

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ  
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: Εξοπλισμός και νέες τεχνολογίες ενός σύγχρονου  
ολοκληρωμένου συστήματος γέφυρας.**

**Σπουδαστής : Τσαγκάρης Χρήστος**

**Α.Γ.Μ: 4116**

**Επιβλέπων καθηγητής: Βασιλόπουλος Δημήτριος**

**Νέα Μηχανιώνα, 2020**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: .....**

**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: .....**

**Α.Γ.Μ:.....**

**Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:**

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότητα</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<i>1</i>				
<i>2</i>				
<i>3</i>				
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</b>				

**Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:**

**Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ :**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η Αρχιτεκτονική του «Διαδικτύου των Σκαφών» (Internet of Vessels)</b>	
1. 1 Η ταξινόμηση του IoV.....	
1.2 Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου αντίληψης.....	
1.3 Η Τεχνική Αρχιτεκτονική του επιπέδου δικτύωσης.....	
1.3.1 Αυτο-συναρμολογούμενα δίκτυα του IoV με Ad Hoc Τεχνολογία.....	
1.3.2 Δορυφορικά δίκτυα.....	
1.3.3 Δίκτυα σταθμών βάσης.....	
1.3.4 Ευκαιριακά δίκτυα.....	
1.3.5 Υποθαλάσσια Ακουστικά Δίκτυα Επικοινωνίας.....	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου πόρων δεδομένων</b>	
2.1 Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου εφαρμογής.....	
2.2 Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου έκθεσης .....	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Χαρακτηριστικά του «Διαδικτύου των Σκαφών</b>	
3.1 Επεξεργασία πληροφοριών και σύντηξη πληροφοριών.....	
3.2 Μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων.....	
3.3 Εφαρμογές και Οφέλη του «Διαδικτύου των Σκαφών».....	
3.3.1 Ευφυής πλοήγηση πλοίων.....	
3.3.2 Ευφυή διαχείριση και εξυπηρέτηση των σκαφών.....	
3.3.3 Πρόβλεψη ροής κυκλοφορίας.....	
3.4 Προκλήσεις και Προοπτικές.....	
3.4.1 Προκλήσεις του Συστήματος «Διαδικτύου των Σκαφών» .....	

3.4.2 Προοπτικές του Συστήματος «Διαδικτύου των Σκαφών».....	
3.5 Cyber Attacks και Ασφάλεια.....	
ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	

## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

**Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής, είναι προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας, η βιβλιογραφία και οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει, έχουν δηλωθεί κατάλληλα με παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Επισημαίνεται πως η συγκεκριμένη επιλογή βοηθά στον περιορισμό της λογοκλοπής διασφαλίζοντας έτσι το/τη συγγραφέα.**

## Περίληψη

Με την ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, η αντίληψη της κυκλοφορίας, η επικοινωνία, η επεξεργασία πληροφοριών, η τεχνητή νοημοσύνη και το σύστημα πληροφοριών για τις θαλάσσιες μεταφορές έχουν καταστεί σημαντικά για την υποστήριξη της πραγματοποίησης έξυπνων μεταφορών. Στο πλαίσιο αυτό, το Διαδίκτυο των Σκαφών είναι η ενσωμάτωση όλων αυτών των προηγμένων τεχνολογιών σε μια πλατφόρμα για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των διεθνών και περιφερειακών μεταφορών. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναλύσει τις ωφέλειες από το Διαδίκτυο των Σκαφών ώστε να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια της ναυτιλίας και να προωθηθεί η ανάπτυξη των παγκόσμιων μεταφορών. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται το IoV και περιγράφονται οι κύριες αρχιτεκτονικές του. Επιπλέον, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του Διαδικτύου των Σκαφών. Αναφέρονται διάφορες σημαντικές εφαρμογές που απεικονίζουν την αλληλεπίδραση των

στοιχείων του διαδικτύου των σκαφών. Λόγω της ανάπτυξης του Διαδικτύου των Σκαφών που βρίσκεται ακόμη στο αρχικό στάδιο, εντοπίζονται και αντιμετωπίζονται οι προκλήσεις και οι προοπτικές. Τέλος, εξάγονται τα κύρια συμπεράσματα και προσφέρονται μελλοντικές ερευνητικές προτεραιότητες για αναφορά και ως επαγγελματικές προτάσεις για μελλοντικούς ερευνητές στον τομέα αυτό.

Λέξεις-κλειδιά: πλοήγηση; μεγάλα δεδομένα, διαδίκτυο των σκαφών, σύντηξη πληροφοριών

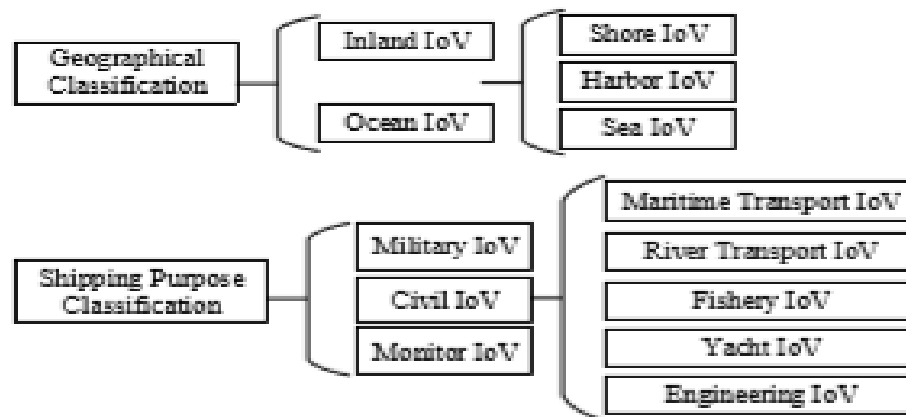
## Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι πάνω από το 70% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από ωκεανό, το οποίο οδηγεί στο γεγονός ότι οι πλωτές οδοί πρέπει να αναλάβουν περισσότερο από το 80% των παγκόσμιων εμπορικών μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων μεταφορών και της εσωτερικής ποταμοπλοΐας. Τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη τεχνολογιών όπως οι αισθητήρες, οι τηλεπικοινωνίες, οι υπολογιστές, η πληροφόρηση, ο αυτοματισμός και ο έξυπνος έλεγχος, προτείνεται μια νέα τεχνολογική επανάσταση που ονομάζεται διαδίκτυο σκαφών (IoV) για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της διεθνούς και περιφερειακής μεταφοράς. Το IoV ορίζεται ως ένα δίκτυο έξυπνων διασυνδεδεμένων πλοίων και των εγκαταστάσεων ξηράς με μια σειρά ψηφιακών οντοτήτων (Qin & Wang, 2015).

Με βάση το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης και την ασύρματη τεχνολογία επικοινωνιών, η υπηρεσία πληροφοριών έξυπνων πλοίων θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ηλεκτρονικές συσκευές ανίχνευσης για την ανταλλαγή πληροφοριών στο διαδίκτυο και την πραγματοποίηση της εξαγωγής, εποπτείας και αξιοποίησης των ιδιοτήτων των κόμβων και των δυναμικών πληροφοριών στις πλατφόρμες δικτύου. Οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο μέσω της επικοινωνίας (άνθρωπος σε σκάφος, σκάφος σε σκάφος, σκάφος σε φορτίο, σκάφος προς ακτή) (Liu et al., 2016). Ως αποτέλεσμα, το IoV έχει τη δυνατότητα να πλοηγεί, να επικοινωνεί και να προσφέρει ασφάλεια για να παρέχει ένα πιο έξυπνο και ασφαλέστερο περιβάλλον πλοήγησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η Αρχιτεκτονική του «Διαδικτύου των Σκαφών» (Internet of Vessels)

Ως προϊόν στην εποχή της παγκόσμιας πληροφόρησης, το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της τεχνολογίας των πληροφοριών. Με βάση το πλαίσιο της τεχνολογίας IoT (Ιντερνετ των πραγμάτων), τα ειδικά χαρακτηριστικά του πλοίου και το περιβάλλον εφαρμογής, προτείνεται το διαδίκτυο των σκαφών. Το 1998, οι ΗΠΑ ανέπτυξαν ένα είδος ολοκληρωμένου συστήματος υπηρεσιών που ονομάζεται Σύστημα Ευφυούς Ιστοσελίδας (IWS), το οποίο περιείχε σύστημα αυτόματης αναγνώρισης πλοίων (AIS), σύστημα ανταλλαγής δεδομένων, σύστημα πλοήγησης και σύστημα δικτύου πληροφοριών (Preece & Decker, 2002). Στις αρχές του 21ου αιώνα, η Ευρωπαϊκή Ένωση διεξήγαγε ολοκληρωμένες υπηρεσίες πληροφόρησης για την εσωτερική ναυσιπλοΐα, το River Information Services (RIS), το οποίο αποτελεί πρωτότυπο του IoV (Zhou et al., 2011). Η υπάρχουσα δομή του IoV παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, το οποίο αποτελείται από σκάφη, νησιωτικούς σταθμούς βάσης, σύστημα κλιματικής παρατήρησης, δορυφόρους επικοινωνίας, σημαντήρες, συσκευές ασύρματης μετάδοσης και λήψης και το σύστημα εντολών.



