network	Yuanqiao, Yimeng, Liang, Chunhui, Changshi, Fan, Xin, Wenqiang, Zhongyi	2019	Semantic Model of Ship Behavior	Αναγνώριση και αιτιολόγηση συμπεριφοράς στον λιμενικό χώρο	Γεωγραφική και σημασιολογική ανάλυση ενεργειών
Corpus Based Information Extraction Approach for Marine Ontology Development	Strinyuk, Scherbakova, Lanin	2021	IMO concept based Ontology	Εξόρυξη ορισμών για δημιουργία κοινού λεξιλογίου	Δεν γίνεται αναφορά

Σχήμα 3. Αρχικός διαχωρισμός παραγόντων

Όνομα συστήματος	Έλεγχος προηγούμενων υποθέσεων	Σκοπός οντολογίας	Μεταβλητές οντολογίας	Χαρακτηριστικά οντολογίας	Εργαλεία
Fuzzy-Case Based Reasoning	Αποθηκευμένα σενάρια στην οντολογία	Αποθήκευση και εξόρυξη σεναρίων	Μεταβλητές απόστασης	Αποθήκευση δεδομένων ασαφής λογικής	OntoEdit, Protege-2000, Ontolingua
Maritime Domain Awareness	Κύκλοι μοντελοποίησης, βάση ερωτήσεων	Βελτίωση και υποστήριξη εύλογου συλλογισμού	Οι μεταβλητές δημιουργούνται με βάση τις απαιτήσεις και τους στόχους του μοντέλου	Πιθανολογική οντολογία	Δεν γίνεται αναφορά
Spatial Reasoning Ontology	Προκαθορισμένοι κανόνες και περιπτώσεις	Ενσωμάτωση δεδομένων και ενίσχυση χωρικών συλλογιστικών ικανοτήτων	Μεταβλητές τόπου, ιδιότητας και κατάστασης	Συνδυαστική χωρική οντολογία	OWL-API, Java, Pellet, διαδραστικός χάρτης
Real-time Maritime Situation Awareness System	Δεν γίνεται αναφορά	Οντολογική προσέγγιση για χαρτογράφηση δεδομένων και παρακολούθησης κινήσεων	Μεταβλητές τόπου, ιδιότητας και κατάστασης.	Οντολογία κίνησης για μοντελοποίηση δεδομένων	OGC GeoSPARQL, Ontop, Sextant
Semantic Model of Ship Behavior	Κανόνες πρόληψης συγκρούσεων και διαχείρισης κυκλοφορίας	Μοντελοποίηση ενεργειών λιμενικού χώρου	Μεταβλητές τόπου, ιδιότητας και τροχίας	Ειδικού τομέα	OWL-API, DBN
IMO concept based Ontology	Δεν γίνεται αναφορά	Οργάνωση και διαχείριση μεταβαλλόμενων ναυτιλιακών κανονισμών	Οντότητες, ιδιότητες αντικειμένων, σχέσεις, γεγονότα, όροι θέματος και απόψεις	Λεξιλογίου θησαυρού	GATE (General Architecture for Text Engineering)

Σχήμα 4. Αρχικός διαχωρισμός παραγόντων (συνέχεια)

Όνομα συστήματος	Γλώσσες	Αιτιολόγηση	Ανάπτυξη ερωτημάτων	Εμφάνιση αποτελεσμάτων	Target group	Μελλοντικές έρευνες
Fuzzy-Case Based Reasoning	OWL	Γεωγραφικός συλλογισμός βάση περιπτώσεων	Δεν γίνεται αναφορά	Δεν γίνεται αναφορά	Αξιωματικοί πλοήγησης με ελάχιστη εμπειρία	Βελτίωση προσθέτοντας περισσότερες περιπτώσεις και υπολογιστικές μεταβλητές
Maritime Domain Awareness	PR-OWL	Multi-Entity Bayesian Networks	Δεν γίνεται αναφορά	Δεν γίνεται αναφορά	Έμπειρο προσωπικό για ενίσχυση του συστήματος	Συνδυασμός οντολογιών και μελέτη επεκτασιμότητας
Spatial Reasoning Ontology	OWL 2, SWRL	Pellet	Δεν γίνεται αναφορά	Οπτική χρωματική αναπαράσταση	Ειδικοί ναυτιλιακού τομέα	Διευκόλυνση στην δημιουργία κανόνων και χρήση χωρικών δεδομένων
Real-time Maritime Situation Awareness System	OWL 2 QL, SPARQL	Δεν γίνεται αναφορά	Εξόρυξη δεδομένων οντολογίας με SPARQL	Εικονική αναπαράσταση με το Sextant	Υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων	Εντοπισμός καχύποπτος ενέργειας και ενίσχυση επίγνωσης
Semantic Model of Ship Behavior	OWL, SPARQL	Δυναμικό Bayesian δίκτυο	Κατανόηση πληροφοριών και λήψη προειδοποιήσεων	Δεν γίνεται αναφορά	Αξιωματικοί πλοίων και υπεύθυνους λήψης αποφάσεων	Εξόρυξη σημασιολογικών δεδομένων και περιβαλλοντικοί παράγοντες
IMO concept based Ontology	JAPE (Java Annotation Patterns Engine)	Δεν γίνεται αναφορά	Δεν γίνεται αναφορά	Δεν γίνεται αναφορά	Ναυτιλιακή κοινότητα και εκπαίδευση	Κατανόηση και αυτοματοποίηση σχέσεων μεταξύ εννοιών

Σχήμα 5. Αρχικός διαχωρισμός παραγόντων (συνέχεια)

