



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ &**  
Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
και Παραγωγής

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**  
Τμήμα Ναυτιλίας και σχεδίασης  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



---

**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

**ΤΙΤΛΟΣ:**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ**

---

**ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ:**

**DIGITAL TECHNOLOGIES/PLATFORMS IN TRANSPORTATION**

---

**Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:**

**Νικολία Πανταζή**

---

**Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:**

**Ελένη – Αικατερίνη Δελίγκου**

---

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2023**

---



**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής**

**(Ον/μο επιβλέπωντος/ουσας)**

**Ελένη – Αικατερίνη Λελίγκου**

**(Ον/μο 1<sup>ου</sup> εξεταστή)**

**Παπουτσιδάκης Μιχαήλ**

**(Ον/μο 2<sup>ου</sup> εξεταστή)**

**Δρόσος Χρήστος**



### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Νικολία Πανταζή του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 8066273 φοιτήτρια του Διϋδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Η Δηλούσα

Ημερομηνία

Νικολία Πανταζή

09/06/2023



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ &**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
και Παραγωγής

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και σχεδίασης  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



## **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ**

**ΝΙΚΟΛΙΑ ΠΑΝΤΑΖΗ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

## Περίληψη Διπλωματικής Εργασίας

Η είσοδος στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0) χαρακτηρίστηκε από μια συνεχώς αυξανόμενη τάση για ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, μία τάση που βρήκε χώρο για εφαρμογή σε πολλούς και διαφορετικούς κλάδους. Το Industry 4.0 αποτελεί πλέον μια έννοια συνυφασμένη με τα ψηφιακά δίδυμα (Digital twins). Η βασική λειτουργία των Digital Twins είναι η αναπαράσταση της φυσικής κατασκευής στον ψηφιακό κόσμο προσφέροντας υπηρεσίες παρακολούθησης, διάγνωσης και προσομοίωσης σεναρίων και μέχρι σήμερα έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς σε αρκετούς και διαφορετικούς μεταξύ τους κλάδους.

Ουσιαστικά ένα ψηφιακό δίδυμο χρησιμοποιεί δεδομένα σε πραγματικό χρόνο με στόχο την δυναμική εικονική αναπαράσταση ενός φυσικού αντικειμένου ή συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Συνεπώς ένα από τα δυνατότερα στοιχεία των Digital Twins είναι η δυνατότητα που παρέχουν για εκτέλεση δοκιμών στο εικονικό περιβάλλον ενός υπολογιστή κι όχι στο πεδίο. Το γεγονός αυτό προσφέρει ασφάλεια, καθώς πρόκειται για μια πλατφόρμα, η οποία είναι αρκετά οικονομικότερη, ταχύτερη και ασφαλέστερη από ότι η εργασία πεδίου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό να εξετάσει και να αναλύσει τη λειτουργία και τη σημαντικότητα των Digital Twins και των εφαρμογών τους στον κλάδο των μεταφορών, με μια ιδιαίτερη μνεία στο ναυτιλιακό κλάδο. Άλλωστε τα ψηφιακά δίδυμα εντοπίζονται σε όλες τις μορφές μεταφορών, αεροσκάφη, τρένα, πλοία και υπεράκτιες κατασκευές, αλλά και αυτοκίνητα και φορτηγά. Η ψηφιακή ανάπτυξη του κλάδου των μεταφορών συνάδει με την έννοια της «ψηφιακής πλατφόρμας». Όλες οι διαδικασίες που σχετίζονται με τις μεταφορές και τα logistics είναι δυνατόν να ενσωματωθούν σε ψηφιακές πλατφόρμες, δημιουργώντας έτσι ένα ενιαίο σύστημα, το οποίο μπορεί να εξελιχθεί σε ένα οικοσύστημα βασιζόμενο σε διεπαφές και κοινές αρχές μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών του συστήματος.

Τα ψηφιακά δίδυμα αποτελούν ένα μέσο παρακολούθησης, ανάλυσης, προσομοίωσης και πρόβλεψης της απόδοσης του εκάστοτε συστήματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες, καθώς ενσωματώνουν και αναλύουν έναν τεράστιο όγκο

πολύπλοκων δεδομένων. Αξίζει να αναφερθεί πως ανεξαρτήτως την εκτεταμένη βιβλιογραφία σχετικά με την έννοια των ψηφιακών διδύμων, απουσιάζει ένας ομοιόμορφος ορισμός και μοντέλο αναφοράς των ψηφιακών διδύμων, πιθανώς λόγω της ευρείας τους χρήσης σε διαφορετικούς – μεταξύ τους – κλάδους.

Ειδικότερα αναφερόμενοι στο ναυτιλιακό τομέα θα μπορούσε να ειπωθεί πως τα Digital Twins είναι σε θέση να βελτιώσουν την ασφάλεια και να αυξήσουν την παραγωγικότητα του συγκεκριμένου κλάδου. Η βελτιστοποίηση της ναυτιλιακής βιομηχανίας μπορεί να βασιστεί στη δυνατότητα πρόβλεψης πιθανών κινδύνων και δημιουργίας της βέλτιστης σχεδίασης μέσω της χρήσης των ψηφιακών διδύμων.

Εν κατακλείδι στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναλυθεί εκτενώς η έννοια των ψηφιακών διδύμων, θα μελετηθούν οι εφαρμογές τους στον μεταφορικό κλάδο, σε συνδυασμό με τις πιθανές προκλήσεις που πιθανόν να προκύψουν και θα εξεταστούν υπάρχουσες πλατφόρμες που υποστηρίζουν την ανάπτυξη ψηφιακών διδύμων.

Λέξεις – Κλειδιά: Ψηφιακά Δίδυμα, Ψηφιακές Πλατφόρμες, Digital Twins, Digital Platforms, Industry 4.0, Shipping 4.0, Internet of Things

## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή .....	- 11 -
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας .....	- 11 -
1.2 Μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας .....	- 12 -
1.3 Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας.....	- 13 -
1.4 Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	- 14 -
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση και Βασικές Έννοιες.....	- 14 -
2.1 Ορισμοί και επεξήγηση βασικών εννοιών.....	- 14 -
2.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση στα Ψηφιακά Δίδυμα.....	- 17 -
2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση στις Ψηφιακές Πλατφόρμες.....	- 20 -
3. Ψηφιακά Δίδυμα .....	- 24 -
3.1 Ψηφιακό Δίδυμο Vs Προσομοίωση .....	- 30 -
3.2 Τύποι ψηφιακών διδύμων.....	- 33 -
3.3 Εφαρμογές Ψηφιακών Διδύμων .....	- 35 -
3.4 Πλεονεκτήματα Ψηφιακών Διδύμων .....	- 44 -
3.5 Εμπόδια και Δυσκολίες εφαρμογής Ψηφιακών Διδύμων .....	- 46 -
4. Ψηφιακές Πλατφόρμες.....	- 47 -
4.1 Ψηφιακές πλατφόρμες: ορισμός και κατηγορίες.....	- 49 -
4.2 Εφαρμογές Ψηφιακών Πλατφορμών.....	- 52 -
4.3 Πλεονεκτήματα Ψηφιακών Πλατφορμών .....	- 55 -
4.4 Εμπόδια και Δυσκολίες εφαρμογής Ψηφιακών Πλατφορμών.....	- 57 -
5. Case Study: Πώς καθορίζονται οι λειτουργίες μιας ναυτιλιακής εταιρείας βασιζόμενη σε μια Ψηφιακή Πλατφόρμα. ....	- 66 -
Συμπεράσματα.....	- 73 -
Βιβλιογραφία.....	- 75 -

### Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Βασικοί στόχοι ερευνητικού προγράμματος DIGITSENSE.....	- 30 -
Πίνακας 2: Digital Twins Vs Simulation .....	- 32 -
Πίνακας 3: Σύντομη περιγραφή τύπων ψηφιακών διδύμων .....	- 34 -
Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα Digital Twins .....	- 46 -
Πίνακας 5: Προκλήσεις στην εφαρμογή ψηφιακών διδύμων .....	- 47 -
Πίνακας 6: Σύντομη περιγραφή κατηγοριών Digital Platforms.....	- 51 -
Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα Digital Platforms .....	- 57 -

### Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Λειτουργία Digital Twins .....	- 25 -
Εικόνα 2 :Απεικόνιση Digital Twin .....	- 37 -
Εικόνα 3: Self driving ships at Port of Rotterdam .....	- 38 -
Εικόνα 4: Port Vision 2030 _ Global Hub .....	- 42 -
Εικόνα 5: Buoys and digital dolphins in Port of Rotterdam .....	- 43 -
Εικόνα 6: Τα στάδια της ψηφιακής "μεταμόρφωσης" .....	- 48 -
Εικόνα 7: Blockchain in Shipping .....	- 61 -
Εικόνα 8: Γενική εικόνα λειτουργίας μια ψηφιακής πλατφόρμας .....	- 67 -
Εικόνα 9: Ψηφιακή Πλατφόρμα "Poseidon System" .....	- 69 -



## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

2D	Two-dimensional
3D	Three-dimensional
4D	Four-dimensional
AER	Annual Equivalent Rate
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
AI	Artificial Intelligence
B2B	Business to Business
BIM	Building Information Modeling
C2C	Customer to Customer
CAD	Computer Aided Design
CII	Carbon Intensity Indicator
DCMR	DCMR Environmental Protection Agency
DCS	Distributed Control System
DL	Deep Learning
DT	Digital Twins
DTA	Digital Twin Aggregate
DTI	Digital Twin Instances
DTP	Digital Twin Prototype
EATCPS Lab	Electronic Automation, Telematics and Cyber-Physical Systems Research Lab
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EEOI	Energy Efficiency Operational Indicator
EEXI	Energy Efficiency Existing Index
ETA	Estimated Time of Arrival
EuroGOOS	European Global Ocean Observing System
GEO	Department of Geography
GOOS	Global Ocean Observing System
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning
IMO	International Maritime Organisation
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission
IoT	Internet of Things
KPI's	Key Performance Indicators
ML	Machine Learning
MonGOOS	The Mediterranean Oceanographic Network for the Global Ocean Observing System
MRV	Measurement, Reporting, and Verification



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ &**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
και Παραγωγής

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και σχεδίασης  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



---

OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan
VR	Virtual Reality

## 1. Εισαγωγή

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από τη μετατροπή του φυσικού κόσμου σε ψηφιακό, και αυτό το φαινόμενο με τη σειρά του δημιουργεί μια ενιαία σύνδεση. Πρόκειται δηλαδή για μια συνεχόμενη ενιαία σύνδεση «έξυπνων» συσκευών και τεχνολογιών, με σκοπό τη συνεχή και αδιάκοπη επικοινωνία πάντα και παντού.

Εν ολίγοις αυτή η εποχή είναι συνυφασμένη με το «Διαδίκτυο των πραγμάτων» (Internet of Things - IoT). Πρόκειται για ένα σημαντικό θέμα στους κύκλους της τεχνολογικής βιομηχανίας, πολιτικής και μηχανικής. Επί της ουσίας είναι ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων (συσκευές, οχήματα, πλοία) ενσωματωμένα με ηλεκτρονικά, κυκλώματα, λογισμικά, αισθητήρες και δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα (Bay O., 2013).

Αναλυτικότερα, το IoT επιτρέπει να ανιχνεύονται και να ελέγχονται εξ αποστάσεως αντικείμενα σε υφιστάμενα δίκτυα, δημιουργώντας ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η απόδοση και η ακρίβεια τους.

Συνοψίζοντας, σήμερα επικρατεί η λεγόμενη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, η οποία χαρακτηρίζεται από την εφαρμογή διάφορων καινοτόμων τεχνολογιών σε διάφορους κλάδους και επιστήμες. Μια τέτοια τεχνολογία είναι και τα ψηφιακά δίδυμα και οι ψηφιακές πλατφόρμες, οι οποίες θα αναλυθούν εκτενώς στην παρούσα διπλωματική εργασία. Αυτές οι δύο τεχνολογίες βρίσκουν χώρο ανάπτυξης σε πολλούς κλάδους. Η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στον κλάδο των μεταφορών και ιδιαίτερα της ναυτιλίας.

### 1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Οι τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις, οι οποίες προέρχονται από την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, και η εφαρμογή αυτών σε διάφορους κλάδους και επιστήμες, έχουν οδηγήσει σε πολλές μελέτες και έρευνες, σχετικά με τον αντίκτυπό τους και την επιρροή τους στο τρέχον τεχνολογικό γίγνεσθαι.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί η παρούσα διπλωματική εργασία θα επικεντρωθεί σε μια τέτοια τεχνολογία, η οποία είναι τα ψηφιακά δίδυμα. Τα digital twins είναι μια καινοτόμα τεχνολογία που έχει εφαρμογή σε πολλούς κλάδους όπως στον κλάδο της βιομηχανικής παραγωγής, στην επιστήμη των δεδομένων, στον κλάδο της ιατρικής και τα τελευταία χρόνια και στον κλάδο των μεταφορών. Αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η χρήση των ψηφιακών δίδυμων και των ψηφιακών πλατφορμών στον τομέα των μεταφορών. Ουσιαστικά θα γίνει λόγος και εκτενής αναφορά στο πώς τα ψηφιακά δίδυμα χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση ενός φυσικού συστήματος στον ψηφιακό κόσμο συνδυάζοντας διάφορες τεχνολογίες (BIM, IoT, AI κτλ.) και δεδομένα από αισθητήρες παρέχοντας διάφορες υπηρεσίες στον χρήστη. Τέτοιες υπηρεσίες είναι η παρακολούθηση, η προσομοίωση και η πρόγνωση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη δυναμική των ψηφιακών δίδυμων στην διαχείριση καταστάσεων κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων που σχετίζονται με τις μεταφορές. Συνεπώς, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα μελετηθεί ο τρόπος με τον οποίο τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να υποστηρίξουν τις εσωτερικές διαδικασίες και λειτουργίες ενός μεταφορικού συστήματος.

## 1.2 Μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει εκτενής ανάλυση και περιγραφή τόσο των ψηφιακών δίδυμων, όσο και των ψηφιακών πλατφορμών, που χρησιμοποιούνται στον μεταφορικό κλάδο και κυρίως στη ναυτιλία. Συνεπώς κρίνεται αναγκαία η μελέτη και η επεξεργασία μιας σειράς από άρθρα και άλλων εργασιών και μελετών.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση που θα χρησιμοποιηθεί με στόχο την σφαιρική προσέγγιση των διαθέσιμων ερευνητικών πόρων, προέρχεται από πληθώρα άρθρων, papers, μελετών και ερευνών, κυρίως της τελευταίας δεκαετίας. Επίσης μια συγκριτική ανάλυση μεταξύ ήδη υπαρχόντων ψηφιακών πλατφορμών, θα οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση των παρεχόμενων δυνατοτήτων αυτής της τεχνολογικής ανάπτυξης.

Επιπροσθέτως σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας θα παρουσιαστεί ένα case study scenario, με στόχο την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας των digital twins και των digital platforms. Συνοπτικά, θα αναλυθεί η χρήση των ψηφιακών διδύμων στις διαδικασίες ενός πλοίου, αλλά και το πώς το συγκεκριμένο πλοίο κάνει χρήση των ψηφιακών πλατφορμών για την ευκολότερη και αποδοτικότερη λειτουργία των διαδικασιών αυτών. Τέλος θα παρουσιαστεί και η πιθανότητα εμφάνισης κωλύματος στη χρησιμοποίηση ψηφιακών πλατφορμών και το πώς αυτό θα επηρεάσει τις λειτουργικές διαδικασίες του πλοίου και του ναυτιλιακού γραφείου.