- *Figure 1. The structure of the IoV*

## 1.1 Η ταξινόμηση του IoV

Το σύστημα RIS είναι ένας συνδυασμός διαφόρων συστημάτων πληροφοριών, όπως το σύστημα σχηματισμού πληροφοριακών συστημάτων πλοίων IBIS/GINA (Βέλγιο), το περιφερειακό και διακρατικό σύστημα πληροφοριών ναυτιλίας BICS (Ολλανδία), το σύστημα πληροφοριών VIN2000 (Γαλλία) το σύστημα πληροφόρησης δήλωσης φορτίου MIB/MOVES (Γερμανία). Μετά από χρόνια ανάπτυξης στην ευρωπαϊκή περιοχή, το σύστημα RIS έχει αποκτήσει μια σειρά ολοκληρωμένων αρχιτεκτονικών συστημάτων (Svetlana, Milan & Ivan, 2012). Η αρχιτεκτονική του συστήματος RIS φαίνεται στο Σχήμα 3 (Luo & Xe, 2007). Το σύστημα RIS στοχεύει στην οικοδόμηση ενός διαπεριφερειακού, διατομεακού, διακρατικού συστήματος με συνδεδεμένους πόρους. Το RIS ενοποιεί τα τεχνικά και νομικά πρότυπα και πραγματοποιεί συνεργασία και εξομάλυνση της εσωτερικής ναυτιλιακής υπηρεσίας. Καλύπτοντας όλα τα βασικά στοιχεία υλικοτεχνικής υποστήριξης των χερσαίων μεταφορών, το RIS, το οποίο εξυπηρετεί τη σύγχρονη ναυτιλιακή βιομηχανία και υποστηρίζει τη συνδυασμένη μεταφορά, αποτελεί ορόσημο στην ανάπτυξη της κατασκευής του συστήματος πληροφοριών εσωτερικών πλωτών οδών στην Ευρώπη (Kazimierski & Wawrzyniak, 2014). Η επιτυχία του συστήματος RIS παρέχει πολύτιμη εμπειρία για την κατασκευή του Διαδικτύου των Σκαφών.

Ομοίως, οι Dong (2012) και Dai (2016) πρότειναν τη συνολική αρχιτεκτονική του Ιον σε τεχνολογικό επίπεδο για να καλύψουν τα τρία κύρια χαρακτηριστικά του IoT, τα οποία ήταν όργανα, διασυνδεδεμένα και ευφυή. Ο Dong (2012) παρουσίασε μια νέα και ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική του συστήματος IoV για μελλοντική αναφορά. Η συνολική αρχιτεκτονική του IoV που προτείνεται από τον Dong (2012) παρουσιάζεται στο Σχήμα 4, το οποίο περιέχει ένα τυποποιημένο σύστημα εγγύησης προδιαγραφών και ένα σύστημα διασφάλισης πληροφοριών με τέσσερα στρώματα, αντίληψης, δικτύου, εφαρμογής και έκθεσης.

## 1.2 Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου αντίληψης

Ως μία από τις σημαντικότερες βάσεις στο σύστημα IoV, η πλατφόρμα έξυπνης αντίληψης περιλαμβάνει το ηλεκτρονικό κέντρο ελέγχου ταυτότητας του πλοίου, το έξυπνο τερματικό πλοίου, τους αισθητήρες και την ανίχνευση εικόνων και το σύστημα ταυτοποίησης. Με βάση τη συλλογή των στοιχείων θέσης του πλοίου, των δεδομένων λειτουργίας, των δεδομένων κίνησης των πλωτών οδών και των δεδομένων έκτακτης ανάγκης, το στρώμα αντίληψης μπορεί να παρέχει υποστήριξη δεδομένων για το ανώτερο στρώμα (Bai, 2013). Η λειτουργία του ηλεκτρονικού κέντρου ελέγχου ταυτότητας του πλοίου είναι η αναγνώριση για το ότι τα πλοία είναι νόμιμα. Το έξυπνο τερματικό πλοίου είναι ο πυρήνας του στρώματος αντίληψης. Η μονάδα RFID, η ενότητα GPS/Beidou και η μονάδα αισθητήρα είναι ενσωματωμένα σε αυτό το μέρος για να παρέχουν δεδομένα (φορτία, πλοία, λιμάνια) για τη συλλογή και την ανταλλαγή με τις εγκαταστάσεις και τους διακομιστές με βάση την ακτή.

Το αντικείμενο της δυναμικής αντίληψης καλύπτει ένα ευρύ φάσμα ρόλων, συμπεριλαμβανομένων των πλωτών οδών, των λιμανιών, των πλοίων, των διασταυρώσεων, των εσωτερικών κέντρων εξυπηρέτησης ποταμών, των σημείων συλλογής απορριμμάτων, των κλειδαριών πλοίων, των γεφυρών, των στόλων και των θαλάσσιων πρατηρίων καυσίμων. Κάθε υποκείμενο που αντιλαμβάνεται έχει το δικό του αντιληπτό αντικείμενο και περιεχόμενο. Για παράδειγμα, στον ποταμό Yangtze, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κατασκευή του συστήματος IoV, θα πρέπει να γίνει αντιληπτή η κατάσταση του περιβάλλοντος πλοήγησης που περιλαμβάνει τα κανάλια, την υδρομετεωρολογία και τις δομές πλοήγησης.

Γενικά, οι σημαντήρες προσδιορίζουν το όριο των καναλιών και παρέχουν τις πληροφορίες σχετικά με την κατεύθυνση της ροής της κυκλοφορίας, τα εμπόδια των καναλιών, το πλάτος του καναλιού και το βάθος του καναλιού. Επομένως, το GNSS (Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης) εγκαθίσταται στους σημαντήρες για να παρακολουθεί τη θέση τους. Ταυτόχρονα, ο Dai (2016) πρότεινε ένα είδος μεθόδου εκτίμησης για τον υπολογισμό του ορίου πλεύσης των σημαντήρων στην περιοχή ασφαλείας. Η χρήση μιας μεθόδου τοποθέτησης υψηλής ακρίβειας για τους σημαντήρες βοηθάει το κέντρο διαχείρισης να ελέγχει

ανά πάσα στιγμή τις πληροφορίες στα κανάλια. Εκτός αυτού, με την τεχνολογία εκμάθησης εικόνων χαρακτηριστικών που βασίζεται στο νευρικό δίκτυο BP (δια πίσω διάδοσης) και την τεχνολογία παρακολούθησης νυχτερινής ορατότητας βασισμένη στον αλγόριθμο διπλής διαφορικής φωτεινότητας, θα μπορούσε να διακρίνει την τάση των κακών καιρικών συνθηκών και να παρέχει τις πληροφορίες μετεωρολογίας στο κέντρο διαχείρισης. Ομοίως, πολλοί διαφορετικοί αισθητήρες συναρμολογούνται στις δομές πλοήγησης για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα πλοία, την υδρομετεωρολογία και τα κανάλια.

### **1.3 Η Τεχνική Αρχιτεκτονική του επιπέδου δικτύωσης**

Το στρώμα των δικτύων αποτελεί τη βασική υποδομή του συστήματος IoV και αντιπροσωπεύει τις θεμελιώδεις εφαρμογές του συστήματος ενοποίησης και διαχείρισης πόρων. Προκειμένου να ανταποκριθούν στις διάφορες απαιτήσεις διαφόρων επιχειρήσεων και να αποφευχθεί η ευπάθεια του συνδέσμου IoV, τα δίκτυα IoV κατασκευάζονται με διάφορους τρόπους.

#### **1.3.1 Αυτο-συναρμολογούμενα δίκτυα του IoV με Ad Hoc Τεχνολογία**

Ένα ad hoc δίκτυο είναι ένα είδος πρότυπου ασύρματης δικτύωσης για κινητές μονάδες. Αρχικά, οι κύριες εφαρμογές των ad hoc δικτύων αφορούσαν στρατιωτικές και άλλες ευαίσθητες στην ασφάλεια επιχειρήσεις ήταν. Ωστόσο, υπάρχει τάση υιοθέτησης ad hoc δικτύων για πολιτικές χρήσεις σε καταστάσεις σεισμού και έκτακτης ανάγκης λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων τους (Zhou & Haas, 1999). Τώρα, η έρευνα για ad hoc τεχνολογία στοχεύει σε ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης για την προσαρμογή της τοπολογικής δυναμικής του δικτύου. Τα αντιπροσωπευτικά επιτεύγματα είναι το DSDV, το AODV, το DSR, το TORA και το ZRP (Arun Kunmar, Reddy & Hiremath, 2008). Το DSDV είναι ένα είδος πρωτοκόλλου δρομολόγησης που καθοδηγείται από πίνακα ελέγχου, κάθε κόμβος του οποίου χρειάζεται έναν πίνακα δρομολόγησης που περιέχει τις πληροφορίες δρομολόγησης σε όλους τους άλλους κόμβους (Huang, 2010). Το DSDV εκμεταλλεύεται τον αλγόριθμο αναζήτησης πλεύσης για να εντοπίσει τη διαδρομή.