Γ'.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

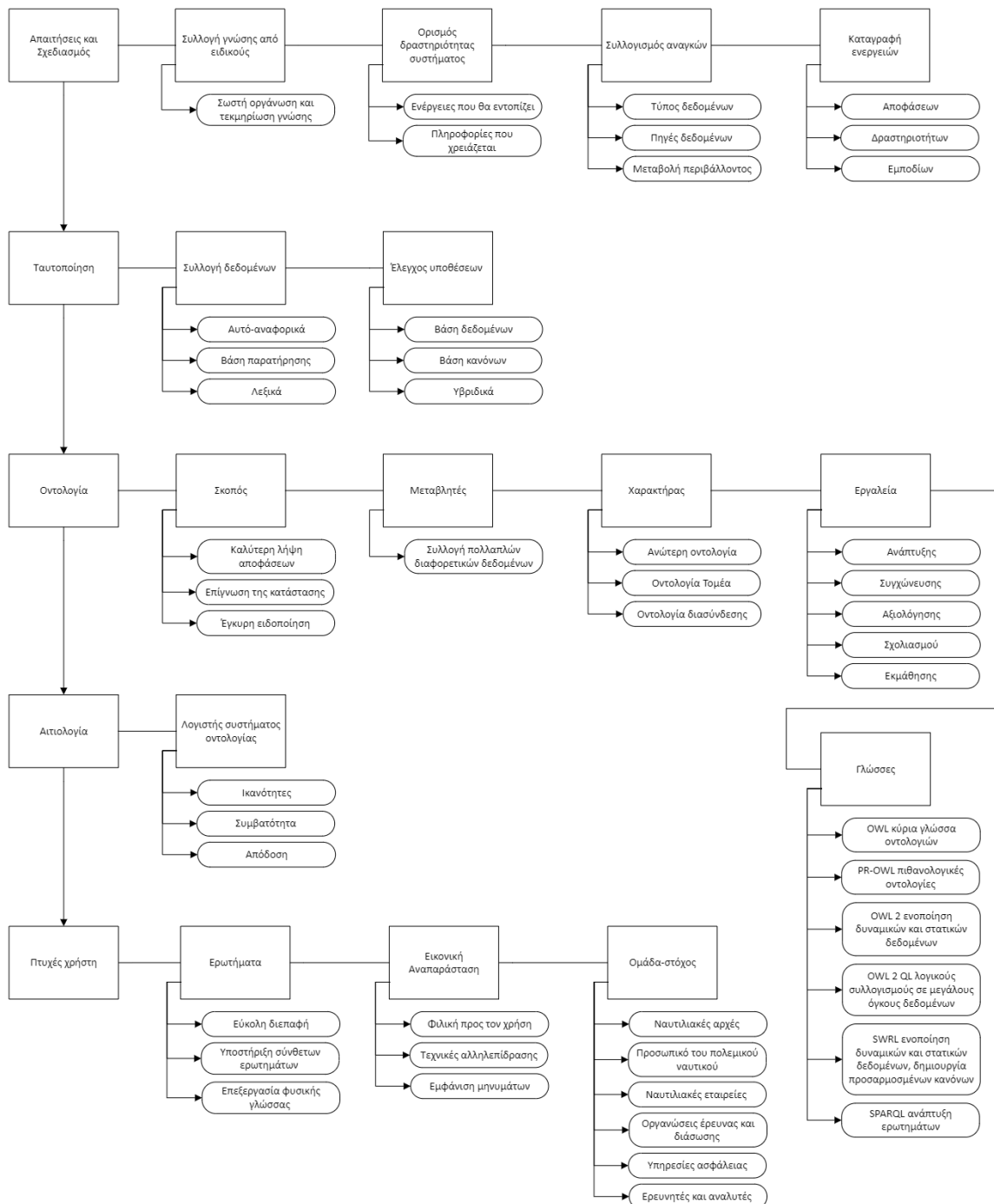
Στην έρευνα τους οι (Kotis et al., 2020) επισημαίνουν πως κατά την ανάπτυξη και τον σχεδιασμό της οντολογίας, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ο τρόπος με τον οποίο η οντολογία υποστηρίζει την ενεργό συμμετοχή των διαφορετικών ρόλων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της οντολογίας, παρέχοντας εργαλεία για την ενεργό συμμετοχή τους σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής της οντολογίας. Οι ρόλοι που συμμετέχουν είναι οι εξής: Εμπειρογνώμονες τομέα: Είναι τα άτομα που έχουν τη γνώση και την εξειδίκευση του τομέα και των πηγών δεδομένων. Αυτοί είναι συνήθως επαγγελματίες, που δεν γνωρίζουν γλώσσες οντολογίας, και τις προδιαγραφές. Μηχανικοί οντολογίας: Είναι τα άτομα που έχουν τη γνώση και την εξειδίκευση να κάνουν οντολογικές προδιαγραφές και να συντονίζουν τις εργασίες της οντολογίας. Εργαζόμενοι γνώσης: Είναι τα άτομα που εκμεταλλεύονται την οντολογία σε λειτουργικές συνθήκες, προκειμένου να λύσουν προβλήματα ή να εκτελέσουν εργασίες ανάλυσης βάσει δεδομένων (Kotis et al., 2020, p3). Είναι σημαντικό να έχουμε υπόψη αυτούς τους διαφορετικούς ρόλους κατά την κατασκευή μια οντολογίας καθώς και τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούν με αυτή.

Έπειτα από περεταίρω ανάλυση των παραγόντων που εντοπίσαμε, την διασταύρωση αυτών με παρόμοιες έρευνες πάνω σε οντολογίες θαλάσσιου τομέα, την κατανόηση των αναγκών της κυκλοφορίας στον θαλάσσιο τομέα και τέλος την μελέτη των μεθοδολογιών κατασκευής οντολογίας και των εμπλεκόμενων ρόλων, καταλήξαμε στα παρακάτω βήματα όπως παρουσιάζονται στο σχήμα, τα οποία καθοδηγούν την κατασκευή μιας οντολογίας θαλάσσιου τομέα για τον εντοπισμό ανώμαλης κυκλοφορίας. Μέσα από αυτά τα δομημένα βήματα απαντάμε στο κύριο ερώτημα της εργασίας μας, δηλαδή την αναγνώριση και παρουσίαση των μοτίβων και ενεργειών που στοχεύουν στην αποτελεσματική ανάπτυξη της θαλάσσιας οντολογίας.

Πριν από την κατασκευή της οντολογίας, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη μερικές απαιτήσεις και βήματα σχεδιασμού, όπως περιγράφονται από Kotis et al. (2020). Αυτά τα βήματα αποτελούν το πρώτο στάδιο της κατασκευής του συστήματος, και συμβάλουν στην ομαλή και αποτελεσματική σχεδίαση της οντολογίας.