### 1.3 Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας

Η τεχνολογία των digital twins και ψηφιακών πλατφορμών εφαρμόζεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια στον κλάδο των μεταφορών και της ναυτιλίας ιδιαίτερα. Το πρώτο στάδιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχετίζεται με την αποσαφήνιση ορισμών και εννοιών, που αναφέρονται στα ψηφιακά δίδυμα και τις ψηφιακές πλατφόρμες. Το βήμα αυτό θα επιτευχθεί μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης μελετών, ερευνών και άρθρων.

Το δεύτερο βήμα της εργασίας είναι η ανάλυση και η μελέτη των ψηφιακών διδύμων και των εφαρμογών τους στον κλάδο των μεταφορών. Με το ίδιο μοτίβο θα εξεταστούν και οι ψηφιακές πλατφόρμες και η χρήση αυτών.

Μέσω αυτής της μελέτης θα διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη δυναμική δυναμική των ψηφιακών διδύμων στον κλάδο των μεταφορών, αλλά και θα εντοπιστούν κενά που πιθανώς υφίστανται στη σχετιζόμενη βιβλιογραφία.

Τέλος, με την εκπόνηση του case study scenario, που αναφέρθηκε προηγουμένως, θα είναι ευκολότερη η κατανόηση των Digital Twins – Digital Platforms και την αλληλεπίδραση αυτών. Άλλωστε η έρευνα με τη χρήση case study δεν εστιάζει αποκλειστικά στο φαινόμενο που αναλύεται, αλλά στην αντίληψη και αποτύπωση των υποκειμενικών νοημάτων, καθώς και στον προσδιορισμό των υφιστάμενων αιτιωδών συνδέσεων (Borghini, Caru & Cova, 2010).

## 1.4 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Το πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής αποτελεί εισαγωγή και αναφέρεται σε γενικές πληροφορίες της εργασίας. Στη συνέχεια το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία και επικεντρώνεται σε ορισμούς και βασικές έννοιες, που θεωρούνται απαραίτητοι για την πλήρη κατανόηση του θέματος. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται εκτενώς τα ψηφιακά δίδυμα. Παρουσιάζονται οι εφαρμογές τους στον κλάδο των μεταφορών και συνδυαστικά γίνεται μνεία στα πλεονεκτήματα και τα εμπόδια που πιθανώς να προκύψουν από τη χρήση τους.

Επίσης το τέταρτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στις ψηφιακές πλατφόρμες και τη χρήση τους ιδιαίτερα στο ναυτιλιακό κλάδο. Μάλιστα γίνεται μια μικρή συγκριτική ανάλυση μεταξύ ήδη υπάρχοντων ψηφιακών πλατφορμών. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται εκτενώς ένα case study scenario, με στόχο τη βέλτιστη κατανόηση της χρήσης των Digital Twins στη ναυτιλία και τις μεταφορές, καθώς και τη διαδραστική σχέση που δημιουργείται βασιζόμενη στη χρησιμοποίηση των Digital Platforms. Εν κατακλείδι το τελευταίο κεφάλαιο αποτελεί ανακεφαλαίωση όλων των υπόλοιπων, και συγχρόνως παρατίθενται και συμπεράσματα αλλά και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

## 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση και Βασικές Έννοιες

### 2.1 Ορισμοί και επεξήγηση βασικών εννοιών

#### Ψηφιακά δίδυμα

Τα ψηφιακά δίδυμα είναι η εικονική αναπαράσταση ενός φυσικού συστήματος που επιτρέπει σε ένα χρήστη ή φορέα να αντλήσει πληροφορίες τόσο για την απόδοση όσο και για την λειτουργικότητα του συστήματος. Κάθε ψηφιακό δίδυμο συνδέεται με το φυσικό του δίδυμο μέσω ενός μοναδικού κλειδιού που ταυτοποιεί το φυσικό δίδυμο και ως εκ τούτου επιτρέπει την καθιέρωση μιας διμερούς σχέσης μεταξύ ψηφιακού δίδυμου και φυσικού συστήματος όπου μπορούν πράξεις από το ψηφιακό δίδυμο να

μεταφερθούν στο φυσικό σύστημα. Η σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω δεδομένων που προέρχονται κυρίως από αισθητήρες εγκατεστημένους στο φυσικό σύστημα. Τέλος όταν, τόσο τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο όσο και τα ιστορικά λειτουργικά δεδομένα συνδυάζονται με επιστημονικές γνώσεις προκύπτει μια μοναδική ψηφιακή αναπαράσταση, τα ψηφιακά δίδυμα (Sacks et al 2020).

### Ψηφιακές Πλατφόρμες

Η κύρια τάση της ψηφιακής ανάπτυξης του κλάδου των μεταφορών είναι οι πλατφόρμες. Οι ψηφιακές πλατφόρμες μπορούν να οριστούν ως ένα σύνολο εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί για να φιλοξενούν, να παρέχουν πρόσβαση και να διευκολύνουν τη διασταυρούμενη χρήση άλλων εφαρμογών που βρίσκονται στην κύρια Πλατφόρμα. Μια Ψηφιακή Πλατφόρμα περιλαμβάνει τρία στοιχεία: αρχικά εφαρμογές για απορρόφηση δεδομένων, επίσης μια μηχανή συναλλαγών για την εκτέλεση δραστηριοτήτων βασισμένων σε κανόνες που βασίζονται στη Μηχανική Μάθηση AI και, τρίτον, αναλυτικούς κινητήρες. Οι ψηφιακές πλατφόρμες περιλαμβάνουν επίσης διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API) που επιτρέπουν σε διαφορετικές εσωτερικές και εξωτερικές εφαρμογές να συνομιλούν με καθεμία. (CETMO)

Επιπροσθέτως, οι ψηφιακές πλατφόρμες είναι σε θέση να ενσωματώνουν όλες τις διαδικασίες μεταφορών και logistics σε ένα ενιαίο σύστημα και η επέκταση των διεπαφών και των δημιουργούμενων αξιών επιτρέπει στην πλατφόρμα να εξελιχθεί σε ένα οικοσύστημα. (Garonenko T., Hnoevskaya L., 2022). Η δημιουργία ενός δικτύου digital twin platform μπορεί να προσφέρει στις επιχειρήσεις μια ολοκληρωμένη εικόνα των προϊόντων, της κατασκευής, της αλυσίδας εφοδιασμού, της εμπειρίας των πελατών και της κερδοφορίας, η οποία συμβάλλει στην κατασκευή ενός βιώσιμου επιχειρηματικού μοντέλου. (Li, X., Cao, J., Liu, Z., Luo, X.,2020).

## **Internet of Things (IoT)**

Το IoT είναι ένας τομέας που εξελίσσεται πάρα πολύ γρήγορα και ο οποίος αλλάζει την καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Όλα γίνονται πιο «έξυπνα» αφού οι συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους, εκτελούν εργασίες ανεξάρτητα και εμφανίζουν μετρήσεις και αποτελέσματα. (Plageras et al. 2017). Μπορεί να οριστεί ως ένα παγκόσμιο δίκτυο μηχανημάτων ικανών να επικοινωνούν και να επιτρέπουν στα αντικείμενα να μοιράζονται πληροφορίες και στη συνέχεια να λαμβάνουν αποφάσεις, τις οποίες και μετατρέπουν σε «έξυπνα» αντικείμενα μέσω χρήσης τεχνολογίας για την επίτευξη ενός κοινού στόχου (Adat et al. 2018, Lee et al. 2015). Επιπρόσθετα, μπορούν να επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, έτσι η συμφόρηση δικτύου έχει μειωθεί καθώς τα ασύρματα δίκτυα έχουν αυξήσει την ταχύτητά του, παρέχοντας τη βέλτιστη συνδεσιμότητα. Μεγαλύτερες ποσότητες κοινών πληροφοριών, μαζί με δίκτυα με βελτιωμένη χωρητικότητα, δείχνουν ότι αυτός ο τομέας υπόκειται σε συνεχή καινοτομία. Στον φυσικό κόσμο, συνδέονται αισθητήρες οι οποίοι μπορούν να συλλέξουν δεδομένα από μηχανήματα, ρομπότ, υλικά, κατασκευές και το ίδιο το φυσικό περιβάλλον. (Lee et al. 2015). Το IoT συνδυάζει όλες αυτές τις πληροφορίες και τα διαφορετικά πρωτόκολλα και μεταδίδει ενιαία, σε πραγματικό χρόνο, δεδομένα για το σύστημα παρακολούθησης. Με την τεχνολογία των IoT, τα φυσικά και ψηφιακά δεδομένα, που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός ψηφιακού διδύμου, σχηματίζουν ένα υβριδικό δίκτυο επικοινωνίας που επιτρέπει στα δεδομένα να συνδέονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους. Στο δίκτυο, οι αλληλεπιδράσεις εντός του φυσικού και του κυβερνοχώρου είναι ενεργοποιημένες, γεγονός που επιτρέπει στην φυσική κατασκευή να παρακολουθείται και να ελέγχεται από τα ηλεκτρονικά συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές.

## **Industry 4.0**

Το Industry 4.0, γνωστό και ως η τέταρτη τεχνολογική επανάσταση, αφορά στη χρήση όλο και περισσότερων ψηφιακών-φυσικών συστημάτων για την αυτοματοποίηση της παραγωγής, το οποίο δημιουργεί τεράστιες επιπτώσεις στις βιομηχανίες. Κάθε



τεχνολογική επανάσταση βαδίζει μαζί με την έννοια της καινοτομίας. Σήμερα είναι ξεκάθαρο ότι βαδίζουμε στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση με την εφαρμογή όλων των καινοτόμων τεχνολογιών όπως big data management, digital twins, internet of things. Εν ολίγοις η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση μπορεί να οριστεί ως η ολοκλήρωση σύνθετων φυσικών μηχανών και συσκευών με δίκτυα αισθητήρων και προγραμμάτων λογισμικού, τα οποία χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη, τον έλεγχο και τον σχεδιασμό καλύτερων επιχειρηματικών και κοινωνικών αποτελεσμάτων. (Consortium, The Industrial Internet, 2018).

### **Shipping 4.0**

Οι διάφορες τεχνικές και διαχειριστικές βελτιώσεις στον τεχνολογικό τομέα έχουν οδηγήσει στο λεγόμενο θαλάσσιο μετασχηματισμό - Shipping 4.0. Ουσιαστικά ορίζεται ως η ολοκληρωμένη υλοποίηση των ψηφιακών διαδικασιών και έξυπνων τεχνολογιών σχετικά με τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την κατασκευή, την λειτουργία και την εξυπηρέτηση πλοίων που ενισχύουν την αυτοσύζευξη και αυτονομία (Aiello et al., 2020). Το Shipping 4.0 αν και θα αποτελεί το κύριο θέμα συζητήσεων, αλλά και εφαρμογών, στον κλάδο της ναυτιλίας, «αντιμετωπίζει» ορισμένα εμπόδια ως προς το εύρος της εφαρμογής του. Αρχικά, εντοπίζεται ένα κενό στις δεξιότητες που απαιτούνται από το ανθρώπινο δυναμικό για να ανταπεξέλθουν στις νέες τεχνολογικές εξελίξεις. Επίσης, το νομοθετικό πλαίσιο χαρακτηρίζεται ελλιπές όσον αφορά στην εφαρμογή τους στο νέο τεχνολογικό γίγνεσθαι. Ενώ σημαντικό παράγοντα αποτελεί και το cyber security, που πλέον είναι αναπόσπαστο κομμάτι της νέας τεχνολογικής πραγματικότητας.

## **2.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση στα Ψηφιακά Δίδυμα**

Η ιδέα των Digital Twins έχει κερδίσει αυξανόμενη προσοχή και δημοτικότητα τόσο στην πρακτική όσο και στην έρευνα. Ο αριθμός των επιστημονικών δημοσιεύσεων για τα Digital Twins καθώς και οι εφαρμογές τους στην πράξη έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια.

Η ψηφιακή δίδυμη τεχνολογία εκφράστηκε για πρώτη φορά το 1991, με τη δημοσίευση του Mirror Worlds, από τον David Gelernter. Ωστόσο, ο Δρ Michael Grieves «χρεώνεται» με την πρώτη εφαρμογή της έννοιας των ψηφιακών διδύμων στην κατασκευή το 2002 και την επίσημη ανακοίνωση της ιδέας του ψηφιακού δίδυμου λογισμικού. Τελικά, ο John Vickers της NASA εισήγαγε έναν νέο όρο - "ψηφιακό δίδυμο" - το 2010.

Ωστόσο, η βασική ιδέα της χρήσης ενός ψηφιακού δίδυμου ως μέσου μελέτης ενός φυσικού αντικειμένου μπορεί πραγματικά να γίνει μάρτυρας πολύ νωρίτερα. Στην πραγματικότητα, μπορεί δικαίως να ειπωθεί ότι η NASA πρωτοστάτησε στη χρήση της ψηφιακής δίδυμης τεχνολογίας κατά τη διάρκεια των αποστολών εξερεύνησης του διαστήματος της δεκαετίας του 1960, όταν κάθε διαστημικό σκάφος αναπαρήχθη ακριβώς σε μια γήινη έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για σκοπούς μελέτης και προσομοίωσης από το προσωπικό της NASA που υπηρετούσε στο πληρώματα πτήσης.

Μελετώντας περισσότερο την έννοια και τον ορισμό των Ψηφιακών διδύμων, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει μια καθολική επεξήγηση, τόσο σχετικά με την ουσία τους όσο και με την χρήση τους. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τους Demkovich et al. (2018) το Digital Twin ενός συστήματος παραγωγής είναι μια ψηφιακή διάταξη πολλαπλών επιπέδων που περιγράφει το προϊόν, τις διαδικασίες και τους πόρους στο περιβάλλον λειτουργίας τους, δηλαδή επιτρέποντας την προσομοίωση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στο πραγματικό σύστημα, καθώς και συλλογή και εμφάνιση σε πραγματικό χρόνο δεδομένων σχετικά με την κατάσταση των αντικειμένων που λαμβάνονται από το PLC και αισθητήρες εγκατεστημένοι στο σύστημα παραγωγής τόσο σε βιομηχανικό εξοπλισμό και στο περιβάλλον του. Ενώ σύμφωνα με Grieves and Vickers (2017) το Digital Twin είναι ένα σύνολο εικονικών πληροφοριών που περιγράφει πλήρως ένα δυνητικό ή πραγματικό φυσικό κατασκευασμένο προϊόν από το μικροατομικό επίπεδο στο μακρογεωμετρικό επίπεδο. Τέλος, σύμφωνα με Glaessgen and Stargel (2012) το Digital Twin είναι μια ολοκληρωμένη πολυφυσική, πολλαπλής κλίμακας, πιθανολογική προσομοίωση του ενός συστήματος που έχει κατασκευαστεί με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιεί τα καλύτερα διαθέσιμα φυσικά μοντέλα, αισθητήρες κ.λπ., για να αντικατοπτρίζει τη ζωή του αντίστοιχου ψηφιακού δίδυμου.