Όταν η κεφαλίδα του κόμβου προέλευσης μεταφέρει τη διεύθυνση κόμβου προορισμού και μεταδίδει στους παρακείμενους κόμβους, ο ενδιάμεσος κόμβος θα κρίνει μόνος ώστε να μεταφέρει το μήνυμα ή να λάβει το μήνυμα σύμφωνα με τη διεύθυνση κόμβου προορισμού. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η βελτίωση της αξιοπιστίας της μετάδοσης, ενώ το μειονέκτημα είναι ότι το δίκτυο κοστίζει πάρα πολύ. Ο DSR είναι ένας καλός αλγόριθμος δρομολόγησης για να αναζητήσει τη διαδρομή βάσει της ανάγκης αποστολής δεδομένων (Huang, 2010).

Στο πρωτόκολλο δρομολόγησης DSR, ο κόμβος δεν χρειάζεται να διατηρεί τις πληροφορίες. Το δίκτυο θα μπορούσε να ολοκληρώσει την αυτό-συγκρότηση χωρίς κάποια υποδομή ή εγκαταστάσεις δικτύου. Η χρήση πρωτοκόλλου δρομολόγησης DSR μειώνει το κόστος συντήρησης της δρομολόγησης, αλλά μπορεί να προκαλέσει ανταγωνισμό διαφορετικών πληροφοριών και παρεμποδίζει τη σωστή επικοινωνία. Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα του DSDV και του DSR είναι ότι το AODV αναπτύσσεται για να βελτιώσει την τεχνολογία ad hoc δικτύου (Zhou, 2016). Στο πρωτόκολλο δρομολόγησης AODV, υπάρχουν τρία μηνύματα ελέγχου που περιλαμβάνουν το αίτημα διαδρομής (RREQ), την απάντηση διαδρομής (RREP) και το σφάλμα διαδρομής (RERR). Ο κόμβος θα μπορούσε να κρίνει τη διόρθωση του μηνύματος από τη φυσική εκπομπή. Εάν ο κόμβος βρει πως η σύνδεση ενεργού δρομολόγησης σπάζει στον πίνακα δρομολόγησης, ο κόμβος θα μπορούσε να στείλει το RERR στον κεντρικό υπολογιστή και να διαγράψει τον σύνδεσμο στον πίνακα δρομολόγησης. Ο κόμβος που έλαβε τα μηνύματα RERR θα μπορούσε να διαγράψει τη διαδρομή, συμπεριλαμβανομένου του αποσυνδεδεμένου συνδέσμου στον πίνακα δρομολόγησης. Όταν η διαδρομή αποτύχει να συνδεθεί στον πίνακα λόγω της κίνησης του κόμβου προέλευσης, ο κόμβος προέλευσης θα κάνει ξανά μια αίτηση διαδρομής. Το TORA είναι ένα είδος αλγορίθμου. Θα μπορούσε να παρέχει διάφορες διαδρομές μεταξύ του κόμβου προέλευσης και του κόμβου προορισμού (Chen, 2013). Το TORA μπορεί να διανείμει μια τιμή ύψους σε κάθε κόμβο και η τιμή ύψους του κόμβου προορισμού είναι η χαμηλότερη. Ως αποτέλεσμα, σε σύγκριση με την τιμή ύψους μεταξύ παρακείμενων κόμβων, μπορούν να καθοριστούν διάφορες αποτελεσματικές διαδρομές και η κατεύθυνση της διαδρομής

είναι από το υψηλότερο σημείο κόμβου στον κάτω κόμβο. Το πλεονέκτημα του TORA είναι η μείωση της καθυστέρησης κατά την ανταλλαγή πληροφοριών. Η εφαρμογή της τεχνολογίας δικτύου ad hoc στο σύστημα IoV έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι η χρήση της ad hoc επικοινωνίας για την παρακολούθηση και αναφορά της θέσης των σκαφών θα μπορούσε να έχει μεγάλη λανθάνουσα κατάσταση δικτύου και δεν χρειάζεται τη μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας (Chen, 2013). Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα τεχνικά εμπόδια στην εφαρμογή της ad hoc τεχνολογίας στο σύστημα IoV. Για παράδειγμα, στον ωκεανό, υπάρχει μεγάλη απόσταση μεταξύ των πλοίων. Από τα δεδομένα χαρτών των μεταφορικών υπηρεσιών πλοίων (VTS), μπορεί να φανεί ότι τα πλοία σε λιμάνια, αποβάθρες και υπεράκτια έχουν συγκεντρωμένη κατανομή, ενώ τα πλοία απέχουν πολύ το ένα από το άλλο στην ανοιχτή θάλασσα. Κατά συνέπεια, είναι κατάλληλο να χρησιμοποιείται τεχνολογία δικτύου ad hoc σε πλοία που διανέμονται σε συγκεντρωμένες περιοχές. Διαφορετικά, είναι προτιμότερο να επιλεγθούν άλλα δίκτυα, όπως τα δορυφορικά δίκτυα μοντέλων, τα ευκαιριακά δίκτυα και ούτω καθεξής.

### **1.3.2 Δορυφορικά δίκτυα**

Το δορυφορικό δίκτυο είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για την επίλυση των επικοινωνιών πλοίων κατά τη διάρκεια των πλοηγήσεων. Ωστόσο, το εύρος ζώνης επικοινωνίας του δορυφορικού δικτύου περιορίζει την ανάπτυξη της εφαρμογής δορυφορικής επικοινωνίας μεταξύ των δορυφόρων και του εδάφους, καθώς και μεταξύ των δορυφόρων και του ωκεανού. Πρόσφατα έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος για τη βελτίωση της επικοινωνίας χαμηλού εύρους ζώνης στη δορυφορική τοποθέτηση και δορυφορική επικοινωνία. Τώρα οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ευρώπη, η Ρωσία και η Κίνα έχουν την ικανότητα να πραγματοποιούν παγκόσμιες επικοινωνίες.

Επί του παρόντος, οι κύριες λειτουργίες του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης είναι η πλοήγηση και η μέτρηση. Στο μέλλον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σύστημα IoV. Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) των ΗΠΑ αποτελείται από 24 δορυφόρους (21 από τους δορυφόρους είναι σε λειτουργία, 3 από τους δορυφόρους είναι σε

αναμονή) που χρησιμοποιούνται για στρατιωτικούς και πολιτικούς σκοπούς. Το σύστημα Galileo του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος διαθέτει 30 δορυφόρους και χρησιμοποιείται για πολιτικούς σκοπούς. Ομοίως, η Ρωσία ανέπτυξε ένα σύνολο συστημάτων εντοπισμού θέσης, η ακρίβεια των οποίων περιορίζεται στα 10 μέτρα. Το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Beidou από την Κίνα διαθέτει 5 δορυφόρους γεωστατικής τροχιάς και 30 μη γεω-δορυφόρους (Yang, 2010). Η Κίνα έχει πραγματοποιήσει πολλές μελέτες και δοκιμές σχετικά με το IoV από το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Beidou. Με βάση το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Beidou (BDS), το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης (AIS), το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), το διαδίκτυο και τα κινητά τηλέφωνα, η Κίνα αναπτύσσει ένα είδος συστήματος IoV, Beidou IoV, για να υλοποιήσει ολοκληρωμένες υπηρεσίες για τη θάλασσα τον ουρανό και το έδαφος. Το σύστημα Beidou IoV καλύπτει τις ανατολικές παράκτιες περιοχές της Κίνας και παρέχει παρακολούθηση πλοίων, επικοινωνία μέσω σύντομων μηνυμάτων και διαχείριση αλιευτικών σκαφών στου λιμένες (Hu, Ma & Fan, 2010).