Αρχικά, πρέπει να συγκεντρώσουμε τους ειδικούς στον τομέα, όπως άτομα που γνωρίζουν για πλοία, τα λιμάνια και την ασφάλεια στη θάλασσα, για να βοηθήσουν στη δημιουργία του συστήματος και την οργάνωση της γνώσης. Δεύτερον, να ορίσουμε με σαφήνεια τι θα καλύπτει το σύστημα, όπως τι είδους ασυνήθιστα συμβάντα θα εντοπίζει και ποιες πληροφορίες θα χρησιμοποιήσει. Επιπλέον πρέπει να συλλογιστούμε συγκεκριμένες ανάγκες για τον εντοπισμό ασυνήθιστων γεγονότων στον θαλάσσιο τομέα. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, την αντιμετώπιση διαφορετικών τύπων πηγών δεδομένων και τον χειρισμό του διαρκώς μεταβαλλόμενου θαλάσσιου περιβάλλοντος. Τέλος πρέπει κάθε ενέργεια που εκτελούμε κατά την κατασκευή του συστήματος να καταγράφεται, συμπεριλαμβανομένων τυχόν αποφάσεων που ελήφθησαν και προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν, ώστε μελλοντικοί προγραμματιστές να μπορούν να ενημερωθούν με ευκολία για το σύστημα (Kotis et al., 2020).

Το παρακάτω σχεδιάγραμμα παρουσιάζει τα στάδια στην κατασκευή της οντολογίας αλλά επίσης και υποκατηγορίες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη του συστήματος.



Σχήμα 6. Στάδια κατασκευής οντολογίας

Στο παρακάτω κείμενο, θα εμβαθύνουμε στη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης ενός θαλάσσιου συστήματος που βασίζεται σε μια οντολογία για αναγνώριση ανώμαλης συμπεριφορά.

Αυτό το σύστημα, καθοδηγούμενο από ένα πλαίσιο πέντε βημάτων όπως παρουσιάζεται στο παραπάνω σχεδιάγραμμα, περιλαμβάνει μια σειρά δραστηριοτήτων, από τη συλλογή γνώσεων από ειδικούς και τον καθορισμό των δραστηριοτήτων του συστήματος έως τη δημιουργία μιας οντολογίας και την ενσωμάτωση πτυχών χρήστη. Κάθε βήμα του πλαισίου, συμπεριλαμβανομένων των επιμέρους βημάτων και των καθηκόντων του, εξηγείται σε απλή γλώσσα για να διασφαλιστεί η σαφής κατανόηση.

1) Απαιτήσεις και Σχεδιασμός

a) Συλλογή γνώσης από ειδικούς

Αυτό είναι το αρχικό στάδιο όπου συμβουλευόμαστε ειδικούς σε θέματα ναυτιλιακών συστημάτων και ανώμαλων συμπεριφορών οι οποίοι παρέχουν πολύτιμες γνώσεις που αποτελούν τη βάση για την οντολογία.

i) Σωστή οργάνωση και τεκμηρίωση γνώσης

Οργάνωση της πληροφορίας που συλλέχτηκε σε συστηματική και προσβάσιμη μορφή. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αναφορές, βάσεις δεδομένων ή διαγράμματα.

b) Ορισμός δραστηριότητας συστήματος

Προσδιορίζουμε ποιες ενέργειες θα εντοπίσει και θα παρακολουθήσει το σύστημα.

i) Ενέργειες που θα εντοπίζει

Προσδιορίζουμε συγκεκριμένες συμπεριφορές ή μοτίβα που το σύστημα θα πρέπει να αναγνωρίσει ως μη φυσιολογικές.

ii) Πληροφορίες που χρειάζεται

Καθορίζουμε τα δεδομένα που χρειάζεται το σύστημα για να πραγματοποιήσει το έργο ανίχνευσης.

c) Συλλογισμός αναγκών

Προσδιορισμός και αξιολόγηση των αναγκών του συστήματος.

i) Τύπος δεδομένων

Προσδιορίζουμε τη μορφή και τον τύπο των δεδομένων που θα χειριστεί το σύστημα.

ii) Πηγές δεδομένων

Προσδιορίζουμε και μελετάμε από πού θα λάβει το σύστημα τα δεδομένα του.

iii) Μεταβολή περιβάλλοντος

Λαμβάνουμε υπόψη τις πιθανές αλλαγές στο λειτουργικό περιβάλλον και πώς θα μπορούσαν να επηρεάσουν το σύστημα.

d) Καταγραφή ενεργειών

Καταγράφουμε τις αποφάσεις, τις δραστηριότητες και τα εμπόδια κατά την ανάπτυξη του συστήματος.

i) Αποφάσεων

Τεκμηριώνουμε όλες τις αποφάσεις που ελήφθησαν κατά τη διαδικασία σχεδιασμού.

ii) Δραστηριοτήτων

Καταγραφή όλων των δραστηριοτήτων που πραγματοποιήθηκαν κατά τις φάσεις σχεδιασμού και υλοποίησης.

iii) Εμποδίων

Καταγραφή τυχόν προκλήσεων που παρουσιάστηκαν και πώς αντιμετωπίστηκαν.

2) Ταυτοποίηση

a) Συλλογή δεδομένων

Συγκεντρώνουμε τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν από το σύστημα.

i) Αυτό-αναφορικά

Δεδομένα που παράγει το σύστημα για τις δικές του λειτουργίες ή που τα αντικείμενα παρακολούθησης, σε αυτή την περίπτωση τα πλοία, παρέχουν από μόνα τους.

ii) Βάση παρατήρησης

Στοιχεία που προέρχονται από την παρακολούθηση των θαλάσσιων δραστηριοτήτων.

iii) Λεξικά

Λεξικά ή βάσεις δεδομένων όρων που σχετίζονται με θαλάσσιες δραστηριότητες και ανώμαλη συμπεριφορά.

b) Έλεγχος υποθέσεων

Επικυρώνουμε τις υποθέσεις μας σχετικά με την ανώμαλη συμπεριφορά, βάση προηγούμενων περιπτώσεων.

i) Βάση δεδομένων

Χρησιμοποιούμε δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων για να ελέγξουμε τις υποθέσεις.

ii) Βάση κανόνων

Χρησιμοποιούμε προκαθορισμένους κανόνες για να επικυρώσουμε τις υποθέσεις.

iii) Υβριδικά

Συνδυασμός προσεγγίσεων που βασίζονται σε βάσεις δεδομένων και προσεγγίσεις βασισμένες σε κανόνες για μια πιο ισχυρή επικύρωση.