Στη συνέχεια, όσον αφορά στην ουσία και το περιεχόμενο των Ψηφιακών Διδύμων σύμφωνα με Tao et al. (2018) το πλήρες DT [Digital Twin] θα πρέπει να περιλαμβάνει πέντε μέρη: φυσικό μέρος, εικονικό, ανταλλακτικό, σύνδεση, δεδομένα και υπηρεσία. Ενώ ο Grieves (2014) υποστήριξε πως το μοντέλο Digital Twin περιλαμβάνει τρία κύρια μέρη: α) φυσικά προϊόντα σε πραγματικό χώρο, β) εικονικά προϊόντα σε εικονικό χώρο και γ) τις συνδέσεις δεδομένων και πληροφοριών που συνδέουν τα εικονικά και τα πραγματικά προϊόντα μαζί. Παρομοίως σύμφωνα με τους Negri et al. (2017) το DT [Digital Twin] αποτελείται από μια εικονική αναπαράσταση ενός συστήματος παραγωγής που είναι σε θέση να τρέξει σε διαφορετικούς κλάδους προσομοίωσης που χαρακτηρίζεται από το συγχρονισμό μεταξύ εικονικού και πραγματικού συστήματος, χάρη στα δεδομένα ανίχνευσης και συνδεδεμένες έξυπνες συσκευές, μαθηματικά μοντέλα και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Συμπερασματικά, οι περισσότεροι συγγραφείς ερευνών και μελετητές ορίζουν τα Ψηφιακά Δίδυμα με τον ίδιο τρόπο και παρομοίως συμβαίνει και στην ανάλυση της ουσίας τους. Βέβαια παρατηρούνται μικρές διαφοροποιήσεις, οι οποίες πιθανώς οφείλονται στη χρονολογία της εκάστοτε μελέτης. Ο ορισμός και η επεξήγηση των Digital Twins φαίνονται να εμπλουτίζονται με την πάροδο του χρόνου καθώς η «επαφή» μαζί τους και η χρησιμοποίησή τους αυξάνεται.

Εμβαθύνοντας στη μελέτη των Ψηφιακών Διδύμων, σύμφωνα με τους Gausdal et al. (2018), οι κύριοι μοχλοί των ψηφιακών διδύμων είναι η πρόθεση μείωσης του κόστους, οι ρυθμιστικοί κανονισμοί στη ναυτιλιακή βιομηχανία και η μεγάλη ποσότητα δεδομένων που επεξεργάζονται οι ναυτιλιακές εταιρείες, μαζί με την πρόθεση για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της επιχείρησης. Σε αντίθεση με αυτό, τα κύρια εμπόδια τους είναι το υψηλό κόστος υλοποίησης, η χαμηλή ποιότητα των υπεράκτιων συνδέσεων στο Διαδίκτυο, η γήρανση των αρμοδίων λήψης αποφάσεων, η υπερβολικά προσανατολισμένη στην τεχνολογία κουλτούρα, η έλλειψη επενδυτικών πρωτοβουλιών, το χαμηλό επίπεδο διάδοσης της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας μέσω της εφοδιαστικής αλυσίδας και την αποφυγή κινδύνου.

Επιπροσθέτως, οι Heilig et al. (2017) παρείχαν μια επισκόπηση της ανάπτυξης και της τελευταίας τεχνολογίας των Digital Twins στα σύγχρονα θαλάσσια λιμάνια,

προκειμένου να εντοπιστούν οι τρέχουσες δυνατότητες και τα εμπόδια εφαρμογής των Digital Twins, καθώς τα λιμάνια διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη θαλάσσια επιμελητεία και αντιπροσωπεύουν σημαντικούς κόμβους στο διεθνές εμπόριο. Συγκεκριμένα εστίασαν στους θαλάσσιους λιμένες, προσδιορίζοντας τρεις γενιές Digital Twins (Transformation to Paperless Procedures; Transformation to Automated Procedures; Transformation to Smart Procedures), τα οποία και ανέλυσε. Η μέχρι στιγμής ανάλυση έδειξε ότι υπάρχουν μόνο λίγες πρόσφατες μελέτες που έχουν ασχοληθεί με την ψηφιοποίηση και τα ψηφιακά δίδυμα στον ναυτιλιακό τομέα και καμία από αυτές δεν προσφέρει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες επικεντρώθηκαν στον προσδιορισμό της τρέχουσας κατάστασης της ψηφιοποίησης, στην αποκάλυψη των διαχειριστικών προσδοκιών των Digital Twins και στον εντοπισμό των δυνατοτήτων και των εμποδίων των ψηφιακών διδύμων από την προοπτική της συνεργασίας στη συνολική αλυσίδα εφοδιασμού και όχι ειδικότερα στις θαλάσσιες μεταφορές.

Η βασική ιδέα των Digital Twins είναι να συνδέσει τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο. Με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση των Enders & Hoßbach (2019) και με βάση τα αποτελέσματα και τη συζήτηση της μελέτης τους, προτείνεται ο ακόλουθος ορισμός των Ψηφιακών Διδύμων: «Το Digital Twin είναι μια εικονική αναπαράσταση ενός φυσικού αντικειμένου που ονομάζεται Physical Twin. Αυτά τα δύο μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους. Ένα Digital Twin μπορεί να παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το Physical Twin από ό,τι μπορεί να προσφέρει το ίδιο το Physical Twin».

### 2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση στις Ψηφιακές Πλατφόρμες

Η κύρια τάση της ψηφιακής ανάπτυξης και ιδιαίτερα του κλάδου των μεταφορών είναι η πλατφόρμα. Οι ψηφιακές πλατφόρμες είναι σε θέση να ενσωματώνουν όλες τις διαδικασίες μεταφορών και logistics σε ένα ενιαίο σύστημα και η επέκταση των διεπαφών και των δημιουργούμενων αξιών επιτρέπει στην πλατφόρμα να εξελιχθεί σε ένα οικοσύστημα. Ωστόσο, σήμερα δεν υπάρχει σαφής απάντηση στο ερώτημα πόσο

δωρεάν/περιορισμένη πρόσβαση στην πλατφόρμα ψηφιακών μεταφορών θα πρέπει να είναι τόσο για τους παρόχους υπηρεσιών (φορείς υπηρεσιών) όσο και για τους καταναλωτές. Είναι καίριο να κατανοηθεί το οικοσύστημα της πλατφόρμας, καθώς και τα στάδια της εξέλιξης των ψηφιακών. Οι προοπτικές ανάπτυξης των ψηφιακών πλατφορμών είναι πολλές, ειδικά έχοντας ως γνώμονα τον «πυρήνα μεταφοράς» και μετατροπής σε ανοιχτό ψηφιακό οικοσύστημα.

Ο όρος «πλατφόρμα» χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη μηχανική, αναφερόμενος στον πάγκο εργασίας που απαιτείται για τη λειτουργία και με την έννοια «υποστήριξη για τη λειτουργία ορισμένων δραστηριοτήτων και εργασιών». Αργότερα, επεκτάθηκε στα οικονομικά για να αναφέρεται σε έναν χώρο ή χώρο για συναλλαγές, και αναφέρθηκε ακόμη και ως η υλοποίηση της αγοράς, που σημαίνει το αποτέλεσμα της εκδήλωσης της παραδοσιακής αγοράς συναλλαγών (Palmer, Toral, Truong, Lowe, 2022).

Οι ψηφιακές πλατφόρμες αποτελούν βασικά στοιχεία της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Είναι θεμελιώδεις για τους ευρύτερους κοινωνικοοικονομικούς μετασχηματισμούς που ανατρέπουν μακροχρόνιες κοινωνικοοικονομικές σχέσεις και επιτακτική ανάγκη στις αγορές εργασίας και προϊόντων, στους τομείς των μεταφορών, της στέγασης, της υγείας και της εκπαίδευσης. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια ραγδαία αναπτυσσόμενη διεπιστημονική έρευνα που εξετάζει την επίδραση της οικονομίας της πλατφόρμας σε διαφορετικές διαστάσεις ανάπτυξης. Ωστόσο, η διαθέσιμη βιβλιογραφία για τις ψηφιακές πλατφόρμες και την ανάπτυξή τους είναι διάσπαρτη με διαφορετικές προοπτικές.

Στο παρόν υπο-κεφάλαιο θα παρουσιαστεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τις Ψηφιακές Πλατφόρμες. Πρόκειται για ένα πολύ ευρύ θέμα, το οποίο εντοπίζεται εκτενώς σε πολλούς κλάδους και με δεδομένο αυτό, το υπο-κεφαλαίο θα επικεντρωθεί στον τομέα των λιμένων και της ναυτιλίας, με σκοπό την ενδελεχή μελέτη των Digital Platforms.

Αρκετές έρευνες έχουν ορίσει τις ψηφιακές πλατφόρμες με βάση διαφορετικές απόψεις. Ορισμένες αντιλήψεις βασίζονται σε μια τεχνική άποψη που εστιάζει στα τεχνικά στοιχεία και τις διαδικασίες που αλληλεπιδρούν για να σχηματίσουν μια ψηφιακή πλατφόρμα. Για παράδειγμα, οι Spagnoletti et al. (2015) ορίζουν μια ψηφιακή

πλατφόρμα ως «ένα δομικό στοιχείο που παρέχει μια ουσιαστική λειτουργία σε ένα τεχνολογικό σύστημα και χρησιμεύει ως θεμέλιο πάνω στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν συμπληρωματικά προϊόντα, τεχνολογίες ή υπηρεσίες». Οι μελέτες που υιοθετούν αυτήν την άποψη επικεντρώνονται στις τεχνικές εξελίξεις και λειτουργίες που αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία μπορούν να αναπτυχθούν συμπληρωματικά προϊόντα και υπηρεσίες, δηλαδή, χτίζοντας στην κορυφή του τεχνικού πυρήνα που προσφέρει και διευκολύνει ένας ιδιοκτήτης πλατφόρμας (Tiwana et al. 2010, Ghazawneh και Henfridsson 2013, Ceccagnoli et al. 2012).

Άλλες μελέτες έχουν συλλάβει τις ψηφιακές πλατφόρμες με βάση μια μη τεχνική άποψη που παρουσιάζει τις πλατφόρμες ως ένα εμπορικό δίκτυο ή αγορά που επιτρέπει συναλλαγές με τη μορφή επιχείρησης σε επιχείρηση (B2B), επιχείρησης σε πελάτη (B2C) ή ακόμα και πελάτη -ανταλλαγές με πελάτες (C2C) (Koh and Fichman 2014).

Οι De Reuve et al. (2017) περιέγραψαν το γεγονός ότι διάφοροι ορισμοί των ψηφιακών πλατφορμών υπάρχουν ήδη στη βιβλιογραφία και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εννοιολογική ασάφεια. Ως εκ τούτου, συνιστούν στους ερευνητές να διευκρινίσουν εάν η προοπτική για τις πλατφόρμες είναι καθαρά τεχνική ή κοινωνικο-τεχνική. Ωστόσο, τονίζουν πως η τεχνική πλευρά της ψηφιακής πλατφόρμας μπορεί πράγματι να δημιουργήσει την ασάφεια καθώς υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν διαφορετικές ψηφιακές πλατφόρμες.

Σχετικά με τον κλάδο της ναυτιλίας, οι ψηφιακές καινοτομίες εκσυγχρονίζουν τη λιμενική βιομηχανία σταθερά (Heilig et al., 2017a). Το λιμάνι είναι ένα σύνθετο σύστημα που παίζει ρόλο κινητήριας δύναμης στη λειτουργία μιας ανοιχτής οικονομίας. Τα λιμάνια διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην απόδοση της παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού καθώς και στην περιφερειακή και εθνική οικονομική ανάπτυξη. Σύμφωνα με Inkinen, Helminen, & Saarikoski (2019), η συνδεσιμότητα των λιμένων με τις αντίστοιχες πόλεις και την ενδοχώρα είναι επίσης σημαντικό ζήτημα για τον σχεδιασμό των μεταφορών (δρομολόγησης). Η αποτελεσματική λειτουργία λιμένα-ενδοχώρας απαιτεί αλληλεπίδραση και συνεργασία μεταξύ πολλών επιχειρήσεων (ιδιωτικός τομέας) και διοικητικών μονάδων του δημόσιου τομέα (π.χ. εθνικές τελωνειακές αρχές και αρχές μεταφορών). Επίσης, η συνεχής ροή δεδομένων είναι μία από τις βασικές πτυχές στη

μελλοντική ψηφιοποίηση καθώς προχωρά η παρακολούθηση και διαχείριση των μεταφορών σε πραγματικό χρόνο.

Μια υπηρεσία ψηφιακής πλατφόρμας μπορεί να παρέχει οφέλη σε όλο το ευρύτερο πλαίσιο το οποίο τη χρησιμοποιεί, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Για παράδειγμα αν ένα λιμάνι επωφελείται από τη χρήση Digital Platforms, είναι γιατί επωφελείται και το ευρύτερο σύνολο (Karkaeva et al., 2021). Επίσης σύμφωνα με Pauli et al. (2020) οι πλατφόρμες διευκολύνουν τη δημιουργία συμπληρωματικών ενοτήτων από τρίτους και λειτουργούν ως μεσάζοντες μεταξύ διαφορετικών ομάδων παραγόντων. Λόγω του υψηλού βαθμού συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων, τα οικοσυστήματα εξελίσσονται γύρω από τέτοιες πλατφόρμες. Ως αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης, τα επιχειρηματικά μοντέλα πλατφόρμας γίνονται βιώσιμα σε όλο και περισσότερους τομείς. Παρά την αυξανόμενη ποικιλία διαφορετικών οικοσυστημάτων πλατφορμών, τα μέσα για τον ξεκάθαρο προσδιορισμό τους είναι σπάνια. Βέβαια αυτή η εννοιολογική ασάφεια εμποδίζει τη συγκρισιμότητα της έρευνας και της συσσώρευσης γνώσης.

Επιπροσθέτως, οι ψηφιακές πλατφόρμες δημιουργούν αξία για τους χρήστες μέσω της παροχής ευελιξίας (Semyachkov, 2019). Η διαθέσιμη βιβλιογραφία δείχνει πως οι Digital Platforms έχουν μετατρέψει τη δημιουργία αξίας από την εταιρεία σε «διαδικασίες συν-δημιουργίας αμοιβαίας αξίας» κυρίως μεταξύ πελατών και επιχειρήσεων παροχής υπηρεσιών (Hein et al., 2019, Schmidt et al., 2019). Σε γενικότερο πλαίσιο ενθαρρύνουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ πελατών και επιχειρήσεων με αποτέλεσμα υψηλότερες συνεργασίες και επιτρέπουν στις εταιρείες να προσεγγίσουν ένα ευρύτερο κοινό, οδηγώντας σε οικονομίες κλίμακας και οφέλη εμβέλειας (Schmidt et al. 2019). Αυτές οι ψηφιακές πλατφόρμες και οι αλληλεπιδράσεις αυτών έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν καινοτομίες, να παρέχουν βελτιωμένες εμπειρίες πελατών και, ως εκ τούτου, πρόσθετα κέρδη. Αυτά διευκολύνουν περαιτέρω τις ροές γνώσης και ενθαρρύνουν τις συνεργασίες και δημιουργούν νέα συλλογική αξία, νέες θέσεις εργασίας και βελτιωμένης αποτελεσματικότητας σε παλαιότερες αγορές, αλλά και νέες ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές να αντλήσουν αξία (Semyachkov, 2019).