### **1.3.3 Δίκτυα σταθμών βάσης**

Το δίκτυο κινητής επικοινωνίας είναι ένα σημαντικό θεμέλιο για την κατασκευή των δικτύων του συστήματος IoV που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους παράκτιους σταθμούς βάσης, στους νησιωτικούς σταθμούς βάσης και στους σταθμούς βάσης ποταμών. Το δίκτυο κινητής επικοινωνίας, το οποίο είναι ένα συμπλήρωμα στις εγκαταστάσεις θαλάσσιας επικοινωνίας, διαθέτει μια ποικιλία τεχνολογιών δικτύωσης πρόσβασης όπως η γενική υπηρεσία ραδιοσυχνότητας πακέτων (GPRS), η πολλαπλή πρόσβαση σε ευρεία ζώνη (WCDMA) και οι τηλεπικοινωνιακές τεχνολογίες τρίτης και τέταρτης γενιάς (3G και 4G) (Osseiran, Boccardi & Braaun, 2014). Το δίκτυο GPRS αναπτύσσεται με βάση το δίκτυο GSM (Wu et al., 2015). Το πρωτόκολλο δεδομένων πακέτου χρήστη (UDP) και το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (TCP) είναι το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας για τα δίκτυα GPRS.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στη χρήση της τεχνολογίας GPRS στα δίκτυα σταθμών βάσης. Το κόστος σύνδεσης του GPRS είναι πολύ φθινό και η χρήση των πόρων είναι

πολύ υψηλή. Το GPRS θα μπορούσε να παρέχει ταχύτητα μετάδοσης 115 kbps. Τώρα ένα ευρύ δίκτυο που ονομάζεται Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή δικτύων βασικών σταθμών (Xu, 2013). Το WCDMA θα μπορούσε να προσαρμόσει διάφορους ρυθμούς μετάδοσης των πληροφοριών, που κυμαίνονται από 8 Kbps έως 2 Mkbps. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας WCDMA πραγματοποιεί παγκόσμια περιαγωγή που έχει μεγάλη επίδραση στην επικοινωνία του συστήματος IoV. Επί του παρόντος, η τεχνολογία WCDMA καταλαμβάνει περισσότερο από το 77% της αγοράς επικοινωνιών. Εκτός από την τεχνολογία WCDMA, το 4G χρησιμοποιεί την τεχνολογία ορθογώνιου πολυπλέκτη διαίρεσης συχνότητας (OFDM) (Tang, 2014). Θα μπορούσε να τρέξει με ρυθμό ανερχόμενης ζεύξης 20 Mbps. Ταυτόχρονα, συνδυάζοντας το με την τεχνολογία δορυφορικών και οπτικών ινών, το 4G θα μπορούσε να παράσχει τις υπηρεσίες πληροφόρησης και τη συλλογή πληροφοριών για να πραγματοποιήσει γρήγορη επικοινωνία μεταξύ του σταθμού βάσης και των πλοίων. Με βάση τις πραγματικές ανάγκες όπως το κόστος, η σταθερότητα, η αποτελεσματικότητα και ούτω καθεξής, μπορεί να επιλέξει διαφορετικές τεχνολογίες για την κατασκευή των δικτύων σταθμών βάσης. Τώρα μια νέα τεχνολογία επικοινωνιών, η πέμπτη γενιά τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών (5G), είναι η επέκταση του 4G. Παρόλο που δεν υπάρχουν πρότυπα για το 5G, οι βασικές τεχνολογίες, όπως οι αρχιτεκτονικές, η ασύρματη δικτύωση, η ασύρματη μετάδοση, η ραδιοσυχνότητα (RF) και η ανάπτυξη ενός νέου φάσματος θα είναι αρκετά χρήσιμες για την μείωση του μεγέθους του σταθμού βάσης, την αφαίρεση των παραδοσιακών κόμβων και το επίπεδο της αρχιτεκτονικής του δικτύου. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας κινητών επικοινωνιών, τα δίκτυα του συστήματος IoV θα εξαρτηθούν από το 5G στο μέλλον (Ejaz et al., 2016).

#### **1.3.4 Ευκαιριακά δίκτυα**

Το ευκαιριακό δίκτυο είναι ένα είδος δικτύου που εκμεταλλεύεται τη συνάντηση που προκαλείται από την κίνηση κόμβων για την πραγματοποίηση της επικοινωνίας μέσω δικτύου (Geng et al., 2017). Δεν είναι απαραίτητο να καθοριστεί η πλήρης διαδρομή μεταξύ του κόμβου προέλευσης και του κόμβου προορισμού (Xie et al., 2016). Τα δίκτυα ad hoc και τα ασύρματα

δίκτυα δεν έχουν πάντα σχέδια για την αντιμετώπιση της διακοπής δικτύου σε δυσχερή περιβάλλοντα (Rahman, Lee & Koo, 2017). Ως αποτέλεσμα, όταν διακόπτεται το δίκτυο, η απόδοση του δικτύου μπορεί να μειωθεί δραματικά.

Επιπλέον, στην πράξη, η τοπολογική δομή του προσαρμοστικού ασύρματου δικτύου μπορεί να αλλάξει ανά πάσα στιγμή, γεγονός που δεν μπορεί να εγγυηθεί τη σύνδεση μεταξύ του κόμβου προέλευσης και του κόμβου προορισμού. Σε αυτό το πλαίσιο, αναπτύχθηκε η τεχνολογία ευκαιριακού δικτύου. Τώρα διάφοροι αισθητήρες είναι διατεταγμένοι στον ωκεανό για να συλλέξουν τα ωκεάνια δεδομένα. Μπορεί να χρησιμοποιήσει το μηχανισμό αποθήκευσης-μεταφοράς των ευκαιριακών δικτύων για την αποθήκευση πληροφοριών στα αεροπλάνα και τα πλοία που διέρχονται από αυτές τις περιοχές και να μεταφέρει τα δεδομένα πληροφοριών σε άλλα μέρη όταν τα αεροπλάνα και τα πλοία φθάνουν στη στεριά (Coutinho et al., 2019).

### **1.3.5 Υποθαλάσσια Ακουστικά Δίκτυα Επικοινωνίας**

Εκτός από την επικοινωνία γης, η υποβρύχια επικοινωνία μπορεί να χωριστεί σε καλωδιακή επικοινωνία και ασύρματη επικοινωνία. Η τοποθέτηση υποβρυχίων καλωδίων ηλεκτρικών και οπτικών ινών πραγματοποιεί την υποβρύχια καλωδιακή επικοινωνία, ενώ τα υπόγεια ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών μπορούν να θεωρηθούν δίκτυα ανεκτικά στην καθυστέρηση (DTNs) λόγω της αραιής εγκατάστασής τους, της κινητικότητας των κόμβων και ορισμένων καναλιών υποβρύχιας ακουστικής επικοινωνίας περιορισμένου εύρους ζώνης (Johari et al., 2018). Ως εφαρμογή αναφοράς του πρωτοκόλλου DTNs, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε το DTN2 (Johari et al., 2018). Με βάση την ερευνητική πλατφόρμα DTN2, αναπτύσσεται ένα υποβρύχιο στρώμα σύγκλισης για τη διασύνδεση ακουστικών δικτύων (Johari et al., 2018). Ο πλέον προηγμένος υποβρύχιος εξοπλισμός ακουστικής επικοινωνίας εφαρμόζεται τώρα σε στρατιωτικές, εμπορικές και επιστημονικές έρευνες (Johari et al., 2018). Η απόσταση μετάδοσης σήματος μπορεί να είναι αρκετά χιλιάδες μέτρα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου πόρων δεδομένων**

Το στρώμα πόρων δεδομένων είναι το κεντρικό στρώμα του συστήματος IoV.

Επομένως, σε αυτό το στρώμα, είναι πολύ σημαντικό να ληφθούν οι πόροι πληροφόρησης σε επιστημονική ταξινόμηση με το πρότυπο της ενιαίας ανταλλαγής δεδομένων για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των δεδομένων.

Για την παροχή μεγάλου όγκου δεδομένων στο ανώτερο στρώμα, ο πόρος δεδομένων θα πρέπει να υποστηρίζει τις τρέχουσες βασικές βάσεις δεδομένων όπως η MySQL, ο SQL server, το Oracle, το Text, το Excel, το XML και ούτω καθεξής (Hu, Ma & Zheng, 2014). Ταυτόχρονα, το επίπεδο πόρων δεδομένων θα πρέπει επίσης να έχει διεπαφές δεδομένων με διαφορετικές εγκαταστάσεις. Σύμφωνα με τα στοιχεία μετατροπής δεδομένων, ο πόρος δεδομένων θα μπορούσε να επιλύσει διάφορα περίπλοκα προβλήματα από τη μετάθεση και τον συνδυασμό. Τώρα η πλατφόρμα επεξεργασίας μεγάλων δεδομένων έχει πραγματοποιήσει τη μαζική αποθήκευση δεδομένων και εξόρυξη. Η ταχύτητα της ενημέρωσης δεδομένων θα μπορούσε να επιτευχθεί σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Με αυτές τις προηγμένες τεχνολογίες πόρων δεδομένων, το σύστημα IoV θα μπορούσε να αποθηκεύσει τεράστιες ποσότητες δεδομένων από διαφορετικά πλοία, λιμάνια και σταθμούς βάσης από τις εγκαταστάσεις.