3) Οντολογία

a) Σκοπός

Ορίζουμε τι προορίζεται να επιτύχει η οντολογία.

i) Καλύτερη λήψη αποφάσεων

Η οντολογία θα πρέπει να διευκολύνει την καλύτερη λήψη αποφάσεων παρέχοντας σαφή, δομημένη γνώση.

ii) Επίγνωση της κατάστασης

Θα πρέπει να βελτιώσει την κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης των θαλάσσιων δραστηριοτήτων.

iii) Έγκαιρη ειδοποίηση

Θα πρέπει να επιτρέπει την ακριβή ανίχνευση και ειδοποίηση ανώμαλης συμπεριφοράς.

b) Μεταβλητές

Προσδιορίζουμε τους διαφορετικούς τύπους δεδομένων που θα συλλέξει το σύστημα.

i) Συλλογή πολλαπλών διαφορετικών δεδομένων

Το σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να χειρίζεται μια ποικίλα τύπων και μορφών δεδομένων.

c) Χαρακτήρας

Ορίζουμε τη φύση της οντολογίας.

i) Ανώτερη οντολογία

Μια οντολογία υψηλού επιπέδου που καλύπτει γενικές έννοιες που ισχύουν σε πολλούς τομείς.

- ii) Οντολογία Τομέα
Μια οντολογία ειδική για τον θαλάσσιο τομέα.
- iii) Οντολογία διαδικασιών
Μια οντολογία που εστιάζει σε διαδικασίες και δράσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- iv) Οντολογία διασύνδεσης
Μια οντολογία που περιγράφει πώς αλληλοεπιδρούν διαφορετικές οντότητες στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- d) Εργαλεία
Επιλέγουμε τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη, τη συγχώνευση, την αξιολόγηση, τον σχολιασμό και την εκμάθηση της οντολογίας.
 - i) Ανάπτυξης
Λογισμικό ή μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της οντολογίας.
 - ii) Συγχώνευσης
Λογισμικό ή μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για το συνδυασμό οντολογιών αλλά και λοιπών εργαλείων με αυτή.
 - iii) Αξιολόγησης
Λογισμικό ή μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας της οντολογίας.
 - iv) Σχολιασμού
Λογισμικό ή μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για τη ερμηνεία γνώσης και την επίβλεψη λειτουργιών σχετικά με την οντολογία.
 - v) Εκμάθησης
Λογισμικό ή μεθοδολογίες που βοηθούν τους χρήστες να κατανοήσουν και να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά την οντολογία.
- e) Γλώσσες
Αυτές είναι οι γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την οντολογία και τη δομή των δεδομένων μέσα σε αυτήν.
 - i) OWL κύρια γλώσσα οντολογιών
Είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη γλώσσα για τη δημιουργία οντολογιών λόγω της ευελιξίας και της ισχύς της.
 - ii) PR-OWL πιθανολογικές οντολογίες
Χρησιμοποιείται όταν υπάρχει ανάγκη να ενσωματωθεί η αβεβαιότητα στην οντολογία.
 - iii) OWL 2 ενοποίηση δυναμικών και στατικών δεδομένων
Είναι μια πιο προηγμένη έκδοση της OWL, ικανή να ενσωματώνει τόσο δυναμικά μεταβαλλόμενα όσο και στατικά αμετάβλητα δεδομένα.
 - iv) OWL 2 QL λογικός συλλογισμός σε μεγάλους όγκους δεδομένων
Έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές που πρέπει να εκτελούν γρήγορα και αποτελεσματικά λογικό συλλογισμό σε μεγάλες ποσότητες δεδομένων.
 - v) SWRL ενοποίηση δυναμικών και στατικών δεδομένων, δημιουργία προσαρμοσμένων κανόνων
Επιτρέπει να γράψουμε κανόνες που θα εφαρμοστούν στην οντολογία, προσφέροντας έναν τρόπο περαιτέρω προσαρμογής της αναπαράστασης γνώσης.
 - vi) SPARQL ανάπτυξη ερωτημάτων

Είναι μια γλώσσα που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε μορφή οντολογίας.

4) Αιτιολογία

a) Λογιστής συστήματος οντολογίας

Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του λογιστή του συστήματος οντολογίας για να διασφαλίσουμε ότι λειτουργεί όπως προβλέπεται.

i) Ικανότητες

Ελέγχουμε τη λειτουργικότητα και τις ικανότητες του λογιστή για να βεβαιωθούμε ότι πληροί τις απαιτήσεις.

ii) Συμβατότητα

Ελέγχουμε ότι ο λογιστής είναι συμβατός με άλλα συστήματα με τα οποία χρειάζεται να αλληλοεπιδράσει.

iii) Απόδοση

Αξιολογήστε πόσο καλά αποδίδει ο λογιστής όσον αφορά την ταχύτητα, την ακρίβεια και την αξιοπιστία.