Συμπερασματικά, ενώ πολλές δικαιοδοσίες διαμορφώνουν και εφαρμόζουν κανονισμούς και μέσα για τη ρύθμιση των ψηφιακών πλατφορμών, υπάρχουν αρκετές

συζητήσεις για το εάν οι ψηφιακοί χώροι πρέπει να αφεθούν να αυτορυθμίζονται για να ενθαρρύνουν την καινοτομία. Αυτός ο τομέας παραμένει συζητήσιμος και η πραγματικότητα είναι ότι οι περισσότερες συζητήσεις πολιτικής καλύπτουν τις νέες τεχνολογίες και ζητήματα πολιτικής για την ψηφιακή οικονομία, συμπεριλαμβανομένης της ρύθμισης των ψηφιακών πλατφορμών, της διακυβέρνησής τους και των δραστηριοτήτων τους. Υπάρχει ανάγκη για ένα συναινετικό πλαίσιο πολιτικής και καθοδήγηση σχετικά με τον τρόπο ρύθμισης των ψηφιακών πλατφορμών για το δημόσιο καλό, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

### 3. Ψηφιακά Δίδυμα

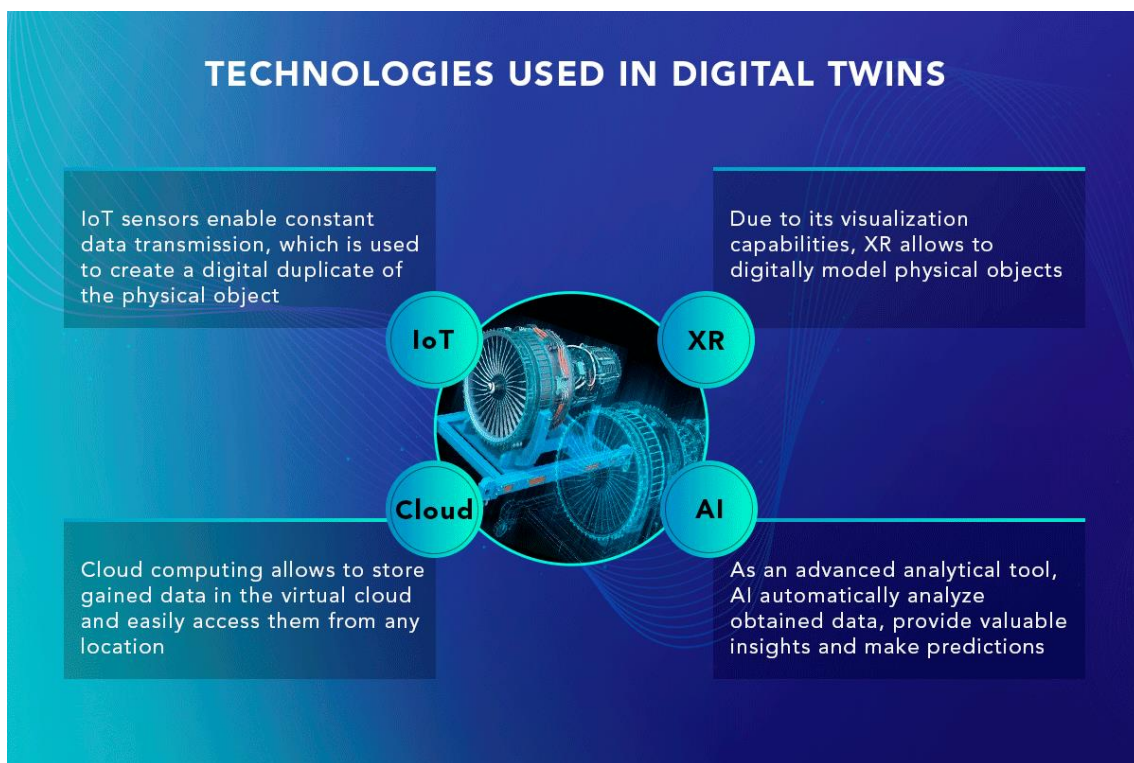
Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής, ένα ψηφιακό δίδυμο είναι ένα εικονικό μοντέλο που έχει σχεδιαστεί για να αντανακλά με ακρίβεια ένα φυσικό αντικείμενο. Το αντικείμενο που μελετάται είναι εξοπλισμένο με διάφορους αισθητήρες που σχετίζονται με ζωτικούς τομείς λειτουργικότητας. Αυτοί οι αισθητήρες παράγουν δεδομένα σχετικά με διαφορετικές πτυχές της απόδοσης του φυσικού αντικειμένου, και τα δεδομένα αυτά στη συνέχεια αναμεταδίδονται σε ένα σύστημα επεξεργασίας και εφαρμόζονται στο ψηφιακό αντίγραφο. Μόλις ενημερωθεί με τα δεδομένα, το εικονικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση προσομοιώσεων, τη μελέτη ζητημάτων απόδοσης και τη δημιουργία πιθανών βελτιώσεων, όλα με στόχο τη δημιουργία πολύτιμων πληροφοριών — οι οποίες στη συνέχεια μπορούν να εφαρμοστούν πίσω στο αρχικό φυσικό αντικείμενο.

Πιο αναλυτικά, το ψηφιακό δίδυμο πρέπει να μπορεί να αναπαραστήσει με ρεαλισμό, ακρίβεια και πιστότητα το φυσικό δίδυμό του, δηλαδή το εξεταζόμενο φυσικό αντικείμενο, και σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (real-time) να αποδίδει την κατάσταση του φυσικού αντικειμένου. Για να συμβεί αυτό, απαιτείται η χρήση και ενσωμάτωση πρωτοποριακών τεχνολογιών.

Αρχικά χρειάζεται το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things [IoT]), το οποίο μπορεί με βεβαιότητα να θεωρηθεί ως η απαραίτητη προϋπόθεση για τα digital



twins, διότι μέσω της ασύρματης διασύνδεσης (wireless connectivity) μεταξύ διαφόρων αντικειμένων, στο ίδιο ή σε διαφορετικό φυσικό μέρος, επιτυγχάνεται η συλλογή σημαντικών δεδομένων (data acquisition) σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, οι αισθητήρες (sensors), οι οποίοι, ως συστατικό μικροσκοπικών και χαμηλής ενέργειας συστημάτων μικροελεγκτών (embedded systems), ενσωματώνονται σε κρίσιμα σημεία του φυσικού αντικειμένου, και έτσι το ψηφιακό δίδυμο ενημερώνεται διαρκώς με έγκυρα δεδομένα από το πραγματικό φυσικό σύστημα στο πραγματικό περιβάλλον λειτουργίας του (in situ).



Εικόνα 1: Λειτουργία Digital Twins // Available at: <https://softengi.com/blog/use-cases-and-applications-of-digital-twin/>

Εν συνεχεία, τα δίκτυα δεδομένων (data networks), τα οποία εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων (μετρήσεις και εντολές) μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού δίδυμου, τα οποία συνήθως είναι σε διαφορετικά γεωγραφικά μέρη, κρίνονται

απολύτως απαραίτητα, όπως και η νεφελούπολογιστική (cloud computing), η οποία περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία και τις τεχνικές για την ανάπτυξη εφαρμογών στο διαδικτυακό περιβάλλον του υπολογιστικού νέφους, έτσι ώστε να αξιοποιηθούν στο μέγιστο οι δυνατότητες για συμπερίληψη πολλών και ετερογενών ανθρώπινων και τεχνητών πόρων.

Ακόμη η εξομοίωση και η προσομοίωση (simulation, emulation), που αποτελούν γνωστές τεχνολογίες των οποίων οι μέθοδοι προσφάτως αναπτύσσονται με ραγδαίους ρυθμούς, αξιοποιούν όλες τις τεχνολογικές εξελίξεις σε τομείς όπως είναι η σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ (Computer Aided Design [CAD]), η ανάλυση δεδομένων (data analytics) και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων (big data analytics). Στο ίδιο μήκος κύματος είναι και η αναπαράσταση δεδομένων (data visualization), τα οποία μέσω των τεχνολογιών των γραφικών (computer graphics), της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality [VR]) και της επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality [AR]) προσδίδουν το μέγιστο ρεαλισμό στην αναπαράσταση του φυσικού αντικειμένου εντός του εικονικού κυβερνοχώρου.

Τέλος, δεν γίνεται να παραλειφθεί η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence [AI]), η οποία μέσω των τεχνολογιών της για τη μηχανική και βαθιά μάθηση (Machine Learning [ML], Deep Learning [DL]) επιτρέπει στο ψηφιακό δίδυμο να «αυτοεκπαιδευτεί» (self-learning, self-training) και να προσαρμόζει το μαθηματικό – υπολογιστικό μοντέλο στο πραγματικό φυσικό μοντέλο, και μάλιστα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

### **Ερευνητικό Πρόγραμμα DIGITSENSE**

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) συμμορφούμενος με το πολιτικό πλαίσιο που έχει συμφωνηθεί από τις περισσότερες χώρες του πλανήτη έχει βάλει υψηλά στις προτεραιότητες του το στόχο για μειώσεις των εκπομπών ρύπων από τα πλοία. Η δημιουργία ενός ισχυρού κανονιστικού πλαισίου με εφαρμογή σχεδίων ενεργειακής αποτίμησης και ποσοτικών δεικτών ενεργειακής απόδοσης (SEEMP, DCS, MRV, EEDI, EEOI, EEXI, CII, AER) έχουν καταστήσει ιδιαίτερα επιτακτική την αναγκαιότητα λήψης

συγκεκριμένων μέτρων περιστολής της κατανάλωσης καυσίμου και εν γένει της εξοικονόμησης ενέργειας τόσο σε νεότευκτα όσο και σε υφιστάμενα πλοία. Επιπρόσθετα υπάρχει η ανάγκη σημαντικής περιστολής του κόστους συντήρησης και λειτουργίας των πλοίων σε συνδυασμό με την διατήρηση υψηλής αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας τόσο από τις κύριες και βοηθητικές μηχανές όσο και από τα υπόλοιπα ενεργειακά συστήματα ενός πλοίου. Με βάση τα ανωτέρω, καθίσταται σαφής η ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης, καταγραφής και αποτίμησης των ενεργειακών καταναλώσεων και της λειτουργικής κατάστασης ενός πλοίου σε πραγματικό χρόνο με σχετικά χαμηλό κόστος. Αυτό θα επιτρέψει την διαμόρφωση και εφαρμογή στοχευμένων μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης τόσο σε εμπορικά αλλά και σε πολεμικά πλοία.

Το Ερευνητικό Πρόγραμμα DIGITSENSE υλοποιείται στο πλαίσιο της Δράσης Εθνικής Εμβέλειας «ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ Β' ΚΥΚΛΟΣ», του Επιχειρησιακού Προγράμματος «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ», με την συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και τη σύμπραξη της εταιρείας ΠΡΙΣΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ Α.Β.Ε.Ε., με τον Τομέα Ναυπηγικής και Ναυτικής Μηχανολογίας της Σχολής Ναυτικών Δοκίμων και το Εργαστήριο Ενεργειακών και Περιβαλλοντικών Ερευνών – ΕΛΚΕ-ΕΚΠΑ / E<sup>2</sup>ReLab. Σκοπός του συγκεκριμένου ερευνητικού προγράμματος είναι η ανάπτυξη ενός «ψηφιακού δίδυμου» (Digital Twin) των ενεργειακών συστημάτων ενός πλοίου και την διασύνδεσή του με σύστημα συλλογής και επεξεργασίας μετρήσεων από τους διάφορους αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στο πλοίο, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον όπου σε πραγματικό χρόνο το ψηφιακό δίδυμο θα τροφοδοτείται με μετρήσεις από τα αντίστοιχα ενεργειακά συστήματα και θα παρέχει εκτίμηση των ενεργειακών ροών.

Βασική επιδίωξη είναι τα μοντέλα προσομοίωσης που θα χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή των ενεργειακών συστημάτων του πλοίου να εδράζονται σε φυσικές αρχές, στοιχείο που θα επιτρέψει στο ψηφιακό δίδυμο να αξιολογεί την ενεργειακή απόδοση των διαφόρων συστημάτων συναρτήσει των εκάστοτε συνθηκών λειτουργίας (συνδυάζοντας στοιχεία / μετρήσεις που λαμβάνονται από διάφορες πηγές, τα οποία καθορίζουν τις οριακές συνθήκες κάθε συστήματος). Αυτό είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο

χαρακτηριστικό που ενισχύει την ανταγωνιστικότητα του τελικού προϊόντος καθώς επιτρέπει στο ολοκληρωμένο σύστημα που θα υλοποιηθεί να μην περιορίζεται σε απλή καταγραφή και στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνονται, αλλά θα είναι εφικτή η κριτική αξιολόγηση (με βάση φυσικές αρχές λειτουργίας) των δεδομένων, επιτρέποντας την ανάπτυξη δεικτών υγείας / απόδοσης των διαφόρων ενεργειακών συστημάτων του πλοίου (KPI's) σε πραγματικό χρόνο, ενώ θα υποβοηθήσει σημαντικά στην αξιοπιστία των σημάτων ελέγχου που παράγει η πλατφόρμα (alarms). Το προτεινόμενο ψηφιακό δίδυμο των ενεργειακών συστημάτων του πλοίου θα αναπτυχθεί σε πλατφόρμα λογισμικού στην οποία θα περιέχονται βιβλιοθήκες με έτοιμες συνιστώσες κυρίων και βοηθητικών συστημάτων ενός πλοίου π.χ. μηχανές, συμπιεστές – στροβίλους υπερπλήρωσης, ψυγεία κλπ. Στα πλαίσια του έργου θα γίνει πιλοτική εφαρμογή του «ψηφιακού δίδυμου» σε ναυτική εγκατάσταση (πραγματικές συνθήκες λειτουργίας) όπου καταρχάς θα γίνει βαθμονόμηση των επιμέρους μοντέλων, και στην συνέχεια θα εκτιμηθούν οι ροές ενέργειας με βάση τα δεδομένα που θα συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από την ολοκληρωμένη πλατφόρμα συλλογής και επεξεργασίας μετρήσεων.

Οι δυνατότητες και οι προοπτικές εφαρμογής του ψηφιακού δίδυμου είναι μεγάλες γεγονός που αποδεικνύεται από το έντονο ερευνητικό και εμπορικό ενδιαφέρον που παρουσιάζεται διεθνώς. Σε πλήρη ανάπτυξη το ψηφιακό δίδυμο όλων των ενεργειακών συστημάτων ενός πλοίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ιεράρχηση των ενεργειακών ροών και την αξιολόγηση (μέσω φυσικών υπολογιστικών μοντέλων) όλων των σημάτων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες του μηχανοστασίου προκειμένου να αποτυπώνεται σε πραγματικό χρόνο η ροή ενέργειας στο πλοίο καθώς και να παράγονται αξιόπιστοι και χρήσιμοι (από οικονομικής και ενεργειακής / περιβαλλοντικής σκοπιάς) δείκτες απόδοσης (KPI's).