## **2.1 Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου εφαρμογής**

Η κύρια λειτουργία του στρώματος εφαρμογής είναι η παροχή υπηρεσιών για τη διοίκηση, τις επιχειρήσεις, τα πληρώματα, τους πλοιοκτήτες κ.ο.κ. Οι πελάτες επιλέγουν την υπηρεσία από τη λίστα υπηρεσιών πελάτη και στη συνέχεια η αίτηση υπηρεσίας προγραμματίζει τους αντίστοιχους πόρους μέσω του συστήματος διαχείρισης (Dai, Du & Qian, 2017). Τέλος, αναπτύσσονται οι εφαρμογές ιστού. Για παράδειγμα, με βάση την πλατφόρμα δημοσίων υπηρεσιών πληροφόρησης για το Δέλτα του ποταμού Yangtze, οι Dai, Du και Qian (2017) δημιούργησαν ένα είδος στρώματος εφαρμογής το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 4. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι στο στρώμα εφαρμογής υπάρχει ένα στρώμα πυρήνα στο IoV σύστημα. Με την υποστήριξη του στρώματος πόρων δεδομένων, αναπτύσσεται σε αυτό το επίπεδο ποικιλία εφαρμογών. Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της διοίκησης επιχειρήσεων και της υπηρεσίας πληροφόρησης του κοινού, αναπτύσσονται και ενσωματώνονται λειτουργίες όπως

διαχείριση της ναυτιλιακής εταιρείας και του πληρώματος, οι πληροφορίες αξιολόγησης της κυκλοφορίας, οι μετεωρολογικές πληροφορίες, οι υπηρεσίες πολιτικών, οι πληροφορίες εφοδιαστικής, η δήλωση επικίνδυνων εμπορευμάτων και η πρόβλεψη συμφόρησης καναλιού πολλών πλατφορμών ή συστημάτων. Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεδομένων, κάθε πλατφόρμα θα μπορούσε να βοηθήσει τους διαχειριστές να πάρουν μια καλή απόφαση.

## **2.2 Η τεχνική αρχιτεκτονική του επιπέδου έκθεσης**

Το στρώμα της έκθεσης είναι μια πλατφόρμα για τη δημοσίευση των πληροφοριών υπηρεσίας στο κοινό σε πραγματικό χρόνο, η οποία αποτελεί χρήσιμο συμπλήρωμα για εξατομικευμένες υπηρεσίες και διαχείριση επιχειρήσεων (Gubbi et al., 2013) Το στρώμα της έκθεσης μπορεί να επικοινωνεί με διάφορες συσκευές και πλατφόρμες.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Χαρακτηριστικά του «Διαδικτύου των Σκαφών»**

### **3.1 Επεξεργασία πληροφοριών και σύντηξη πληροφοριών**

Στο σύστημα IoV, τα αντικείμενα της συλλογής πληροφοριών είναι γέφυρες, πλοία, κλειδαριές πλοίων, κανάλια, μετεωρολογία και υδρολογία και ούτω καθεξής. Όλες οι πληροφορίες βρίσκονται σε στατικές και δυναμικές καταστάσεις. Λόγω της ποικιλίας των πηγών πληροφοριών, οι μορφές δεδομένων από διαφορετικές πηγές είναι εντελώς διαφορετικές. Οι πληροφορίες από το σύστημα IoV έχουν το χαρακτηριστικό ετερογενών πολλαπλών πηγών (Guo & Wei, 2016· Wang, Hu & Zhou, 2017). Ως εκ τούτου, η σύντηξη πληροφοριών γίνεται το πιο σημαντικό στάδιο της ευφυούς επεξεργασίας πληροφοριών. Η σύντηξη πληροφοριών είναι ένα είδος διαδικασίας πολλαπλών επιπέδων, πολλαπλών πτυχών πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένης της ανίχνευσης δεδομένων πολλαπλών πηγών, συσχέτισης, συνδυασμού και εκτίμησης. Θα μπορούσε να επιτύχει τα αποτελέσματα με μεγαλύτερη ακρίβεια από εκείνη

του μοναδικού αισθητήρα.

Όταν ένα μέρος ή περισσότερα τμήματα του συστήματος δεν μπορούν να λειτουργήσουν κανονικά, η τεχνολογία σύντηξης πληροφοριών θα μπορούσε να διατηρήσει το σύστημα λειτουργικό σύμφωνα με τα δεδομένα πληροφοριών που συλλέχθηκαν από τα άλλα μέρη του συστήματος. Λόγω της αλληλεπικάλυψης και της συνέργειας μεταξύ διαφόρων αισθητήρων, η σύντηξη πληροφοριών θα μπορούσε να αποκτήσει τόσο περισσότερα δεδομένα στον χώρο του χρόνου και του χώρου, πράγμα που σημαίνει ότι οι πληροφορίες του δειγματολήπτη θα καλύπτονται ευρύτερα και το αντικείμενο θα περιγραφεί πιο εκτεταμένα. Προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των πληροφοριών, η τεχνολογία σύντηξης πληροφοριών περιγράφει το ίδιο αντικείμενο σε πολλαπλές διαστάσεις. Η τεχνολογία σύντηξης πληροφοριών δεν απαιτεί πολλά από τους αισθητήρες. Ως αποτέλεσμα, οι αισθητήρες θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και να εγκατασταθούν με εύλεκτο τρόπο.

Ως μέρη του συστήματος IoV, το σύστημα VTS και το σύστημα AIS έχουν τις δικές τους λειτουργίες και εγκαταστάσεις. Στο σύστημα VTS, το ραντάρ είναι η κύρια δυνατότητα συλλογής των πληροφοριών και των δεδομένων. Επομένως, τα περισσότερα χαρακτηριστικά του συστήματος VTS είναι παρόμοια με εκείνα του ραντάρ. Γενικά, το σύστημα VTS έχει ακρίβεια στην παρακολούθηση και τον εντοπισμό των πληροφοριών κατάστασης μετακίνησης του πλοίου, ενώ έχει πολλά λάθη στον προσδιορισμό θέσης. Επιπλέον, το σύστημα VTS έχει μια καλή επέκταση για να συγχωνεύσει πολλές ετερογενείς πληροφορίες. Το σύστημα AIS είναι ένα σύστημα δικτύου για την ανταλλαγή και κοινή χρήση των πληροφοριών πλοήγησης μεταξύ διαφορετικών πλοίων μέσω του συνδέσμου VHF. Με βάση την ταυτότητα της ναυτιλιακής κινητής υπηρεσίας, το σύστημα AIS μπορεί να παρακολουθεί χωριστά τα διάφορα πλοία και να λαμβάνει με ακρίβεια τις εγγενείς πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένου του τύπου, του μεγέθους και της χωρητικότητας. Το σύστημα AIS έχει επίσης τη δυνατότητα να λαμβάνει τις δυναμικές πληροφορίες των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών σχετικά με την τοποθεσία, την ταχύτητα και την κατάσταση της πλοήγησης.

Ως αποτέλεσμα, η τεχνολογία σύντηξης πληροφοριών θα μπορούσε να συγχωνεύσει



τα πλεονεκτήματα αυτών των δύο διαφορετικών συστημάτων στο κέντρο σύντηξης. Το σύστημα AIS θα μπορούσε να συμβάλει στη βελτίωση της ακρίβειας των πληροφοριών θέσης του συστήματος VTS, ενώ το σύστημα VTS αξιοποιεί πλήρως τα δικά του πλεονεκτήματα για τη συλλογή και την παρακολούθηση των δυναμικών πληροφοριών. Από την άλλη πλευρά, το σύστημα AIS πρέπει να τοποθετηθεί στα πλοία, επομένως έχει υψηλές απαιτήσεις στον εξοπλισμό. Το σύστημα VTS χρησιμοποιεί μόνο το ραντάρ για να αποκτήσει πληροφορίες για τα πλοία, το οποίο δεν βασίζεται στα τερματικά. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας σύντηξης πληροφοριών, το σύστημα IoV θα είναι αποτελεσματικό και καλά οργανωμένο. Η μέθοδος αλγόριθμου Kalman (Jaskolski, 2017) χρησιμοποιείται στη σύντηξη πληροφοριών των VTS και AIS. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τους αισθητήρες επεξεργάζονται από τον αλγόριθμο Kalman για να πάρουν την τροχιά, τότε συλλέγονται και ταξινομούνται οι πληροφορίες από το σύστημα AIS και το σύστημα VTS στο κέντρο σύντηξης. Στο κέντρο σύντηξης, η τεχνολογία χρονικής και ειδικής ευθυγράμμισης και η τεχνολογία συσχέτισης γραμμής επιλύουν τα προβλήματα της ενότητας της χρονικής περιοχής και του χώρου μεταξύ του συστήματος AIS και του συστήματος VTS. Τέλος, με τη σύντηξη σχετικών δεδομένων τροχιάς, η διοίκηση θα μπορούσε να πάρει πιο σταθερές και ακριβέστερες πληροφορίες θέσης πλοίου και πληροφορίες κίνησης.