5) Πτυχές χρήστη

a) Ερωτήματα

Σχετίζονται με τον τρόπο αλληλεπίδρασης των χρηστών με το σύστημα.

i) Εύκολη διεπαφή

Σχεδιάζουμε το σύστημα ώστε να είναι φιλικό προς τον χρήστη και να είναι εύκολο για τους χρήστες να εισάγουν ερωτήματα.

ii) Υποστήριξη σύνθετων ερωτημάτων

Βεβαιωνόμαστε ότι το σύστημα μπορεί να χειριστεί σύνθετα ερωτήματα που μπορεί να περιλαμβάνουν πολλαπλές μεταβλητές.

iii) Επεξεργασία φυσικής γλώσσας

Ενσωματώνουμε τεχνολογία που επιτρέπει στο σύστημα να κατανοεί ερωτήματα σε φυσική γλώσσα, αλλά και να μεταφράζει τα αποτελέσματα σε φυσική γλώσσα.

b) Εικονική Αναπαράσταση

Αναφερόμαστε στον τρόπο με τον οποίο εμφανίζονται οι πληροφορίες στον χρήστη.

i) Φιλική προς τον χρήστη

Η πλατφόρμα πρέπει είναι κατανοητή και εύκολη στην πλοήγηση.

ii) Τεχνικές αλληλεπίδρασης

Ενσωματώνουμε τρόπους αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα, όπως κλικ, μεταφορά ή πληκτρολόγηση.

iii) Εμφάνιση μηνυμάτων

Τα μηνύματα του συστήματος, όπως ειδοποιήσεις ή ενημερώσεις, πρέπει να εμφανίζονται με κατανοητό για τον χρήστη τρόπο.

c) Ομάδα-στόχος

Προσδιορίζουμε τα άτομα ή τους οργανισμούς που θα χρησιμοποιήσουν το σύστημα.

i) Ναυτιλιακές αρχές

Πρόκειται για κρατικούς φορείς που επιβλέπουν τις θαλάσσιες δραστηριότητες.

ii) Προσωπικό του πολεμικού ναυτικού

Μέλη του ναυτικού που μπορούν να χρησιμοποιούν το σύστημα για δραστηριότητες παρακολούθησης.

- iii) Ναυτιλιακές εταιρείες
Επιχειρήσεις που εμπλέκονται σε θαλάσσιες δραστηριότητες, όπως ναυτιλιακές ή αλιευτικές εταιρείες, οι οποίες ενδέχεται να χρησιμοποιούν το σύστημα για λόγους ασφάλειας.
- iv) Οργανώσεις έρευνας και διάσωσης
Ομάδες που μπορεί να χρησιμοποιήσουν το σύστημα για να βοηθήσουν σε επιχειρήσεις διάσωσης.
- v) Υπηρεσίες ασφάλειας
Αυτές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν αστυνομία ή ιδιωτικές εταιρείες ασφαλείας που πρέπει να παρακολουθούν τις θαλάσσιες δραστηριότητες.
- vi) Ερευνητές και αναλυτές
Άτομα που μελετούν θαλάσσιες δραστηριότητες ή ανώμαλη συμπεριφορά θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το σύστημα για τη συλλογή δεδομένων για την μελέτη τους.

Κατά τη διαδικασία μελέτης και σχεδιασμού του συστήματος οντολογίας για ανώμαλη συμπεριφορά, το παρεχόμενο βήματα χρησιμεύουν ως μια ολοκληρωμένη αλλά και ευέλικτη κατευθυντήρια γραμμή. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η αναγκαιότητα και η υλοποίηση του κάθε βήματος εξαρτάται από τις μοναδικές συνθήκες και απαιτήσεις του εν λόγω συστήματος. Όταν εξετάζουμε την επιλογή γλωσσών ή εργαλείων οντολογίας, για παράδειγμα, δεν θα πρέπει να την εκλάβουμε όλες τις διαθέσιμες επιλογές ως αναγκαίες. Αντίθετα, αυτό το στάδιο θα πρέπει να προσεγγίζεται ανάλογα με την περίπτωση. Δεδομένων των διαφορετικών αναγκών και ικανοτήτων των συστημάτων, η διαδικασία επιλογής απαιτεί προσεκτική αξιολόγηση κάθε εργαλείου και γλώσσας, παρόμοια με την επιλογή του καταλληλότερου οργάνου από μια εργαλειοθήκη για μια συγκεκριμένη εργασία. Ο στόχος εδώ είναι η βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας και της αποτελεσματικότητας του συστήματος μέσω στοχευμένης επιλογής. Αντίθετα, ορισμένα στάδια της διαδικασίας απαιτούν αυστηρή τήρηση λόγω του κρίσιμου ρόλου τους στην απόδοση του συστήματος. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού είναι το στάδιο της αιτιολόγησης. Ο λογιστής, είτε έχει επιλεγεί είτε έχει αναπτυχθεί ειδικά για το σύστημα, απαιτείται να πληροί όλες τις προβλεπόμενες προϋποθέσεις. Αυτή η αυστηρότητα θα πρέπει να επιβάλλεται στον λογιστή στον τομέα της αξιολόγησης των δυνατοτήτων, της συμβατότητας και της απόδοσης του συστήματος, τα οποία είναι θεμελιώδη για την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα του συστήματος.

Ως εκ τούτου, ενώ το προτεινόμενο πλαίσιο παρέχει έναν λεπτομερή οδικό χάρτη για τη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί με ευελιξία και σύνεση. Είναι δηλαδή ένας οδηγός για την ανάπτυξη ενός συστήματος που ανταποκρίνεται ακριβώς στις ανάγκες των χρηστών του και ενσωματώνεται αρμονικά στο συγκεκριμένο λειτουργικό του περιβάλλον. Ο πρωταρχικός στόχος είναι να διευκολυνθεί η δημιουργία μίας ισχυρής και αποτελεσματικής οντολογίας του ναυτιλιακού τομέα.

Γ'.3 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Ένα από τα πεδία ενδιαφέροντος στην ανάπτυξη συστημάτων οντολογιών είναι αυτό της επεκτασιμότητας. Πολλά από τα συστήματα που εξετάσαμε στοχεύουν στην ενσωμάτωση και διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, παρουσιάζοντας μια πρόκληση όσον αφορά την απόδοση και την επεξεργαστική ισχύ. Στο άρθρο του Delabeye et al. (2022), προτάθηκε ένα πλαίσιο βασισμένο στην οντολογία, με ιδιαίτερη έμφαση στην επεκτασιμότητα για την αντιμετώπιση της πρόκλησης της επαλήθευσης και της επικύρωσης λύσεων ενεργειακής απόδοσης σε διάφορα συστήματα παραγωγής. Η επεκτασιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός προϊόντος ή συστήματος να διατηρεί τις λειτουργικές του ιδιότητες παρά τις αλλαγές στο μέγεθος ή ορισμένες σε παραμέτρους. Καθώς ο όγκος των θαλάσσιων δεδομένων συνεχίζει να αυξάνεται, η ικανότητα των συστημάτων να κλιμακώνονται αποτελεσματικά θα γίνεται όλο και πιο σημαντική. Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη πιο προηγμένων αλγορίθμων και τεχνικών για τη βελτίωση και την επεκτασιμότητας της δομημένης γνώσης που παρέχουν οι οντολογίες.