Το γεγονός ότι το ψηφιακό δίδυμο βασίζεται σε φυσικά μοντέλα και πραγματικά δεδομένα από τα πλοία, το καθιστά ικανό να υποστηρίξει επιπλέον εφαρμογές σε σύγκριση με τα υφιστάμενα συστήματα καταγραφής και στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων, και να συνδυαστεί με τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για την διάγνωση της λειτουργικής κατάστασης των διαφόρων συστημάτων αλλά και την παροχή υποδείξεων

για την βέλτιστη ενεργειακή διαχείριση συναρτήσει (σε πραγματικό χρόνο) των εκάστοτε συνθηκών (λειτουργικών και περιβαλλοντικών) αυξάνοντας σημαντικά την επιχειρησιακή ικανότητα ενός πλοίου και μειώνοντας ταυτόχρονα το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα.

Αναλυτικότερα αντικείμενο του Ερευνητικού Προγράμματος DIGITSENSE είναι η ανάπτυξη ενός καινοτόμου ευφυούς ψηφιακού διδύμου (digital-twin) ενεργειακών συστημάτων πλοίων το οποίο θα αποτελεί μία ολοκληρωμένη πλατφόρμα συλλογής, επεξεργασίας και οπτικοποίησης των μετρήσεων από τους διάφορους αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στο πλοίο, ενώ παράλληλα οι μετρήσεις αυτές θα τροφοδοτούν μοντέλα προσομοίωσης (διαβαθμισμένων επιπέδων φυσικής εμβάθυνσης) των ενεργειακών συστημάτων του πλοίου. Μέσα από αυτή την πλατφόρμα θα επιτυγχάνεται η εκτίμηση σε πραγματικό χρόνο αλλά και σωρευτικά των καταναλώσεων καυσίμου των ροών ενέργειας και του αποτυπώματος άνθρακα των ενεργειακών συστημάτων διαφόρων τύπων πλοίων. Το λογισμικό προσομοίωσης θα είναι ενσωματωμένο (embedded) στο λογισμικό συλλογής και επεξεργασίας μετρήσεων, το οποίο θα είναι εξοπλισμένο με αλγορίθμους μηχανικής μάθησης προκειμένου να καθίσταται δυνατή η αρχική βαθμονόμηση των μοντέλων προσομοίωσης και εν συνεχεία, να γίνεται αξιολόγηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων και της λειτουργικής κατάστασης των ενεργειακών συστημάτων σε πραγματικό χρόνο.

Οι βασικοί στόχοι του ερευνητικού προγράμματος DIGITSENSE παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

DigitSense
1. Ανάπτυξη φυσικών μοντέλων προσομοίωσης ενεργειακών συστημάτων μιας ναυτικής εγκατάστασης, εφαρμογή και αρχική τους βαθμονόμηση με βάση δεδομένα μετρήσεων.
2. Κατάλληλη προσαρμογή αισθητήρων, εξοπλισμού και πλατφόρμας συλλογής μετρήσεων με βάση τις απαιτήσεις εφαρμογής του συστήματος (digital-twin).
3. Ενσωμάτωση των φυσικών μοντέλων προσομοίωσης στην πλατφόρμα συλλογής μετρήσεων. Δημιουργία αρχικής μορφής ψηφιακού δίδυμου DIGITSENSE.
4. Έλεγχος ομαλής λειτουργίας, και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μέσω πιλοτικής εφαρμογής.
5. Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού.
6. Αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής εφαρμογής του DIGITSENSE με σκοπό την οικονομική και εμπορική εκμετάλλευση του συστήματος.
7. Δημιουργία θέσεων εργασίας στη φάση της ανάπτυξης του συστήματος.
8. Διάχυση και προβολή των αποτελεσμάτων του έργου στην Ελλάδα και διεθνώς.

Πίνακας 1: Βασικοί στόχοι ερευνητικού προγράμματος DIGITSENSE

### 3.1 Ψηφιακό Δίδυμο Vs Προσομοίωση

Εξαιτίας της παραπάνω περιγραφής σχετικά με τα ψηφιακά δίδυμα, υπάρχει συχνά η σύγχυση πως πρόκειται για ένα είδος προσομοίωσης. Αν και οι προσομοιώσεις και τα ψηφιακά δίδυμα χρησιμοποιούν και τα δύο ψηφιακά μοντέλα για την αναπαραγωγή των διαφόρων διαδικασιών ενός συστήματος, ένα ψηφιακό δίδυμο είναι στην πραγματικότητα ένα εικονικό περιβάλλον, το οποίο το καθιστά πολύ πιο πλούσιο για μελέτη.

Αναλυτικότερα η διαφορά μεταξύ ψηφιακού δίδυμου και προσομοίωσης είναι σε μεγάλο βαθμό θέμα κλίμακας. Ενώ μια προσομοίωση συνήθως μελετά μια συγκεκριμένη

διαδικασία, ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί να εκτελέσει οποιονδήποτε αριθμό χρήσιμων προσομοιώσεων προκειμένου να μελετήσει πολλαπλές διεργασίες.

Όμως υπάρχουν κι άλλα σημεία στα οποία υπάρχει διαφορά. Οι προσομοιώσεις συνήθως δεν ωφελούνται από την ύπαρξη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, τα ψηφιακά δίδυμα σχεδιάζονται γύρω από μια αμφίδρομη ροή πληροφοριών που εμφανίζεται πρώτα όταν οι αισθητήρες αντικειμένων παρέχουν σχετικά δεδομένα στον επεξεργαστή του συστήματος και στη συνέχεια συμβαίνει ξανά όταν οι πληροφορίες που δημιουργούνται από τον επεξεργαστή κοινοποιούνται στο αρχικό αντικείμενο προέλευσης.

Επίσης έχοντας συνεχώς ενημερωμένα δεδομένα που σχετίζονται με ένα ευρύ φάσμα περιοχών, σε συνδυασμό με την προστιθέμενη υπολογιστική ισχύ που συνοδεύει ένα εικονικό περιβάλλον, τα ψηφιακά δίδυμα είναι σε θέση να μελετούν περισσότερα ζητήματα από πολύ πιο πλεονεκτήματα από ό,τι μπορούν οι τυπικές προσομοιώσεις — με μεγαλύτερη τελική δυνατότητα βελτίωση προϊόντων και διαδικασιών.

Συνεχίζοντας τη σύγκριση μεταξύ των ψηφιακών διδύμων και της προσομοίωσης είναι γεγονός ότι οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται συνήθως για τη σχεδίαση και, σε ορισμένες περιπτώσεις, τη βελτιστοποίηση εκτός σύνδεσης. Τα ψηφιακά δίδυμα, αντίθετα, χρησιμοποιούνται για ολόκληρο τον κύκλο ζωής σχεδίασης-εκτέλεσης-αλλαγής-παροπλισμού σε πραγματικό χρόνο. Επιπροσθέτως, οι προσομοιώσεις στην καλύτερη περίπτωση μπορούν να βοηθήσουν στην κατανόηση του τι μπορεί να συμβεί στον πραγματικό κόσμο. Τα Digital Twins όχι μόνο βοηθούν στην κατανόηση του τι μπορεί να συμβεί, αλλά είναι πολύ σημαντικό για το τι συμβαίνει και πώς συμπεριφέρεται το σχέδιο στον πραγματικό κόσμο.

Μελετώντας μια αναφορά κατάστασης έργου είναι εύκολο να κατανοηθεί η δυσκολία στη ροή των πληροφοριών, λόγω των ασυνεπών ενημερώσεων. Το πρόβλημα είναι πολυδιάστατο και οι πιο συνηθισμένοι λόγοι είναι η διαθεσιμότητα έγκαιρων ενημερώσεων, η μη αυτόματη συλλογή δεδομένων και η απόσταση και η υλικοτεχνική υποστήριξη που εμπλέκονται στη συλλογή των πληροφοριών. Όμως με τα ψηφιακά δίδυμα δημιουργείται μια κατάσταση όπου τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου, μέσω αισθητήρων, συγκεντρώνονται σε ένα εικονικό μοντέλο. Το ψηφιακό δίδυμο προσφέρει

την προβολή σε πραγματικό χρόνο σε μια φιλική προς τον άνθρωπο τρισδιάστατη οπτική μορφή. Οι ανθρώπινοι χειριστές που παρακολουθούν και ερμηνεύουν ως έχουν τα έργα μεγάλης κλίμακας, την περίτεχνη διαδικασία και τον εξοπλισμό, τις επιχειρησιακές γραμμές συναρμολόγησης και ακόμη και τους ασθενείς υπό περίθαλψη, θα επωφεληθούν από τις έγκαιρες, εύκολες στην κατανάλωση πληροφορίες. Σε έναν κόσμο που κινείται γρήγορα, όπου ο χρόνος είναι ουσιαστικός, οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο θα βοηθήσουν στην αποτροπή πολλών κακών αποφάσεων, στη διεξαγωγή προληπτικής συντήρησης και στη μείωση των ανεπιθύμητων περιστατικών.

<b>Digital Twins Vs Simulation</b>	
Πολλές διεργασίες ταυτόχρονα	Μία διεργασία κάθε φορά
Αμφίδρομη ροή πληροφοριών	Διαθεσιμότητα πληροφορίας σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα
Βελτίωση διαδικασιών σε real time / on line	Βελτίωση διαδικασιών σε off line
Αλληλεπίδραση με το φυσικό αντικείμενο	Σχέση «what-if» με το φυσικό αντικείμενο

Πίνακας 2: Digital Twins Vs Simulation

Ακόμη, οι παραδοσιακές προσομοιώσεις δεν παρέχουν πληροφορίες για τις αλληλεπιδράσεις του φυσικού αντικειμένου. Το Digital Twin όμως είναι μια πηγή για την κατανόηση των συγκρούσεων, όταν αλληλεπιδρούν φυσικά αντικείμενα. Συνήθως οι διάφορες εταιρείες και οργανισμοί ξεκινούν με προσομοιώσεις κρίσιμων στοιχείων. Τέτοιες προσομοιώσεις είναι καλές για την αναπαραγωγή του σεναρίου «what-if» για το στοιχείο. Ωστόσο, στον πραγματικό κόσμο, όταν τα περιουσιακά στοιχεία διασταυρώνονται με άλλα προϊόντα, ανθρώπους και διαδικασίες, εμφανίζονται πολλές ανεπιθύμητες και απροσδόκητες συμπεριφορές. Τα Digital Twins θα βοηθήσουν τους χειριστές να κατανοήσουν τις αλληλεπιδράσεις και να ενσωματωθούν στις προσομοιώσεις τους. Οι αυτόνομες προσομοιώσεις θα συγκλίνουν σε Digital Twins για



την κατανόηση των τρόπων εργασίας μιας πόλης, ενός λιμανιού ή ενός ανθρώπινου σώματος.

Η τρέχουσα θέση ενός οργανισμού στο φάσμα της προσομοίωσης θα ποικίλλει ανάλογα με τα προσχέδια, τα 2D και τα 3D μοντέλα. Ανεξάρτητα από το πού βρίσκονται, τα ψηφιακά δίδυμα είναι το επόμενο βήμα για το ψηφιακό μετασχηματισμό.

### 3.2 Τύποι ψηφιακών διδύμων

Για να γίνει μεγαλύτερη ανάλυση του θέματος των ψηφιακών διδύμων, αξίζει να γίνει ανάλυση των ειδών και των τύπων τους. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ψηφιακών διδύμων ανάλογα με το επίπεδο εφαρμογής τους. Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ αυτών των διδύμων είναι η περιοχή εφαρμογής. Είναι σύνηθες να συνυπάρχουν διαφορετικοί τύποι ψηφιακών διδύμων μέσα σε ένα σύστημα ή μια διαδικασία. Έτσι υπάρχουν οι παρακάτω τύποι των ψηφιακών διδύμων, ανάλογα με τις διαφορές και τον τρόπο εφαρμογής τους.

#### Component twins/Parts twins

Τα Component Twins είναι η βασική μονάδα ψηφιακού δίδυμου, το μικρότερο παράδειγμα λειτουργικού εξαρτήματος. Τα μέρη δίδυμα είναι περίπου το ίδιο πράγμα, αλλά αφορούν εξαρτήματα ελαφρώς μικρότερης σημασίας.

#### Asset twins

Όταν δύο ή περισσότερα στοιχεία συνεργάζονται, σχηματίζουν αυτό που είναι γνωστό ως περιουσιακό στοιχείο. Τα Asset Twins επιτρέπουν τη μελέτη της αλληλεπίδρασης αυτών των στοιχείων, δημιουργώντας έναν πλούτο δεδομένων απόδοσης που μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία και στη συνέχεια να μετατραπούν σε χρήσιμες πληροφορίες.

### System/Unit twins

Το επόμενο επίπεδο μεγέθυνσης περιλαμβάνει σύστημα ή μονάδα δίδυμα, τα οποία σας επιτρέπουν να δείτε πώς διαφορετικά στοιχεία συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα ολόκληρο λειτουργικό σύστημα. Τα δίδυμα συστήματα παρέχουν ορατότητα σχετικά με την αλληλεπίδραση των στοιχείων και μπορεί να προτείνουν βελτιώσεις απόδοσης.

### Process twins

Οι διεργασίες, το μακρο-επίπεδο της μεγέθυνσης, αποκαλύπτουν πώς συνεργάζονται τα συστήματα για να δημιουργήσουν μια ολόκληρη μονάδα παραγωγής. Είναι όλα αυτά τα συστήματα συγχρονισμένα ώστε να λειτουργούν με μέγιστη απόδοση ή οι καθυστερήσεις σε ένα σύστημα θα επηρεάσουν άλλα; Τα δίδυμα διεργασιών μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό των ακριβών σχημάτων χρονισμού που επηρεάζουν τελικά τη συνολική αποτελεσματικότητα.

<u>Component twins/Parts twins</u>	η βασική μονάδα ψηφιακού δίδυμου
<u>Asset twins</u>	επιτρέπουν τη μελέτη της αλληλεπίδρασης των στοιχείων που συνεργάζονται
<u>System/Unit twins</u>	παρέχουν ορατότητα σχετικά με την αλληλεπίδραση των στοιχείων και μπορεί να προτείνουν βελτιώσεις απόδοσης
<u>Process twins</u>	αποκαλύπτουν πώς συνεργάζονται τα συστήματα για να δημιουργήσουν μια ολόκληρη μονάδα παραγωγής

Πίνακας 3: Σύντομη περιγραφή τύπων ψηφιακών διδύμων

### 3.3 Εφαρμογές Ψηφιακών Διδύμων

Τα ψηφιακά δίδυμα εφαρμόζονται όλο και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου σε αρκετούς κλάδους, οι οποίοι δε συγχέονται μεταξύ τους. Αυτό είναι ένα σημείο που μπορεί να φανερώσει το εύρος της δυνατότητας εφαρμογής τους.

Πριν όμως αναλυθούν οι εφαρμογές των ψηφιακών διδύμων θεωρείται αναγκαία η παρουσίαση των βασικών αρχών υλοποίησής τους. Για την υλοποίηση της τεχνολογίας «digital twin» ακολουθούνται τρία διακριτά στάδια. Αρχικά πρέπει να δημιουργηθεί το πρωτότυπο ψηφιακό δίδυμο (Digital Twin Prototype [DTP]) συμπεριλαμβάνοντας σχέδια, αναλύσεις και διαδικασίες για την υλοποίηση του φυσικού συστήματος. Στη συνέχεια σχεδιάζεται το ψηφιακό δίδυμο καθεμιάς από τις ιδιότητες του φυσικού αντικειμένου (Digital Twin Instances [DTI]). Και στο τέλος, όλα τα ψηφιακά δίδυμα των ιδιοτήτων ενοποιούνται (Digital Twin Aggregate [DTA]), έτσι ώστε μέσω των δεδομένων και των πληροφοριών να καθίσταται εφικτή η κατανόηση και η πρόγνωση.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν, παρακάτω θα αναλυθούν ορισμένοι τομείς, όπου χρησιμοποιούνται τα Digital Twins, με έμφαση στο ναυτιλιακό τομέα και συγκεκριμένα στο λιμάνι του Ρότερνταμ.