### **3.2 Μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων**

Ανάλογα με τα VTS, AIS, GIS, CCTV και RFID, η ναυτιλιακή διοίκηση αποκτά τα δυναμικά δεδομένα των πλοίων. Με τις πλήρεις βάσεις δεδομένων των πλοίων, τις βάσεις δεδομένων πληρώματος, τις μετεωρολογικές βάσεις δεδομένων και την υδρολογική βάση δεδομένων, δημιουργεί μια μεγάλη πλατφόρμα δεδομένων. Οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων είναι η δειγματοληψία ή η καταγραφή των ανεπεξέργαστων δεδομένων και η ανάλυση του δείγματος δεδομένων για την αναζήτηση μοτίβων και χαρακτηριστικών. Η Lazarowska (2015) πρότεινε την προσέγγιση της βελτιστοποίησης αποικιών μυρμηγκιών (ACO) στην πορεία του σχεδιασμού του πλοίου για να αποφευχθεί η σύγκρουση. Στην έρευνα του, ο

αλγόριθμος βασισμένος σε ACO κατασκευάστηκε συμπεριλαμβανομένης της αρχικοποίησης των δεδομένων, της δομής της λύσης, της ανανέωσης του ίχνους φερομόνης και της αντικειμενικής λειτουργίας. Σύμφωνα με τα σενάρια που παρουσιάζονται στην έρευνα της Agnieszka, ο αλγόριθμος θα μπορούσε να βοηθήσει τα πλοία να αντισταθμίσουν τους κινδύνους σύγκρουσης και να ικανοποιήσουν τον κανόνα 15 της σύμβασης COLREGs (Σύμβαση για τους διεθνείς κανονισμούς για την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα). Ως εκ τούτου, μπορεί να φανεί ότι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της παραδοσιακής μεθόδου ανάλυσης δεδομένων είναι πως ο πολύπλοκος αλγόριθμος πρέπει να λάwei όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες. Εκτός από την παραδοσιακή μέθοδο ανάλυσης δεδομένων, η μέθοδος ανάλυσης μεγάλων δεδομένων του συστήματος IoV θα μπορούσε να αναλύσει αποτελεσματικά όλες τις βάσεις δεδομένων (Zhang, Chen & Liao, 2013). Προς το παρόν, υπάρχουν πολλές μέθοδοι ανάλυσης μεγάλων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για το σύστημα IoV, όπως η προσέγγιση βαθιάς μάθησης, η μέθοδος υπολογισμού της γνώσης και η μέθοδος απεικόνισης.

### **3.3 Εφαρμογές και Οφέλη του «Διαδικτύου των Σκαφών»**

#### **3.3.1 Ευφυής πλοήγηση πλοίων**

Το σύστημα IoV καθιστά δυνατή την πραγματοποίηση της ευφυούς πλοήγησης των πλοίων. Το σύστημα IoV διαθέτει διάφορες λειτουργίες, όπως η πλήρης πλοήγηση, η αποφυγή σύγκρουσης, η οθόνη πληροφοριών, η παρακολούθηση, ο συναγερμός, η δορυφορική επικοινωνία, η διαχείριση πλοίων κ.ο.κ., τα οποία είναι κατάλληλα για το πλήρωμα και τον κυβερνήτη της ξηράς ώστε να παρατηρούν, να λειτουργούν και να βελτιστοποιούν πληροφορίες που συλλέγονται από τον εξοπλισμό. Η χρήση του συστήματος IoV θα διαδραματίσει σημαντικότερο ρόλο στην εγγύηση της πλοήγησης για την ασφάλεια των πλοίων από ό, τι πριν (Kawagucki et al., 2009). Με τις πληροφορίες αντίληψης που περιλαμβάνουν την κατάσταση πλοήγησης του πλοίου, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και τα δεδομένα λειτουργίας πλοίων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες, το σύστημα IoV θα επωφεληθεί από το στρώμα πόρων δεδομένων για τη διανομή και κοινή χρήση αυτών των δεδομένων και την επιλογή της βέλτιστης

διαδρομής για αυτόματη λειτουργία του πλοίου. Με την ανάπτυξη της θεωρίας των μη επανδρωμένων ελέγχων, τα αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα και τα μη επανδρωμένα οχήματα εναέριας κυκλοφορίας έχουν γίνει πραγματικότητα. Το σύστημα IoV είναι πολύ χρήσιμο για την έρευνα των μη επανδρωμένων πλοίων. Στην ναυσιπλοΐα ποταμών, λόγω του περίπλοκου περιβάλλοντος και της πυκνότητας της κυκλοφορίας, τα μη επανδρωμένα πλοία έχουν μεγάλη ανάγκη την αντίληψη των εμποδίων, τον σχεδιασμό των δρομολογίων και την ικανότητα παρακολούθησης. Το σύστημα IoV έχει τη δυνατότητα να ικανοποιεί αυτές τις απαιτήσεις για τα μη επανδρωμένα πλοία.

### **3.3.2 Ευφυή διαχείριση και εξυπηρέτηση των σκαφών**

Με τη βοήθεια του συστήματος IoV, οι διαχειριστές θα μπορούσαν να έχουν την ακριβή και πλήρη κίνηση των πλοίων σε πραγματικό χρόνο και να προβλέψουν τα πιθανά προβλήματα κυκλοφορίας. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να κάνουν λογικά σχέδια για επείγουσες καταστάσεις για την πρόληψη καταστροφών και τη μείωση της απώλειας περιουσίας. Με βάση τα VTS, AIS και GIS, ο Kao και οι συνάδελφοί του (2007) πρότεινε μια μέθοδο ασαφούς λογικής για την πρόβλεψη του κινδύνου σύγκρουσης πλοίων για τη βελτίωση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας και της αποτελεσματικότητας της διαχείρισης του πλοίου. Ο Wen και οι συνάδελφοί του (2012) εκμεταλλεύτηκε το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο και την υλικοτεχνική παλινδρόμηση για να διακρίνει τα πλοία λαθρεμπορίου. Βασιζόμενοι στην ταξινόμηση των διαφόρων πλοίων, ακολουθώντας τους τύπους, τα σχέδια και τους προορισμούς τους, οι Wijaya & Nakamura (2013) ανέλυσαν τις διαδρομές χιλιάδων πλοίων για να πραγματοποιήσουν την προβλεπόμενη συμπεριφορά για το πλοίο-στόχο σε πολυσύχναστες περιοχές. Η έξυπνη υπηρεσία πλοίων από το σύστημα IoV επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών να εντοπίζουν σαφείς απαιτήσεις των πελατών (πλοιοκτήτες, πληρώματα πλοίων) και να ικανοποιούν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις τους (Yan & Liu, 2016). Για παράδειγμα, σύμφωνα με τις πληροφορίες του IoV, μπορεί να προσφέρει εξατομικευμένη διαχείριση (φόρτωση φορτίων και διαμόρφωση τροφίμων, ρύθμιση

του ιστιοπλοϊκού προγράμματος), να καθορίσει τη βέλτιστη διαδρομή για τα πλοία, να αναπτύξει την παρακολούθηση και να προσαρμόσει το σχέδιο κατανάλωσης ενέργειας για τα πλοία.

### **3.3.3 Πρόβλεψη ροής κυκλοφορίας**

Μια τυπική εφαρμογή του IoV είναι για την πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ροής. Η θεωρία της κυκλοφοριακής ροής είναι η βασική θεωρία της ευφυούς διαχείρισης των μεταφορών πλοίων. Με τη βοήθεια του συστήματος IoV, μπορεί να αναλύσει τις φασματικές παραβάσεις και τις αλλαγές στις σχέσεις μεταξύ της ταχύτητας και της πυκνότητας της κυκλοφορίας. Αξιοποιώντας το μοντέλο πρόβλεψης και τα πληροφοριακά δεδομένα που λαμβάνονται από το σύστημα IoV, η πρόβλεψη της κίνησης θα μπορούσε να προβλέψει τη βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μετακίνηση. Με την ανάπτυξη του συστήματος IoV, προτείνεται ένας αριθμός προχωρημένων μοντέλων για την πρόβλεψη της ροής της κυκλοφορίας. Οι Li, Han & Wang (2015) χρησιμοποίησαν ένα βελτιωμένο μοντέλο υποστήριξης ισχυρής παλινδρόμησης διανύσματος για να προβλέψει την κυκλοφορία του λιμανιού του Tianjin. Με βάση τα χαρακτηριστικά του λιμένα, τη συμπεριφορά των πλοίων και τα ιστορικά δεδομένα της κυκλοφορίας, οι Liu, Zhang και Liu (2009) δημιούργησαν ένα νέο ολοκληρωμένο μοντέλο πρόβλεψης κυκλοφορίας. Λόγω των προβλημάτων ασφάλειας της ναυσιπλοΐας πλοίων και συμφόρησης που προκαλείται από το αυξανόμενο φορτίο πλοίων και το μέγεθος των πλοίων στο λιμάνι Pohang, ο Song προσομοίωσε τις διαδρομές των πλοίων σε πραγματικό χρόνο και την κυκλοφορία για να παρέχει την καλύτερη καθοδήγηση για τα πλοία. Οι Xu και συνάδελφοι (2014) υιοθέτησαν τη μέθοδο Monte-Carlo για να αναλύσει τα δεδομένα ιστορικού της κυκλοφοριακής ροής στην περιοχή γέφυρας Wuhan του ποταμού Yangtze και να προτείνει μια γενετική προσέγγιση για τη βελτίωση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας πλοίων. Μπορεί να φανεί από αυτό, αν αυτά τα μοντέλα πρόβλεψης κίνησης προστεθούν στο στρώμα πόρων δεδομένων IoV και δώσουν τα κατάλληλα αποτελέσματα στο επίπεδο εφαρμογής, είναι αρκετά χρήσιμα για τη βελτίωση της ασφάλειας της πλοήγησης πλοίων και της χρήσης των πυλών, για την