Εκτός από την επεκτασιμότητα, το απόρρητο και η ασφάλεια είναι άλλοι σημαντικοί τομείς που χρήζουν περαιτέρω μελέτη. Ένας τομέας που δεν έχει αναφερθεί σε κανένα από τα παραπάνω άρθρα. Με την αύξηση του όγκου δεδομένων και την πιθανή μετάβαση προς καταναμεμημένα συστήματα, το απόρρητο και η ασφάλεια παρουσιάζονται ως σημαντικές ανησυχίες. Η διασφάλιση ότι τα ευαίσθητα θαλάσσια δεδομένα προστατεύονται και ότι το σύστημα είναι ασφαλές από εξωτερικές απειλές είναι μείζονος σημασίας. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στον ναυτιλιακό τομέα, όπου τα δεδομένα συχνά περιλαμβάνουν ευαίσθητες πληροφορίες που σχετίζονται με την εθνική ασφάλεια ή εμπορικά συμφέροντα. Η μελλοντική έρευνα σε αυτόν τον τομέα θα μπορούσε να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη ισχυρών πρωτοκόλλων ασφαλείας για συστήματα που βασίζονται στην οντολογία, εξερευνώντας τομείς όπως η κρυπτογράφηση δεδομένων, ο έλεγχος πρόσβασης και η ανίχνευση εισβολών. Επιπλέον, η έρευνα θα μπορούσε επίσης να εξετάσει τεχνικές διατήρησης του απορρήτου, διασφαλίζοντας ότι τα προσωπικά ή ευαίσθητα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτά τα συστήματα χωρίς να διακυβεύεται το ατομικό απόρρητο ή να παραβιάζει τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων.

Γ'.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η τεχνολογία των οντολογιών είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την ανάπτυξη ορολογιών καθώς μπορεί να αποσαφηνίσει τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών και να μειώσει την ασάφεια. Καταγράφοντας συγκεκριμένες βάσεις γνώσεων σε ορισμένους τομείς, όπως ο τομέας της θαλάσσιας κυκλοφορίας, η οντολογία μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία πιο ακριβών και πολύτιμων ορολογιών. Επιπλέον, η ικανότητα της οντολογίας να αυτοματοποιεί τον συλλογισμό σχετικά με τα δεδομένα, διευκολύνει την εφαρμογή της σε βάσεις δεδομένων σημασιολογικών εννοιών και υποστηρίζει μια ποικιλία αναπαραστάσεων δεδομένων. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την ενοποίηση δεδομένων, την εξόρυξη κειμένου και την ανάλυση των βάσεων δεδομένων, καθιστώντας την οντολογία πολύτιμη πηγή σε πολλούς τομείς (Liyana et al., 2019).

Ο ναυτιλιακός τομέας λαμβάνει καθοριστικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία και την ασφάλεια, καθιστώντας απαραίτητη την έρευνα και ανάπτυξη για τη βελτιστοποίηση της

δραστηριότητας και την αντιμετώπιση πιθανών προκλήσεων. Το πλαίσιο που αναπτύχθηκε σε αυτή τη μελέτη συνδυάζει μια βαθύτερη κατανόηση των προτύπων ανάπτυξης και των εργαλείων που απαιτούνται για την αποτελεσματική ανίχνευση ανωμαλιών στη θαλάσσια κυκλοφορία. Αναδεικνύοντας τους βασικούς πυλώνες στη διαδικασία ανάπτυξης και τα απαραίτητα βήματα για τη δημιουργία αποτελεσματικών οντολογιών, το πλαίσιο επιτρέπει στους ερευνητές και τους προγραμματιστές να κατανοήσουν καλύτερα τις θεμελιώδεις αρχές και μεθοδολογίες στην ανάπτυξη της οντολογίας. Αυτό διευκολύνει για καλύτερα ενημερωμένες αποφάσεις κατά τον σχεδιασμό του συστήματος, αλλά επίσης ενισχύει την ανώμαλη δραστηριότητα και τον εντοπισμό κινήσεων στον ναυτιλιακό τομέα.

Τα αποτελέσματα αυτής της βιβλιογραφικής ανασκόπησης χρησιμεύουν ως πολύτιμη πηγή για μελλοντική έρευνα και ανάλυση στον τομέα των συστημάτων που βασίζονται στην οντολογία. Τονίζουν επίσης τη σημασία της μελέτης αυτού του ζωτικού τομέα. Το πλαίσιο μπορεί να αποτελέσει την βάση για την ανάπτυξη πιο εξελιγμένων συστημάτων στο μέλλον. Οι μελλοντικές μελέτες μπορούν να βασιστούν σε αυτό το πλαίσιο για να εξελίσσουν την κατανόηση και την εφαρμογή των οντολογιών, οδηγώντας σε ακόμη πιο προηγμένες λύσεις στις προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο ναυτιλιακός τομέας.