Αρχικά ένας κλάδος που γίνεται χρήση των ψηφιακών διδύμων είναι οι κατασκευαστικές δομές. Μεγάλες φυσικές κατασκευές, όπως μεγάλα κτίρια ή υπεράκτιες πλατφόρμες γεώτρησης, μπορούν να βελτιωθούν μέσω ψηφιακών διδύμων, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού τους. Επίσης χρήσιμο στο σχεδιασμό των συστημάτων που λειτουργούν εντός αυτών των δομών, όπως συστήματα HVAC. Συνδυαστικά αν αναλογιστεί κανείς ότι τα ψηφιακά δίδυμα προορίζονται να αντικατοπτρίζουν ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι τα ψηφιακά δίδυμα έχουν γίνει πανταχού παρόντα σε όλα τα στάδια της κατασκευής, καθοδηγώντας τα προϊόντα από το σχεδιασμό στο τελικό προϊόν και σε όλα τα ενδιάμεσα βήματα.

Στο ίδιο μήκος κύματος είναι και ο πολεοδομικός σχεδιασμός. Οι πολιτικοί μηχανικοί και άλλοι που εμπλέκονται σε δραστηριότητες πολεοδομικού σχεδιασμού βοηθούνται σημαντικά από τη χρήση ψηφιακών διδύμων, τα οποία μπορούν να

εμφανίσουν 3D και 4D χωρικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και επίσης να ενσωματώσουν συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας σε δομημένα περιβάλλοντα.

Επιπροσθέτως, τα Digital Twins χρησιμοποιούνται σε εξοπλισμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μεγάλοι κινητήρες — συμπεριλαμβανομένων των κινητήρων αεριοθουμένων, των κινητήρων ατμομηχανών και των στροβίλων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας — επωφελούνται εξαιρετικά από τη χρήση ψηφιακών δίδυμων, ειδικά για τη βοήθεια στον καθορισμό χρονοδιαγραμμάτων για την τακτική συντήρηση. Ακόμη η χρήση των ψηφιακών δίδυμων βρίθει στην Αυτοκινητοβιομηχανία. Τα αυτοκίνητα αντιπροσωπεύουν πολλούς τύπους πολύπλοκων, συνλειτουργικών συστημάτων και τα ψηφιακά δίδυμα χρησιμοποιούνται εκτενώς στον σχεδιασμό αυτοκινήτων, τόσο για τη βελτίωση της απόδοσης του οχήματος όσο και για την αύξηση της αποδοτικότητας γύρω από την παραγωγή τους.

### Το λιμάνι του Ρότερνταμ

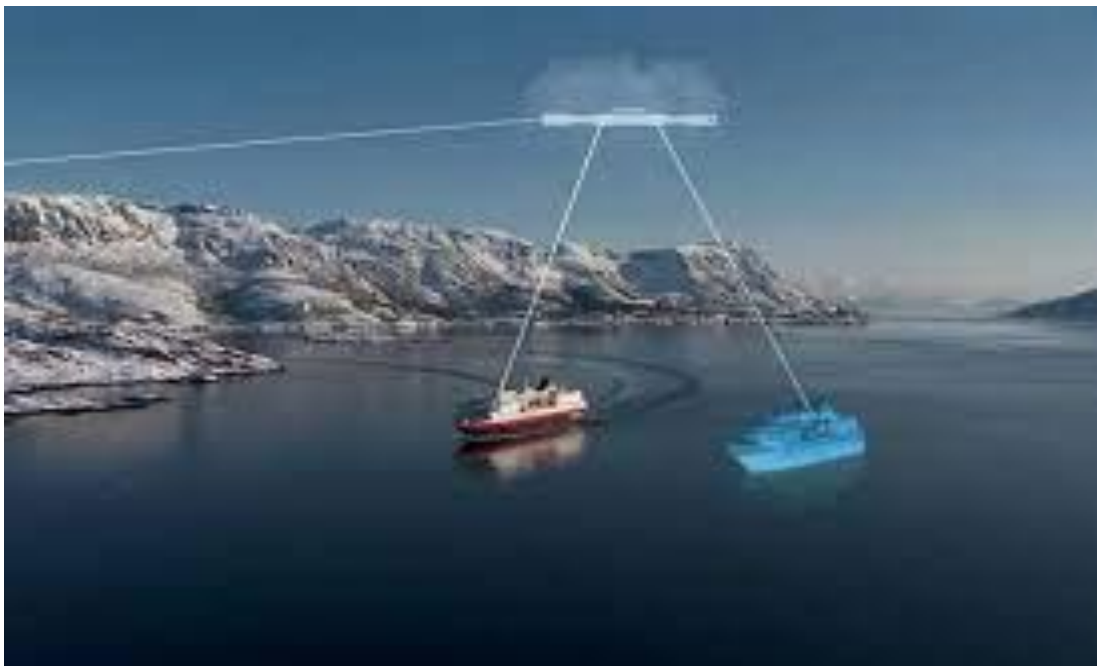
Τα λιμάνια θα μπορούσαν να αποτελέσουν πιθανές πλατφόρμες και πιλοτικές περιοχές για νέες λύσεις και αναπτυξιακά έργα στην ψηφιοποίηση. Αυτό είναι ήδη σε εξέλιξη, καθώς πολλά λιμάνια αποτελούν μέρος νέων δοκιμών καινοτομίας και τεχνολογίας. Ωστόσο, η έλλειψη συνέχειας και υλοποίησης των αποτελεσμάτων του έργου εξακολουθεί να αποτελεί πρόβλημα. Τα αποτελέσματα δεν μεταφέρονται συχνά στην παραγωγή. Η ανάπτυξη βιομηχανικών καινοτομιών που σχετίζονται με τα λιμάνια θα απαιτούσε όχι μόνο υποστήριξη ή περιορισμένη χρηματοδότηση, αλλά και υπεύθυνα μέρη που θα αναπτύξουν και θα συντηρούσαν τα συστήματα, φέροντας τους αρχικούς κινδύνους, αλλά με δυνατότητα μελλοντικού οφέλους στην υπόθεση επιτυχημένης εμπορευματοποίησης (Brunila et al., 2021).

Το λιμάνι του Ρότερνταμ καλύπτει μια έκταση πάνω από 41 τετραγωνικά μίλια και απασχολεί σχεδόν 400.000 άτομα, εξυπηρετώντας σχεδόν 30.000 θαλάσσια πλοία κάθε χρόνο. Πρόκειται για ένα ιστορικό λιμάνι που ξεκίνησε το 1360 μ.Χ. τη λειτουργία του, με σκοπό να εξυπηρετεί τη θαλάσσια κυκλοφορία μεταξύ της Ολλανδίας, της

Αγγλίας και της Γερμανίας, και μάλιστα το 2017 το Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ ανακήρυξε τις υποδομές του ως τις καλύτερες στον κόσμο.

Προσαρμοζόμενο συνεχώς ανά τους αιώνες κατάφερε να «φιλοξενήσει» από τα μικρά ιστιοφόρα του Μεσαίωνα μέχρι τα σημερινά τεράστια πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Σήμερα η λιμενική αρχή συντονίζει τη θαλάσσια κυκλοφορία σε περισσότερα από 1.000 λιμάνια σε όλο τον κόσμο και διαθέτει διακίνηση άνω των 469 εκατομμυρίων τόνων. Συνεπώς η μετατροπή μιας εγκατάστασης αυτού του μεγέθους δεν είναι μικρό κατόρθωμα.

Ορισμένες διαδικασίες στη λειτουργία των λιμένων είναι τόσο περίπλοκες που δεν γίνεται να διακινδυνεύεται η επιτυχία τους κάνοντας πειράματα και δοκιμές. Μάλιστα



Εικόνα 2 : Απεικόνιση Digital Twin // Available at: <https://mfame.guru/a-digital-twin-to-develop-blue-denmark/>

κάποιες διαδικασίες είναι τόσο κρίσιμες για τις λειτουργίες του λιμανιού που είναι κρίσιμο να μην σταματήσει η ροή για να δοκιμαστεί μια άλλη καινοτόμος μέθοδος. Και πολλές φυσικές διαδικασίες κινούνται με τέτοια δύναμη που δεν γίνεται να διακοπούν για να δοκιμαστεί κάτι νέο. Το λιμάνι του Ρότερνταμ όμως ξεπέρασε αυτό το πρόβλημα δοκιμών με την ανάπτυξη ενός ψηφιακού δίδυμου.

Με τη βοήθεια της τεχνολογίας IBM Internet of Things (IoT), το λιμάνι του Ρότερνταμ υφίσταται ολοκληρωτική μεταμόρφωση και σκοπεύει να γίνει η πρώτη ψηφιακή θύρα μέχρι το 2030 και πιθανώς και η πιο «έξυπνη» θύρα παγκοσμίως. Πρόκειται για μια οραματική, συνεργατική προσέγγιση. Διάφοροι κρατικοί φορείς συμμετείχαν για να αναπτύξουν το Port Vision 2030, το οποίο καθορίζει πού απαιτείται δράση για να διασφαλιστεί ότι οι εταιρείες μπορούν να λειτουργούν βέλτιστα εντός του Παγκόσμιου Κόμβου και εντός του βιομηχανικού συμπλέγματος της Ευρώπης.



Εικόνα 3: Self driving ships at Port of Rotterdam // Available at: <https://www.smartcitiesworld.net/special-reports/special-reports/port-of-rotterdam-on-course-for-self-driving-ships-by-2030>

Τα λιμάνια είναι κόμβοι για δραστηριότητες που απαιτούν τη συνεργασία των ενδιαφερομένων, οι οποίοι αναπτύσσουν δίκτυα και οικοσυστήματα για την κοινή χρήση δεδομένων. Αυτό αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη όλων των επιπέδων συστήματος. Προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο όφελος από την ψηφιοποίηση και τα δεδομένα, τα συγκεντρωμένα δεδομένα θα πρέπει να διατίθενται σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη και να είναι ανοιχτά προσβάσιμα. Ωστόσο, τα οφέλη από τα κοινά δεδομένα και τα συμβατά συστήματα δεν είναι άμεσα εμφανή στους φορείς εκμετάλλευσης λιμένων και ως εκ τούτου υπάρχει η τάση τα συστήματα να παραμένουν κλειστά. Εντούτοις, αυτό περιορίζει την κοινή χρήση δεδομένων και τις δυνατότητές της.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ανοιχτή κοινή χρήση δεδομένων είναι μια πτυχή της ψηφιοποίησης που αντιμετωπίζει αντίσταση. Οι εταιρείες λιμένων και logistics συχνά δεν μοιράζονται καμία πληροφορία, εκτός εάν είναι υποχρεωτικό, παρόλο που θα υπήρχαν αναγνωρίσιμα οφέλη από αυτό. Επομένως, τόσο τα λιμάνια όσο και ο τομέας logistics απαιτούν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την ψηφιοποίηση και τις λύσεις που παρέχει (Brunila et al., 2021). Ένας σημαντικός όρος που χρησιμοποιείται στις εκθέσεις ανάπτυξης που παράγονται για τις πρακτικές ανάγκες των λιμένων είναι το «έξυπνο τερματικό». Ο όρος «έξυπνος» έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε διαφορετικά πλαίσια και η γενική κατευθυντήρια αρχή στη χρήση της έννοιας είναι ότι οι ψηφιακές πηγές δεδομένων και πληροφοριών ενσωματώνονται στη μηχανική μάθηση ή σε άλλες προηγμένες διαδικασίες αυτοματισμού. Αυτές οι ψηφιακές οντότητες (αλγόριθμοι δεδομένων) είναι ικανές για προσαρμόσιμες και ευέλικτες αλλαγές στις διαδικασίες στις οποίες αποτελούν μέρος, όπως είναι η δημιουργία ψηφιακών πλατφορμών για ανταλλαγή δεδομένων εφοδιαστικής αλυσίδας, τα συνδυαστικά πειράματα ροών φορτίου μεταξύ βιομηχανικών οργανισμών, τα πειράματα βελτιστοποίησης των ροών φορτίου και δεδομένων σε μικρότερα λιμάνια καθώς επίσης και η ανάπτυξη και ολιστική αξιολόγηση εφοδιαστικής αλυσίδας για μία μόνο βιομηχανική εταιρεία. Σε όλα αυτά τα πειράματα, οι φορείς εκμετάλλευσης λιμένων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο καθώς στόχος είναι ο εντοπισμός βέλτιστων πρακτικών και η γενική εφαρμογή τους. Η ψηφιοποίηση μπορεί ακόμη και να γίνει σημείο μόχλευσης και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, καθώς η ποικιλία των διαφορετικών ψηφιακών λύσεων και το επίπεδο ψηφιοποίησης ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των θυρών. Ο κίνδυνος για μικρότερα λιμάνια να απέχουν στην ψηφιακή ανάπτυξη είναι υπαρκτός, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε μια κατάσταση όπου μόνο ορισμένα τμήματα της αλυσίδας ψηφιοποιούνται και μικρότερες εταιρείες και λιμάνια παραμένουν εκτός (Brunila et al., 2021). Οι μικρότερες εταιρείες (κοινότητα λιμένων) δεν έχουν παρόμοιους πόρους με τις μεγαλύτερες όταν πρόκειται για επενδύσεις στην ψηφιοποίηση. Είναι σαφές ότι ο όγκος φορτίου σε μικρότερα λιμάνια είναι σχετικά μικρός, γεγονός που καθιστά μη εφικτές τις επενδύσεις στην ψηφιοποίηση σε σύντομο χρονικό διάστημα. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί, πως ένα έργο μετασχηματισμού πληροφορικής απαιτεί ενδελεχή σχεδιασμό και πόρους για την

επίτευξη μακροπρόθεσμων στρατηγικών στόχων. Το αρχικό πεδίο εφαρμογής του έργου ψηφιοποίησης θα πρέπει να ξεκινήσει με την κατανομή των απαιτούμενων πόρων για τις φάσεις σχεδιασμού, υλοποίησης και λειτουργίας. Για να επιτύχει κάθε έργο ψηφιοποίησης ή IoT απαιτούνται εξειδικευμένες δεξιότητες από τους χρήστες μαζί με HR που είναι υπεύθυνο για τη στελέχωση (Qin et al., 2016). Τα μικρότερα λιμάνια στην περιοχή της Βαλτικής Θάλασσας εξακολουθούν να αναπτύσσονται με τη σειρά τους τις ψηφιακές τους δυνατότητες, οι οποίες θα ωφελούσαν την αποτελεσματικότητα και την παραγωγικότητά τους με σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας. Στην περίπτωση ορθής εφαρμογής αποτελούν βασικά εργαλεία για τη μείωση των περιβαλλοντικών εκπομπών και του συναφούς κόστους. Για να διασφαλιστεί μια ομαλή εφοδιαστική αλυσίδα, υπάρχει μια ευδιάκριτη πιθανότητα ορισμένες ναυτιλιακές εταιρείες να επιλέξουν τους λιμένες προορισμού τους με βάση την ικανότητα του λιμένα να χειρίζεται ψηφιοποιημένες αλληλεπιδράσεις και λειτουργίες. Η συμβατότητα καθίσταται ουσιαστική είτε τα συστήματα λιμένων είναι διαλειτουργικά είτε όχι με αυτά της ναυτιλιακής εταιρείας. Τέλος, ο αντίκτυπος της ψηφιοποίησης στην ανταγωνιστικότητα είναι ένα ζήτημα ωριμότητας. Ιδιαίτερα στις φάσεις έναρξης υπάρχουν διαφορές μεταξύ των οικονομικών κερδών, που θα μειώνονται με τον καιρό όταν οι τεχνολογίες ωριμάσουν και γίνουν πιο προσιτές. Αυτή η γενική τεχνολογική σταδιακή εφαρμογή ισχύει και στο πλαίσιο των λιμένων (Brunila et al., 2021).