προώθηση της ανάπτυξης της ευφυούς διαχείρισης.

## **3.4 Προκλήσεις και Προοπτικές**

### **3.4.1 Προκλήσεις του Συστήματος «Διαδικτύου των Σκαφών»**

Αν και η κυκλοφορία των πλωτών οδών έχει πολλούς τρόπους, όπως η αντίληψη και η επικοινωνία, η μεταφορά πληροφοριών από σκάφος σε σκάφος, σκάφος σε ακτή, σκάφος σε σημαδούρα, εξακολουθούν να υπάρχουν όρια μετάδοσης κατά τη χρήση, τη ρύθμιση και την ενσωμάτωση. Οι λεπτομέρειες του περιορισμού περιγράφονται παρακάτω.

(1) Όπως είναι γνωστό, υπάρχουν ποικίλες μορφές επικοινωνίας όπως VHF, RFID, GPRS και 3G (Ye et al., 2015). Τα δεδομένα αυτών των μορφών επικοινωνίας είναι παρόμοια αλλά όχι συμβατά λόγω της έλλειψης ενιαίων διεπαφών αλληλεπίδρασης. (2) Λόγω της έλλειψης περιεχομένου εξυπηρέτησης (Jin et al., 2016) και στυλ εξυπηρέτησης, οι πληροφορίες μεταφέρονται από τον τερματικό σταθμό του πλοίου στον ακτοπλοϊκό σταθμό μόνο για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της διοίκησης. Πρέπει να δημιουργηθεί μια γενική πλατφόρμα υπηρεσιών για την παροχή διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης. (3) Όταν τα πλοία πλέουν σε διαφορετικές περιοχές, οι πληροφορίες θα μεταφερθούν σε αυτές τις περιοχές. Εάν τα επιχειρηματικά συστήματα στις περιοχές αυτές δεν υποστηρίζουν το ένα το άλλον, αυτό αποτελεί εμπόδιο για την ανταλλαγή πληροφοριών και την αποτελεσματικότητα των πληροφοριών.

### **3.4.2 Προοπτικές του Συστήματος «Διαδικτύου των Σκαφών»**

Με την ανάπτυξη του IoV, θα μελετηθούν πιο εξελιγμένα τερματικά πλοίων και ευφυείς τερματικοί σταθμοί για να εμπλουτιστούν τα μέσα αντίληψης. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών επικοινωνίας, όπως 3G, 4G, AIS και RFID, θα πραγματοποιήσει έξυπνη εναλλαγή μεταξύ τους. Οι πληροφορίες δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες θα είναι πιο συμβατές. Η πλατφόρμα πληροφοριών ενσωμάτωσης του συστήματος IoV με την αλληλεπίδραση πλοίου-ακτής θα είναι πιο ολοκληρωμένη και προηγμένη. Με τη μέθοδο

Infuture, θα εφαρμοστεί μια ποικιλία καινοτόμων ετερογενών δικτύων στο σύστημα IoV. Εν τω μεταξύ, με το σύστημα IoV τα δίκτυα θα αλλάζουν απρόσκοπτα για να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και να μειώσουν το λειτουργικό κόστος.

### **3.5 Cyber Attacks και Ασφάλεια**

Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά δίκτυα, λόγω των αλλαγών της τροχιάς του πλοίου και της ασταθούς δομής τοπολογίας, το δίκτυο IoV είναι ένα δυναμικό, προσωρινό δίκτυο. Στην πραγματική εμβέλεια επικοινωνίας, οι κόμβοι των δικτύων IoV διατηρούν την σύνδεση. Όταν η απόσταση των κόμβων εξέρχεται από το πεδίο εφαρμογής, η σύνδεση σταματάει αμέσως (Wang et al., 2016). Επιπλέον, λόγω της τεχνολογίας ad hoc μεταξύ των πλοίων, της δομής ασύρματης δικτύωσης μεταξύ της ακτής και των πλοίων, καθώς και της δομής ενσύρματου δικτύου μεταξύ του εξοπλισμού ανίχνευσης δεδομένων και των βάσεων δεδομένων, τα δίκτυα IoV βρίσκονται σε συνθήκες ενοποίησης πολλαπλών δικτύων. Επομένως, το σύστημα IoV έχει περισσότερα ζητήματα ασφάλειας από τα παραδοσιακά δίκτυα. Το IoV έχει τα χαρακτηριστικά της ακεραιότητας και της αυτο-οργάνωσης, ώστε να μην μπορεί να χρησιμοποιήσει άμεσα τον μηχανισμό ασφαλείας των παραδοσιακών δικτύων. Εν τω μεταξύ, οι κόμβοι ανίχνευσης του συστήματος IoV αναπτύσσονται σε περιβάλλον που δεν χρειάζεται να δει κανείς ή να ελέγξει κανείς. Ως αποτέλεσμα, το IoV θα απειληθεί από τη διαρροή πληροφοριών, την αλλοίωση των πληροφοριών και την επίθεση συμφόρησης. Ο επιτιθέμενος θα μπορούσε να αποκτήσει τα δεδομένα πληροφοριών από τους κόμβους ανίχνευσης και να διεισδύσει στα δίκτυα του συστήματος IoV. Οι άλλες προκλήσεις του συστήματος IoV με αντιδράσεις στον μηχανισμό ασφαλείας είναι η εξασφάλιση της τεχνολογίας ελέγχου ταυτότητας με βάση την ασφάλεια ταυτότητας των χρηστών, τη δημιουργία μεταδόσεων των κλειδιών ασφαλείας, την ασφάλεια της κρυπτογράφησης δεδομένων και την προστασία της ιδιωτικής ζωής των χρηστών (Wang et al., 2016).

## **Συμπεράσματα**

Σε αυτή την εργασία, εισάγεται το IoV. Με την ανάπτυξη μεγάλων δεδομένων, το Ίντερνετ των πραγμάτων και τα κυβερνο-φυσικά συστήματα, το IoV θα είναι ένας αναδυόμενος τομέας έρευνας στον κλάδο των πλοίων. Οι προαναφερθείσες δημοσιεύσεις παρέχουν ισχυρή υποστήριξη για την κατασκευή του συστήματος IoV. Η αρχιτεκτονική, τα χαρακτηριστικά και η σχετική εφαρμογή έχουν περιγραφεί. Η κατασκευή του συστήματος IoV βρίσκεται ακόμα στο πρωταρχικό στάδιο και συνοδεύεται πάντα από διάφορες προκλήσεις. Η τεχνική καινοτομία και οι φιλοδοξίες για την εξάλειψη των εμποδίων είναι η κινητήρια δύναμη που προάγει την τεχνική πρόοδο και ανάπτυξη του συστήματος IoV. Οι μελλοντικές ερευνητικές προτεραιότητες μπορούν να λάβουν, αλλά δεν περιορίζονται σε αυτές, τις ακόλουθες κατευθύνσεις: (1) Ανταλλακτική ικανότητα σύντηξης δεδομένων από ετερογενή δίκτυα στις θαλάσσιες μεταφορές, (2) Ευφυείς τεχνικές διαχείρισης και εξυπηρέτησης των πλοίων, (3) Ευφυείς τεχνικές ελέγχου (4) Διαπεριφερειακή ενοποίηση πληροφοριών και διαχείριση πόρων στην IoV, (5) Προστασία της ασφάλειας των πληροφοριών για μεγάλης κλίμακας συστήματα επικοινωνίας πλοίου δικτύου, (6) Η εφαρμογή της τεχνολογίας ασύρματης επικοινωνίας νέας γενιάς. Στο μέλλον, το σύστημα IoV θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στις θαλάσσιες μεταφορές σε όλο τον κόσμο. Για το IoV θα αναπτυχθούν πολλές προηγμένες τεχνολογίες. Οι συγγραφείς διεξάγουν επί του παρόντος σύγχρονες έρευνες σχετικά με το σύστημα αυτόματης ταυτοποίησης (AIS) για τον εντοπισμό πλοίων σε μεγάλα δίκτυα πλοίων και την εκμάθηση μεγάλων δεδομένων για την παρακολούθηση και διαχείριση πλοίων σε πραγματικό χρόνο.