Ωστόσο, η μελλοντική έρευνα πρέπει να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις της επεκτασιμότητας, της ιδιωτικότητας και της ασφάλειας στην ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων που βασίζονται σε οντολογία. Η επεκτασιμότητα είναι απαραίτητη για τον χειρισμό του συνεχώς αυξανόμενου όγκου ναυτιλιακών δεδομένων, ενώ η διασφάλιση της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας είναι πρωταρχικής σημασίας λόγω της ευαίσθητης φύσης των πληροφοριών σε αυτόν τον τομέα. Συμπερασματικά, η οντολογία παρουσιάζει μια προσέγγιση για τη βελτίωση των συστημάτων θαλάσσιας κυκλοφορίας, επιτρέποντας πιο αποτελεσματικό εντοπισμό ανωμαλιών και συμβάλλοντας στη συνολική ασφάλεια και αποτελεσματικότητα του παγκόσμιου ναυτιλιακού τομέα. Συνεχίζοντας να εξερευνούμε και να βελτιώνουμε τις μεθοδολογίες και τις τεχνολογίες που σχετίζονται με την οντολογία, είναι δυνατό να προωθήσουμε περαιτέρω την κατανόηση και τις δυνατότητές μας σε αυτό το κρίσιμο πεδίο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abburu, S. (2012). A Survey on Ontology Reasoners and Comparison. *International Journal of Computer Applications*, 57(17), 975–8887.
- Almendros-Jiménez, J. M., & Becerra-Terón, A. (2021). Discovery and diagnosis of wrong SPARQL queries with ontology and constraint reasoning. *Expert Systems with Applications*, 165, 113772. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2020.113772>
- Antoniou, G., & Frank van Harmelen. (2009). *Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό* (Δεύτερη έκδοση). Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Apache Software Foundation. (2011). *Apache Jena - Jena Ontology API*. Ontology - Support for Handling OWL Models in Jena. <https://jena.apache.org/documentation/ontology/>
- Arrigan, C., Emmitt, R., & Singer, D. (2022, June 26). Ontologies in the Marine Domain and Use Cases for Autonomous Vessel Design and Other Novel Designs. *Day 2 Mon, June 27, 2022*. <https://doi.org/10.5957/IMDC-2022-342>
- Brüggemann, S., Bereta, K., Xiao, G., & Koubarakis, M. (2016). Ontology-based data access for maritime security. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9678, 741–757. https://doi.org/10.1007/978-3-319-34129-3_45/FIGURES/10
- Carvalho, R., Laskey, K., Costa, P., Ladeira, M., Santos, L., & Matsumoto, S. (2010). UnBBayes: Modeling Uncertainty for Plausible Reasoning in the Semantic Web. *Semantic Web*. <https://doi.org/10.5772/7315>
- Carvalho, R., Laskey, K., Costa, P., Ladeira, M., Santos, L., Matsumoto, S., Carvalho, R., Laskey, K., Costa, P., Ladeira, M., Santos, L., & Matsumoto, S. (2010). UnBBayes: Modeling Uncertainty for Plausible Reasoning in the Semantic Web. *Semantic Web*. <https://doi.org/10.5772/7315>
- Carvalho, R. N., Haberman, R., Costa, P. C. G., Laskey, K. B., & Chang, K. C. (2011). Modeling a probabilistic ontology for Maritime Domain Awareness. *14th International Conference on Information Fusion*, 1–8.
- Cesar, P., & da Costa, G. (2005). *BAYESIAN SEMANTICS FOR THE SEMANTIC WEB*.
- Chang, Y. S., Fan, C. T., Lo, W. T., Hung, W. C., & Yuan, S. M. (2015). Mobile cloud-based depression diagnosis using an ontology and a Bayesian network. *Future Generation Computer Systems*, 43–44, 87–98. <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2014.05.004>
- Cheng, B., Zhang, Y., & Shi, D. (2018). Ontology-Based Personalized Learning Path Recommendation for Course Learning. *Proceedings - 9th International Conference on Information Technology in Medicine and Education, ITME 2018*, 531–535. <https://doi.org/10.1109/ITME.2018.00123>

- Delabeye, R., Penas, O., & Plateaux, R. (2022). *Scalable Ontology-Based V&V Process for Heterogeneous Systems and Applications*. <https://doi.org/10.1145/3550356.3561577i>
- Dreyer, S., Olivotti, D., Lebek, B., & Breitner, M. H. (2019). Focusing the customer through smart services: a literature review. *Electronic Markets*, 29(1), 55–78. <https://doi.org/10.1007/S12525-019-00328-Z/TABLES/7>
- Dudás, M., Lohmann, S., Svátek, V., & Pavlov, D. (2018). Ontology visualization methods and tools: a survey of the state of the art. *The Knowledge Engineering Review*, 33, e10. <https://doi.org/10.1017/S0269888918000073>
- Dyachenko, O., & Zagorulko, Y. (2014). A collaborative development of ontology-based knowledge bases. *Communications in Computer and Information Science*, 468, 219–228. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11716-4_19/COVER
- EMSec – Maritime security - DLR Portal*. (n.d.). Retrieved 9 August 2022, from https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2016/20160909_emsec-maritime-security_19273.html
- Gausdal, A. H., Czachorowski, K. V., & Solesvik, M. Z. (2018). Applying Blockchain Technology: Evidence from Norwegian Companies. *Sustainability 2018, Vol. 10, Page 1985*, 10(6), 1985. <https://doi.org/10.3390/SU10061985>
- Khamparia, A., & Pandey, B. (2017). Comprehensive analysis of semantic web reasoners and tools: a survey. *Education and Information Technologies*, 22(6), 3121–3145. <https://doi.org/10.1007/S10639-017-9574-5/FIGURES/8>
- Kotis, K. I., Vouros, G. A., & Spiliotopoulos, D. (2020). Ontology engineering methodologies for the evolution of living and reused ontologies: status, trends, findings and recommendations. *The Knowledge Engineering Review*, 35, e4. <https://doi.org/10.1017/S0269888920000065>
- Lee, C. S., Jian, Z. W., & Huang, L. K. (2005). A fuzzy ontology and its application to news summarization. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 35(5), 859–880. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2005.845032>
- Lekkas, D. (2007). *MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence | AIS Marine Traffic*. University of the Aegean. <https://www.marinetraffic.com>
- Liu, N., Li, G., & Sun, L. (2010). Using formal concept analysis for maritime ontology building. *Proceedings - 2010 International Forum on Information Technology and Applications, IFITA 2010*, 2, 159–162. <https://doi.org/10.1109/IFITA.2010.328>
- Liyana, N., Mohd, L., Law, F., Mahmoud, M. A., Tang, A. Y. C., Lim, F.-C., Kasim, H., Othman, M., & Yong, C. (2019). A Review of Ontology Development Aspects. *IJACSA International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(7). www.ijacsa.thesai.org

- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford University.
- Noy, N. F., Sintek, M., Decker, S., Crubezy, M., & Ferguson, R. (2001). Creating Semantic Web Contents with Protégé-2000. *IEEE Intelligent Systems*, 16(2), 60–71.
<https://doi.org/10.1109/5254.920601>
- Park, G.-K., Benedictos, J. L. R. M., Lee, C.-S., & Wang, M.-H. (2007). Ontology-Based Fuzzy-CBR Support System for Ship's Collision Avoidance. *2007 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 4, 1845–1850.
<https://doi.org/10.1109/ICMLC.2007.4370448>
- Raud, Z., Vodovozov, V., Petlenkov, E., & Serbin, A. (2018). Ontology-based design of educational trajectories. *2018 IEEE 59th Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, RTU CON 2018 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/RTU CON.2018.8659893>
- Riveiro, M., Pallotta, G., & Vespe, M. (2018). Maritime anomaly detection: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(5), e1266.
<https://doi.org/10.1002/WIDM.1266>
- Strinyuk, S., Scherbakova, I., & Lanin, V. (2021). Corpus Based Information Extraction Approach for Marine Ontology Development. *15th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2021*.
<https://doi.org/10.1109/AICT52784.2021.9620410>
- Sure, Y., Erdmann, M., Angele, J., Staab, S., Studer, R., & Wenke, D. (2002). OntoEdit: Collaborative ontology development for the semantic web. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2342 LNCS, 221–235. https://doi.org/10.1007/3-540-48005-6_18
- Tijan, E., Jović, M., Aksentijević, S., & Pucihar, A. (2021). Digital transformation in the maritime transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120879.
<https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.120879>
- Toraki, K. (2017). Ορολογία, οντολογία και οντοορολογία: επισκόπηση των εννοιών και συζήτηση για τη σχέση μεταξύ τους / Terminology, ontology and ontoterminology: overview of the concepts and discussion on the relation among them. *11ο Συνέδριο «Ελληνική Γλώσσα Και Ορολογία» / 11th Conference 'Hellenic Language and Terminology'*.
https://www.researchgate.net/publication/322930865_Orologia_ontologia_kai_ontoorologia_episkopese_ton_ennoion_kai_syzetese_gia_te_schese_metaxy_tous_Terminology_ontology_and_ontoterminology_overview_of_the_concepts_and_discussion_on_the_relation_among

- Van Westrenen, F., & Baldauf, M. (2020). *Improving conflicts detection in maritime traffic: Case studies on the effect of traffic complexity on ship collisions*. 234(1), 209–222. <https://doi.org/10.1177/1475090219845975>
- Vandecasteele, A., & Napoli, A. (2012). An enhanced spatial reasoning ontology for maritime anomaly detection. *Proceedings - 2012 7th International Conference on System of Systems Engineering, SoSE 2012*. <https://doi.org/10.1109/SYSSOSE.2012.6384120>
- Wen, Y., Zhang, Y., Huang, L., Zhou, C., Xiao, C., Zhang, F., Peng, X., Zhan, W., & Sui, Z. (2019). Semantic Modelling of Ship Behavior in Harbor Based on Ontology and Dynamic Bayesian Network. *ISPRS International Journal of Geo-Information 2019, Vol. 8, Page 107, 8(3)*, 107. <https://doi.org/10.3390/IJGI8030107>
- Yan, Z. (2011). *Semantic Trajectories*. <https://doi.org/10.5075/EPFL-THESIS-5144>
- ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ. (2019). *ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ* Προς την ενοποίηση της θαλάσσιας επιτήρησης: Ένα κοινό περιβάλλον ανταλλαγής πληροφοριών για τον θαλάσσιο τομέα της ΕΕ. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009DC0538>
- Κάλου, Α. Κ., & Λυκοθανάσης, Σ. (2018). *ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΙΣΤΟΥ ΜΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ WEB 2.0 & ΣΗΜΑΣΙΑΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ*, Διδακτορική Διατριβή. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ.
- Κατσαργύρη, Β., & Μαρκαντωνάτου, Δρ. Σ. (2016). *Εμπλουτισμός εννοιολογικών λεξικών και παραλληλοποίηση με το Getty AAT: Παράδειγμα μελέτης ‘πλεύση’, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ* [ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΤΕΧΝΟΓΛΩΣΣΙΑ VII»]. ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ/ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ «ΑΘΗΝΑ».
- Συνοπίδη, Ε. (2010). *ΣΧΟΛΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ: ΜΙΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ*, Διπλωματική Εργασία [ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ]. <https://docplayer.gr/46655623-Sholes-pliroforikis-mia-ontologiki-proseggisi.html>
- Τσάφου, Σ., Χατζημαρή, Σ., Τοράκη, Κ., Tsafou, S., Chatzimari, S., & Toraki, K. (2007). *Δίγλωσσος Ελληνικός θησαυρός θεματικών όρων. Συλλογικός Κατάλογος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών - Υπηρεσίες Και Εργαλεία Στη Διάθεση Χρηστών Και Βιβλιοθηκονόμων*. <https://lekythos.library.ucy.ac.cy/handle/10797/11643>

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

Application Programming Interface - API

Automatic Identification System - AIS

Case based Reasoning - CBR

Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea - COLREGs

Dynamic Bayesian network - DBN

General Architecture for Text Engineering - GATE

Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE

International Maritime Organization - IMO

Java Annotation Patterns Engine - JAPE

Multi-Entity Bayesian Networks - MEBN

Open Geospatial Consortium - OGC

OWL 2 Query Language - OWL 2 QL

Probabilistic Ontologies for Net-Centric Operational Systems - PROGNOS

Probabilistic OWL - PR-OWL

Real time Maritime Situation Awareness System - RMSAS

Resource Description Framework - RDF

Semantic Web Rule Language - SWRL

Structured query language - SQL

Uncertainty Modelling Process for Semantic Web - UMP-SW

Vessel traffic service - VTS

Web Ontology Language - OWL

World Wide Web Consortium - W3C