### **Port Vision 2030**

Το Port Vision 2030 σκιαγραφεί το όραμα για το μέλλον του λιμανιού του Ρότερνταμ. Το όραμα συντάχθηκε με τη βοήθεια διαφόρων πελατών, κυβερνητικών τμημάτων, ινστιτούτων γνώσης και κοινωνικών οργανώσεων. Το όραμα για το λιμάνι είναι ότι:

*«Το 2030, το Ρότερνταμ είναι το πιο σημαντικό λιμάνι της Ευρώπης και βιομηχανικό συγκρότημα. Είναι ένας ισχυρός συνδυασμός του Global Hub και το European's Industrial Cluster, και τα δύο κορυφαία σε αποδοτικότητα και βιωσιμότητα. Το*

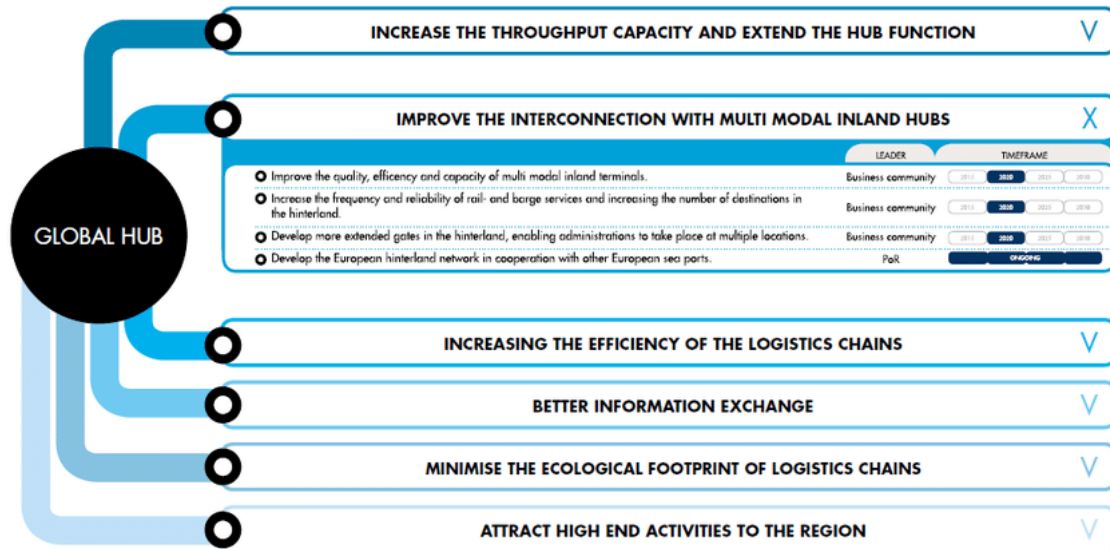


*Ρότερνταμ συνδέεται στενά με άλλες Βιομηχανικές περιοχές στο Βορρά και υλικοτεχνικές περιοχές της Δυτικής Ευρώπης. Κορυφαίες εταιρείες επενδύουν σε σύγχρονες εγκαταστάσεις. Συνεργασία μεταξύ εταιρειών, κυβέρνησης και πανεπιστημίων έχουν ως αποτέλεσμα εργατικό δυναμικό υψηλής ποιότητας αγορά, καλή ποιότητα ζωής και προσβασιμότητα. Οι προσαρμοστικές δυνάμεις είναι μοναδικές. Έτσι, το Ρότερνταμ είναι ένας σημαντικός πυλώνας για την ευημερία την περιοχή Rijnmond, την Ολλανδία και την Ευρώπη».*

Το δημοτικό συμβούλιο του Ρότερνταμ ενέκρινε το αναθεωρημένο Port Vision, με κεντρικό του στόχο τη δημιουργία οικονομικής και κοινωνικής αξίας και η επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης. Το αναθεωρημένο Port Vision αναπτύχθηκε σε συνεργασία μεταξύ της Αρχής Λιμένος του Ρότερνταμ, του Δήμου του Ρότερνταμ, της εθνικής κυβέρνησης, της Deltalinqs, της επαρχίας της Νότιας Ολλανδίας και σε συντονισμό με το DCMR.

Μέσω αυτής της συλλογικής προσπάθειας, το λιμάνι του Ρότερνταμ θα δημιουργήσει ένα ψηφιακό δίδυμο του λιμανιού, ένα ακριβές ψηφιακό αντίγραφο των λειτουργιών του που θα αντικατοπτρίζει όλους τους πόρους στο λιμάνι, παρακολουθώντας τις κινήσεις των πλοίων, τις υποδομές, τον καιρό, τα γεωγραφικά και τα δεδομένα βάθους νερού με 100% ακρίβεια. Το ψηφιακό αντίγραφο θα βοηθήσει το λιμάνι του Ρότερνταμ να δοκιμάσει σενάρια και να κατανοήσει καλύτερα πώς μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα σε όλες τις δραστηριότητές τους, διατηρώντας παράλληλα αυστηρά πρότυπα ασφαλείας.

Οι τρέχουσες τεχνολογικές αλλαγές, όπως η ενεργειακή μετάβαση, η μετάβαση των πρώτων υλών και η ψηφιοποίηση, είναι από τους λόγους που οδήγησαν στην αναθεώρηση του Port Vision 2030. Αυτή η αναθεωρημένη έκδοση περιγράφει τη μελλοντική προοπτική για το λιμάνι και το βιομηχανικό συγκρότημα με βάση τις τρέχουσες γνώσεις.



Εικόνα 4: Port Vision 2030 \_ Global Hub // Ruesch et al. 2015

Αναλυτικότερα, οι κύριες συνεισφορές είναι αρχικά στο θέμα της αποθήκευσης δεδομένων. Αποτελεί πρόκληση η αποθήκευση πολλών δυναμικών δεδομένων σε μια πλατφόρμα cloud με σαφή, ασφαλή και προσβάσιμο τρόπο. Μέσω IoT, η Λιμενική Αρχή μπορεί να συλλέξει αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στο cloud, να τα επεξεργαστεί και να τα καταστήσει προσβάσιμα σε όλους τους ενδιαφερόμενους μέσω διαφόρων φίλτρων. Επιπροσθέτως, με ένα νέο ψηφιακό ταμπλό που κάνει τις λειτουργίες ορατές με 100% ακρίβεια, θα μπορούν να βλέπουν τις λειτουργίες όλων των μερών ταυτόχρονα και να αυξάνουν τον όγκο και την αποτελεσματικότητα των αποστελλόμενων αγαθών που περνούν από το λιμάνι. Ενώ, το λιμάνι διαθέτει ακόμη και Digital Dolphins, έξυπνους τοίχους αποβάθρας και σημαδούρες εξοπλισμένους με αισθητήρες που υποστηρίζουν τη μεταφορά φορτίου από πλοίο σε πλοίο και παράγουν δεδομένα με χρονική σήμανση σχετικά με την κατάστασή τους και το άμεσο περιβάλλον τους.

Σε περίπτωση εφαρμογής των όσων αναφέρθηκαν παραπάνω τα αναμενόμενα οφέλη θα είναι πληθώρα. Με τη χρήση του νέου ψηφιακού ταμπλό, οι ναυτιλιακές εταιρείες και το λιμάνι ενδέχεται να εξοικονομήσουν έως και μία ώρα χρόνο ελλιμενισμού, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση πόρων για τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων και να επιτρέπει στο λιμάνι να ελλιμενίζει

περισσότερα πλοία κάθε μέρα. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιώντας την τεχνητή νοημοσύνη για την ανάλυση όλων των δεδομένων που συλλέγονται, είναι δυνατόν να προβλεφθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια ποια είναι η καλύτερη στιγμή για να αγκυροβολήσετε και να αναχωρήσετε, προσδιορίζοντας τις πιο ευνοϊκές συνθήκες. Αυτό μειώνει τους χρόνους αναμονής και το κόστος.



Εικόνα 5: Buoys and digital dolphins in Port of Rotterdam //Available at <https://www.portofrotterdam.com/en/sea-shipping/buoys-and-dolphins>

Το Digital Dolphins με τη σειρά του θα παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση και τη χρήση ενός τερματικού σταθμού ελλιμενισμού και των γύρω υδάτων και καιρικών συνθηκών, επιτρέποντας στους φορείς εκμετάλλευσης λιμένων να προσδιορίζουν τον βέλτιστο χρόνο για να ελλιμενιστούν τα πλοία, καθώς και πού και πότε μπορούν να το κάνουν. Εκτός από τον έλεγχο των αυτόνομων σκαφών, τα δεδομένα IoT μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για άλλες εφαρμογές, όπως η προγνωστική συντήρηση.

Το Ρότερνταμ στοχεύει να είναι πρωτοπόρος σε βιώσιμες και αποτελεσματικές αλυσίδες εφοδιασμού. Αν και οι οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες της κρίσης του κορωνοϊού επηρεάζουν τις επιδιωκόμενες μεταβάσεις, οι στόχοι του επαναξιολογημένου

Port Vision παραμένουν σε ισχύ. Μεγάλη πρόκληση για τα επόμενα βήματα είναι το επιχειρηματικό κλίμα, το οποίο βρίσκεται υπό πίεση. Η κρίση αζώτου παρεμποδίζει τη βιωσιμότητα του λιμανιού και η πολυπλοκότητα των έργων απαιτεί νέες μορφές χρηματοδότησης και διαχείρισης. Επιπλέον, υπάρχει έλλειψη προσωπικού σε όλα τα επίπεδα και μόνο μέσω κοινών προσπαθειών θα διαμορφωθούν οι μεταβάσεις στο λιμάνι και το βιομηχανικό συγκρότημα του Ρότερνταμ.

Η παγκόσμια θέση του Ρότερνταμ ως διεθνής ναυτιλιακή πρωτεύουσα φαίνεται στο μοναδικό του συνδυασμό επιχειρηματικών υπηρεσιών, ναυτιλίας και εμπορίας τεχνολογίας και εμπορευμάτων. Αυτός ακριβώς είναι και ο στόχος του Port Vision 2030 – να εδραιωθεί το λιμάνι του Ρότερνταμ, ως το πιο σημαντικό λιμάνι και βιομηχανικό συγκρότημα, μελλοντικά ανθεκτικό και ικανό να συνεχίσει να παράγει σημαντικές οικονομικές και κοινωνική αξία.

### 3.4 Πλεονεκτήματα Ψηφιακών Διδύμων

Ανεξαρτήτως του πεδίου εφαρμογής των ψηφιακών διδύμων, είναι εύκολο να εντοπιστούν αρκετά πλεονεκτήματα από τη χρήση τους.

Αρχικά η χρήση ψηφιακών διδύμων καθιστά δυνατή την αποτελεσματικότερη έρευνα και σχεδιασμό προϊόντων, με άφθονα δεδομένα που δημιουργούνται σχετικά με πιθανά αποτελέσματα απόδοσης, καθώς υποστηρίζεται η κατανόηση (understanding) των φυσικών αντικειμένων. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να οδηγήσουν σε πληροφορίες που βοηθούν τις εταιρείες να κάνουν τις απαραίτητες βελτιώσεις προϊόντων πριν ξεκινήσουν την παραγωγή. Επίσης η χρήση τους προσφέρει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Ακόμη και μετά την κυκλοφορία ενός νέου προϊόντος, τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να βοηθήσουν στην παρακολούθηση των συστημάτων παραγωγής, με στόχο την επίτευξη και τη διατήρηση της μέγιστης απόδοσης σε όλη τη διαδικασία παραγωγής. Με αυτό τον τρόπο υποστηρίζεται η βελτίωση του σχεδιασμού (design) νέων αντικειμένων και αναβαθμίζεται η δυνατότητα μοντελοποίησης (modeling) και βελτιστοποίησης (optimization).

Επιπροσθέτως, εξαιτίας των μαζικών πληροφοριών οι οποίες συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από τους αισθητήρες και μπορούν να εισαχθούν άμεσα στο Digital Twin, είναι δυνατό να προβλεφθεί η διάρκεια ζωής ενός έργου, οι συνθήκες λειτουργίας του και οι αλλαγές στη λειτουργικότητά τους, λόγω των δεδομένων επίσης από το περιβάλλον. Είναι δηλαδή δυνατή – μέσω της καταγραφής και αρχειοθέτησης των δεδομένων λειτουργίας του ψηφιακού αντιγράφου (digital twin), και με αναφορά σε πραγματικό χρόνο – η χρονική ιχνηλάτηση (tracing) στοιχείων συμπεριφοράς του φυσικού αντικειμένου.

Η συμβολή των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την επεξεργασία των δεδομένων μπορεί να βοηθήσει τα Ψηφιακά Δίδυμα να κατανοήσουν με ακρίβεια πώς μπορεί να λειτουργήσει ένα έργο σε ένα συγκεκριμένο σενάριο ή σε συγκεκριμένες συνθήκες του περιβάλλοντος του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παρεχόμενη ακρίβεια να εντοπίζει άμεσα πιθανές αστοχίες και ανεπάρκειες πριν πραγματοποιηθούν.

Επίσης ο κύριος στόχος κάθε επιχείρησης είναι η μεγιστοποίηση των κερδών της, γεγονός που απαιτεί πολλές φορές τη μείωση του κόστους της. Έτσι, αξιολογείται η διαδικασία ανάπτυξης των έργων που αναλαμβάνουν και δοκιμάζουν νέες λύσεις για την ελαχιστοποίηση του κόστους και, άρα την αύξηση δυνατοτήτων για επιπρόσθετα κέρδη. Η τεχνολογία των Ψηφιακών Διδύμων επιτρέπει στις εταιρείες να το δοκιμάσουν χωρίς να κάνουν περιττά έξοδα σε πραγματικό χρόνο για ένα έργο καθώς επίσης διατηρείται μια στρατηγική απόστασης από λάθη με αποτέλεσμα την επιτυχία. Συνεπώς αναβαθμίζεται η δυνατότητα για διάγνωση (prediction) και πρόγνωση (prognostics).