## **• Βιβλιογραφία**

Bai, K. (2013). Research on Internet of Ships RFID Data Process. Ph.D. Thesis, Dalian Maritime University, Dalian, China.

BR, A. K., Reddy, L. C., & Hiremath, P. S. (2008). Performance comparison of wireless mobile

- ad-hoc network routing protocols. *IJCSNS*, 8(6), 337.
- Chen, H.Y. Investigation on TORA Routing Protocol in Ad Hoc Networks and Its Improvement. Master's Thesis, Hubei University, Wuhan, China, 2013.
- Coutinho, R. W., Boukerche, A., & Loureiro, A. A. (2019). Underwater Networks for Ocean Monitoring: A New Challenge for Topology Control and Opportunistic Routing. In *Mission-Oriented Sensor Networks and Systems: Art and Science* (pp. 571-601). Springer, Cham.
- Dai, M. (2016). The Key Technologies Research of Vessels Connected to Internet Information Perception and Interaction in Yangtze River Delta. Ph.D. Thesis, Chang'an University, Xi'an, China, 2016.
- Dai, M. I. N. G., Du, J. I. A. N., & Qian, S. H. A. O. (2017). Research on the overall technical framework of the ship networking system in the Yangtze River Delta. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, (itme).
- DONG, Y. H., SUN, W., DONG, L. H., & ZHANG, C. L. (2012). On construction of internet of ships [J]. *Port & waterway engineering*, 8.
- Ejaz, W., Anpalagan, A., Imran, M. A., Jo, M., Naeem, M., Qaisar, S. B., & Wang, W. (2016). Internet of Things (IoT) in 5G wireless communications. *IEEE Access*, 4, 10310-10314.
- Geng, X., Wang, Y., Feng, H., & Zhang, L. (2017). Lanepost: Lane-based optimal routing protocol for delay-tolerant maritime networks. *China Communications*, 14(2), 65-78.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
- Guo, M.; Wei, F. (2016). Research on key technologies of information fusion based on the marine network. *Ship Sci. Technol.*, 38, 103–105.
- Hu, Y. X., Ma, X. N., & Zheng, L. J. (2014). Research of data management in IOT. *Internet Things Technol*, 4, 79-82.
- Jaskólski, K. (2017). Automatic Identification System (AIS) dynamic data estimation based on



- discrete Kalman Filter (KF) algorithm. *Scientific Journal of Polish Naval Academy*, 211(4), 71-87.
- Jia, X., & Wu, F. (2017). *Electromechanical Control Technology and Transportation: Proceedings of the 2nd International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT 2017), January 14-15, 2017, Zhuhai, China*. CRC Press.
- Jin, X., Shao, J., Zhang, X., An, W., & Malekian, R. (2016). Modeling of nonlinear system based on deep learning framework. *Nonlinear Dynamics*, 84(3), 1327-1340.
- Johari, R., Garg, P., Bhatia, R., Gupta, K., & Fatimah, A. (2018). Applications of DTN. *Opportunistic Networks: Mobility Models, Protocols, Security, and Privacy*, 134.
- Kao, S. L., Lee, K. T., Chang, K. Y., & Ko, M. D. (2007). A fuzzy logic method for collision avoidance in vessel traffic service. *The Journal of Navigation*, 60(1), 17-31.
- Kawaguchi, A., Inaishi, M., Kondo, H., & Kondo, M. (2009). Towards the development of intelligent navigation support systems for group shipping and global marine traffic control. *IET Intelligent Transport Systems*, 3(3), 257-267.
- Kazimierski, W., & Wawrzyniak, N. (2014, October). Exchange of navigational information between VTS and RIS for inland shipping user needs. In *International Conference on Transport Systems Telematics* (pp. 294-303). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lazarowska, A. (2015). Ship's trajectory planning for collision avoidance at sea based on ant colony optimisation. *The Journal of Navigation*, 68(2), 291-307.
- Li, M. W., Han, D. F., & Wang, W. L. (2015). Vessel traffic flow forecasting by RSVR with chaotic cloud simulated annealing genetic algorithm and KPCA. *Neurocomputing*, 157, 243-255.
- Liu, C., Chu, X., Xie, S., & Yan, X. (2016). Review and prospect of ship intelligence. *Ship engineering*, 38(3), 77-84.
- Liu, J. X., Zhang, T., & Liu, W. (2009). Research on combination forecasting method for ship traffic flow. *Navigation of China*, 32(3), 80-84.

- Osseiran, A., Boccardi, F., Braun, V., Kusume, K., Marsch, P., Maternia, M., ... & Tullberg, H. (2014). Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project. *IEEE communications magazine*, 52(5), 26-35.
- Preece, A., & Decker, S. (2002). Intelligent web services. *IEEE Intelligent Systems*, 17(1), 15-17.
- Qin, W. M., & Wang, X. F. (2015). A survey on netting with Internet of Vessels. *Navig. China*, 38, 1-4.
- Rahman, M. A., Lee, Y., & Koo, I. (2017). EECOR: An energy-efficient cooperative opportunistic routing protocol for Underwater acoustic sensor networks. *IEEE Access*, 5, 14119-14132.
- Tang, X.Y. Application of 4G communication technology in ship navigation information system. *Ship Sci. Technol.* 2014, 36, 148–151.
- Tian, Z., Liu, F., Li, Z., Malekian, R., & Xie, Y. (2017). The development of key technologies in applications of vessels connected to the internet. *Symmetry*, 9(10), 211.
- Wang, F., Hu, L., Zhou, J., Hu, J., & Zhao, K. (2017). A semantics-based approach to multi-source heterogeneous information fusion in the internet of things. *Soft Computing*, 21(8), 2005-2013.
- Wang, P., Chaudhry, S., Li, L., Li, S., Tryfonas, T., & Li, H. (2016). The Internet of Things: a security point of view. *Internet Research*.
- Wang, T. C., Xie, Y. Z., & Yan, H. (2016). Research of multi sensor information fusion technology based on extension neural network. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 3(3), 129-34.
- Wen, C. H., Hsu, P. Y., Wang, C. Y., & Wu, T. L. (2012, March). Identifying smuggling vessels with artificial neural network and logistics regression in criminal intelligence using vessels smuggling case data. In *Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems* (pp. 539-548). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wijaya, W. M., & Nakamura, Y. (2013, December). Predicting ship behavior navigating through heavily trafficked fairways by analyzing AIS data on apache HBase. In *2013 First*

- International Symposium on Computing and Networking* (pp. 220-226). IEEE.
- Xu, W. X., Chu, X. M., Chen, X. Q., & Li, Y. C. (2014). Methods of generating vessels for traffic flow simulation of bridge areas waterway. *J. Syst. Simul*, 26, 1644-1651.
- Xu, Y.M. The Research and Design of Remote Monitoring System of a Boat Equipment Data Based on 3G Technology. Master's Thesis, Dalian Maritime University, Dalian, China, 2013.
- Yan, X. P., & Liu, C. G. (2016). Review and prospect for intelligent waterway transportation system. *CAAI Trans. Intell. Syst*, 11, 807-817.
- Yang, Y. (2010). Progress, contribution and challenges of Compass/Beidou satellite navigation system. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 39(1), 1-6.
- Yang, Y., Li, J., Xu, J., Tang, J., Guo, H., & He, H. (2011). Contribution of the compass satellite navigation system to global PNT users. *Chinese science bulletin*, 56(26), 2813.
- Ye, N., Wang, Z. Q., Malekian, R., Zhang, Y. Y., & Wang, R. C. (2015). A method of vehicle route prediction based on social network analysis. *Journal of Sensors*, 2015.
- Zhang, Y., Chen, M., & Liao, X. F. (2013). Big data applications: a survey. *J. Comput. Res. Dev*, 50, 216-233.
- Zhou, L., & Haas, Z. J. (1999). Securing ad hoc networks. *IEEE network*, 13(6), 24-30.
- Zhou, Y., Cherian, G., & Abraham, S. P. (2016). *U.S. Patent No. 9,307,507*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Zhu, Y., Sun, L. J., & Zhang, Y. (2011, August). The Data Exchange Research of E-Government Application System Basing on Spatial Information. In *2011 International Conference on Management and Service Science* (pp. 1-5). IEEE.