Συνδυαστικά η αποτυχία για κάθε εταιρεία πολλές φορές θεωρείται το αναπόφευκτο «κακό» στον πραγματικό κόσμο. Για αυτό το λόγο δίνεται μεγάλη προσοχή να αποφεύγονται αστοχίες ή λάθη που κοστίζουν χρήματα για τον κάθε οργανισμό. Έτσι τα Digital Twins προσφέρουν τη δυνατότητα στο ανθρώπινο δυναμικό, να ανακαλύπτει πολλές δυνατότητες, ώστε να είναι ικανό να εκτιμά καταστάσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Ακόμη, οφέλη παρατηρούνται και στο κομμάτι της επιχειρηματικότητας. Κάθε έργο ανεξάρτητα από τον τομέα που ανήκει έχει ένα βασικό στόχο που είναι η εξυπηρέτηση. Η πελατοκεντρικότητα κατά μία έννοια αποτελεί ένα καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία ενός σχεδίου. Η ικανοποίηση των πελατών είναι ο απώτερος

στόχος για κάθε πάροχο υπηρεσιών και λύσεων. Η δημιουργία ψηφιακών διδύμων στηρίζει την πελατοκεντρική λειτουργία μιας επιχείρησης και βοηθά στον προσδιορισμό του βέλτιστου συνόλου ενεργειών που απαιτούνται για τη βελτιστοποίηση ορισμένων από τους βασικούς δείκτες απόδοσης υπερτονίζοντας έτσι την επιχειρηματική τους αξία.

Πλεονεκτήματα Digital Twins
1. Αποτελεσματικότερη έρευνα και σχεδιασμός υπηρεσιών
2. Ευκολότερη κατανόηση του φυσικού αντικειμένου
3. Αναβάθμιση φυσικού αντικειμένου μέσω modelling-optimization
4. Συλλογή μαζικών πληροφοριών
5. Tracing στοιχείων συμπεριφοράς του φυσικού αντικειμένου
6. Ακρίβεια λόγω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης
7. Διάγνωση-Πρόγνωση // μη περιττά έξοδα

Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα Digital Twins

### 3.5 Εμπόδια και Δυσκολίες εφαρμογής Ψηφιακών Διδύμων

Το μέλλον των ψηφιακών διδύμων επηρεάζεται άμεσα από τα εμπόδια και τις δυσκολίες εφαρμογής τους. Τα νέα – ψηφιακά πλέον – μοντέλα λειτουργίας απαιτούν μια ολοκληρωμένη φυσική και ψηφιακή προβολή των διαδικασιών, του εξοπλισμού και των μέσων εργασίας. Αναπόσπαστο κομμάτι αυτής της τεχνολογικής μετάβασης είναι τα Digital Twins, και μάλιστα είναι ζωτικής σημασίας αυτός τους ο ρόλος.

Οι πιο σημαντικές από τις προκλήσεις, όπως αυτές έχουν μελετηθεί και διατυπωθεί από το Ερευνητικό Εργαστήριο «Ηλεκτρονικού Αυτοματισμού, Τηλεματικής και Κυβερνοφυσικών Συστημάτων» (EATCPS Lab), παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Προκλήσεις Εφαρμογής DT
Η διαλειτουργικότητα (interoperability)
Ο σεβασμός στην τήρηση προτύπων (standardization)
Η ανοικτότητα (openness)
Η εκπαίδευση (training)
Η εμπιστοσύνη στους ειδικούς (expertise)
Η χρηματοδότηση (financing)
Το να σκεφτόμαστε ως άνθρωποι κι όχι ως μηχανές (think human)

Πίνακας 5: Προκλήσεις στην εφαρμογή ψηφιακών διδύμων

Έχοντας αυτές τις προκλήσεις υπόψη και καταβάλλοντας όλες τις απαραίτητες προσπάθειες προς τον ψηφιακό μετασχηματισμό, η βιομηχανική παραγωγή θα κατορθώσει να αυξήσει την προστιθέμενη αξία και να καταστεί ενεργό μέρος της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης.

Καθώς η εξέλιξη των ψηφιακών διδύμων είναι σχεδόν απεριόριστη, εξαιτίας της αυξανόμενης γνωστικής τους δύναμης, κρίνεται αναγκαία και η αντίστοιχη «ανάπτυξη» από τους χρήστες αυτών. Συνεπώς, τα ψηφιακά δίδυμα «μαθαίνουν» συνεχώς νέες δεξιότητες και δυνατότητες, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να συνεχίσουν να δημιουργούν τις απαραίτητες γνώσεις για να κάνουν τα προϊόντα καλύτερα και τις διαδικασίες πιο αποτελεσματικές.

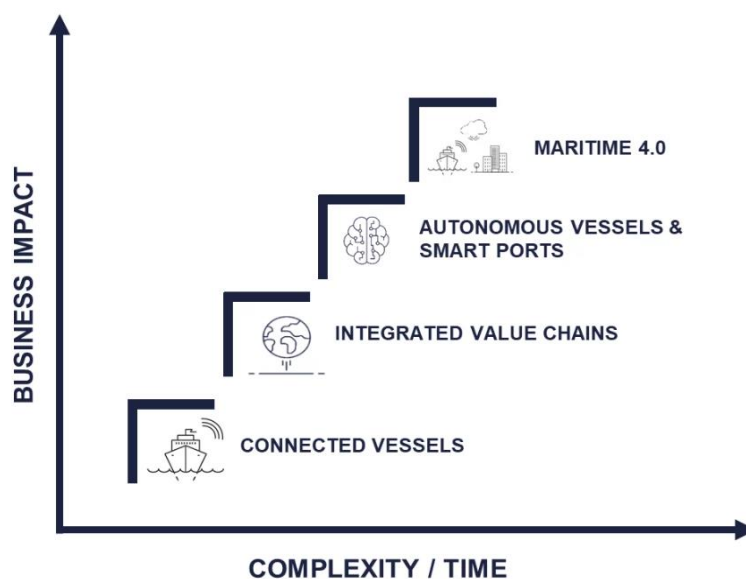
#### 4. Ψηφιακές Πλατφόρμες

Η κύρια τάση της ψηφιακής ανάπτυξης του κλάδου των μεταφορών είναι η πλατφόρμα. Οι ψηφιακές πλατφόρμες είναι σε θέση να ενσωματώνουν όλες τις διαδικασίες μεταφορών και logistics σε ένα ενιαίο σύστημα και η επέκταση των διεπαφών και των δημιουργούμενων αξιών επιτρέπει στην πλατφόρμα να εξελιχθεί σε ένα οικοσύστημα. Ωστόσο, σήμερα δεν υπάρχει σαφής απάντηση στο ερώτημα πόσο δωρεάν/περιορισμένη πρόσβαση στην πλατφόρμα ψηφιακών μεταφορών θα πρέπει να

είναι τόσο για τους παρόχους υπηρεσιών (φορείς υπηρεσιών) όσο και για τους καταναλωτές.

Οι ραγδαίες εξελίξεις στην οργάνωση της εργασίας λόγω της εκτεταμένης ψηφιοποίησης και εισαγωγής νέων τεχνολογιών, φαινόμενα που εντάθηκαν λόγω της πανδημίας COVID-19, έχουν αναδείξει την σημασία και το εύρος δραστηριότητας των ψηφιακών πλατφορμών. Αυτές αποτελούν ένα νέο τρόπο επιχειρηματικότητας, που στη περίοδο της πανδημίας είχε πολύ μεγάλη ανάπτυξη.

Για να συνεχίσει να παίζει ζωτικό ρόλο στο διεθνές εμπόριο, η ναυτιλία θα πρέπει να ενσωματώσει αυτές τις τεχνολογίες στην υποδομή και τις λειτουργίες τόσο των πλοίων όσο και των θαλάσσιων πόλεων του κόσμου που τις εξυπηρετούν. Για να ελαχιστοποιηθεί ο μελλοντικός αντίκτυπος των εξωτερικών επιρροών στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η πρόοδος στον αυτοματισμό και τη συνδεσιμότητα θα διαδραματίσει βασικό ρόλο. Αν και πολλές ναυτιλιακές εταιρείες ήταν ήδη αρκετά προσανατολισμένες στην τεχνολογία, οι περισσότερες έμειναν έκπληκτοι από το μέγεθος της αναταραχής που παρατηρήθηκε πέρυσι.



Εικόνα 6: Τα στάδια της ψηφιακής "μεταμόρφωσης"



Στο πεδίο των λιμένων, σήμερα τα λιμάνια αντιμετωπίζουν μια τεράστια πρόκληση να παραμείνουν ανταγωνιστικά. Φαίνεται πως πρόκειται για το ιδανικό πεδίο δράσης για να εξελιχθεί η αυτοματοποίηση. Όλες οι διαδικασίες είναι δομημένες και ολόκληρο το περιβάλλον μπορεί να είναι προβλέψιμο. Πολλές ενέργειες είναι μονότονες και εύκολα εφαρμόσιμες. Παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων που μπορούν εύκολα να συλλεχθούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία. Οι καινοτομίες που προκύπτουν αλλάζουν τα μοντέλα των logistics, τις αλυσίδες εφοδιασμού και τους τρόπους συνεργασίας. Όλα καταλήγουν σε αλλαγές, όπως οι χειριστές συστημάτων πληροφορικής και συστημάτων επικοινωνιών δικτύου και πάροχοι υπηρεσιών στο λιμάνι, το τερματικό και την ενδοχώρα περιοχή.

#### 4.1 Ψηφιακές πλατφόρμες: ορισμός και κατηγορίες

Οι ψηφιακές πλατφόρμες μπορούν να οριστούν ως ένα σύνολο εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί για να φιλοξενούν, να παρέχουν πρόσβαση και να διευκολύνουν τη διασταυρούμενη χρήση άλλων εφαρμογών που βρίσκονται στην Πλατφόρμα.

Μια Ψηφιακή Πλατφόρμα περιλαμβάνει τρία στοιχεία. Αρχικά περιλαμβάνει εφαρμογές για απορρόφηση δεδομένων, επίσης μια μηχανή συναλλαγών για την εκτέλεση δραστηριοτήτων βασισμένων σε κανόνες που βασίζονται στη Μηχανική Μάθηση ΑΙ και, τρίτον, αναλυτικούς κινητήρες. Οι ψηφιακές πλατφόρμες περιλαμβάνουν επίσης διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API) που επιτρέπουν σε διαφορετικές εσωτερικές και εξωτερικές εφαρμογές να συνομιλούν με καθεμία.

Πρόκειται για μια τεχνολογία με τεράστιο αντίκτυπο επειδή παρέχουν, μέσω του Cloud Computing, τεράστια υπολογιστική ικανότητα, προηγμένη ανάλυση, εξαιρετικά εξειδικευμένες εφαρμογές, ακόμη και οδηγίες και ενέργειες που δημιουργούνται από τεχνητή νοημοσύνη, μια ολοκληρωμένη και εξωτερική ανάθεση υπηρεσίας. Όλα αυτά προσφέρονται ως μια ολοκληρωμένη, εξειδικευμένη υπηρεσία turn-of-the key μέσω του Cloud Computing και απρόσκοπτης επικοινωνίας σε επιχειρήσεις, καθώς και σε τελικούς καταναλωτές.

Οι βασικότερες κατηγορίες των Ψηφιακών Πλατφορμών παρουσιάζονται παρακάτω:

### **Πλατφόρμες συστημάτων και πλατφόρμες πληροφορικής**

Αυτοί οι όροι χρησιμοποιήθηκαν πριν από την πλήρη επίδραση της Ψηφιακής Επανάστασης, καθώς τότε οι Πλατφόρμες αναπτύχθηκαν και εγκαταστάθηκαν από τρίτους στον ιστότοπο ή την ιδιοκτησία κάθε επιχείρησης. Πρόκειται για όρους που χρησιμοποιούνται για πλατφόρμες αφιερωμένες σε μια μεμονωμένη εταιρεία, η οποία κατέχει και φιλοξενεί την πλατφόρμα, και συνήθως αναπτύσσονται από τρίτο μέρος. Με την Ψηφιακή Επανάσταση και την εμφάνιση των σημερινών Ψηφιακών Πλατφορμών που παρέχουν τις πιο πρόσφατες εξελίξεις σε χαμηλό κόστος, χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερο. Εξακολουθούν να λειτουργούν είτε για να αποφευχθεί η στρατηγική εξάρτηση από παρόχους ψηφιακών πλατφορμών είτε ως παλαιού τύπου συστήματα πληροφορικής.

### **Ανοιχτές Ψηφιακές Πλατφόρμες**

Ανοιχτές ψηφιακές πλατφόρμες σημαίνει ότι ο αρχικός προγραμματιστής δεν έχει γίνει ο φύλακας και το σύστημα είναι ανοιχτό σε περαιτέρω ανεξάρτητη ανάπτυξη. Οι οποίοι με τη σειρά τους παρέχουν βελτιώσεις, καινοτομίες και νέες χρήσεις. Επιπλέον, προκειμένου να διευκολυνθεί η πρόσβαση και η καινοτομία, είναι επίσης πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα. Οι ανοιχτές ψηφιακές πλατφόρμες παρέχουν ένα ψηφιακό δίδυμο, το οποίο είναι μια εικονική αναπαράσταση που βασίζεται σε ένα πραγματικό τρισδιάστατο μοντέλο. Το ψηφιακό δίδυμο θα περιλαμβάνει δεδομένα πραγματικού κόσμου της περιοχής, όπως κατανάλωση ενέργειας, μετεωρολογικές προβλέψεις και μετρήσεις θερμοκρασίας. Οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ψηφιακό δίδυμο για να εκτελέσουν προσομοιώσεις πραγματικών σεναρίων, όπως πλημμύρες, ή να δοκιμάσουν νέα προϊόντα και διαδικασίες – όπως η εκπαίδευση του λογισμικού των αυτόνομων οχημάτων – πριν από την πραγματική εφαρμογή.

### Πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα

Μπορεί να οριστεί ως μια ανοιχτή πλατφόρμα στην οποία ο αρχικός προγραμματιστής και προμηθευτής επιτρέπει την επεξεργασία, τροποποίηση και προσαρμογή ορισμένων στοιχείων του λογισμικού του σε διαφορετικές λειτουργίες. Αυτό επιτρέπει την καινοτόμο χρήση εφαρμογών λογισμικού. Τα Ανοιχτά Πρότυπα είναι το τελικό επίπεδο αυτονομίας του χρήστη και η δημιουργικότητα καθώς τα στοιχεία προγραμματισμού είναι δημόσια διαθέσιμα και τα μη ιδιόκτητα στοιχεία μπορούν να προστεθούν από πολλούς πράκτορες στην αρχική Open Digital Platform.

<b>Βασικές κατηγορίες Ψηφιακών Πλατφορμών</b>	
<b>Πλατφόρμες συστημάτων και πλατφόρμες πληροφορικής</b>	Πλατφόρμες αφιερωμένες σε μια μεμονωμένη εταιρεία, η οποία κατέχει και φιλοξενεί την πλατφόρμα, και συνήθως αναπτύσσονται από τρίτο μέρος
<b>Ανοιχτές Ψηφιακές Πλατφόρμες</b>	Οι ανοιχτές ψηφιακές πλατφόρμες παρέχουν ένα ψηφιακό δίδυμο, το οποίο είναι μια εικονική αναπαράσταση που βασίζεται σε ένα πραγματικό τρισδιάστατο μοντέλο.
<b>Πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα</b>	Μια ανοιχτή πλατφόρμα στην οποία ο αρχικός προγραμματιστής και προμηθευτής επιτρέπει την επεξεργασία, τροποποίηση και προσαρμογή ορισμένων στοιχείων του λογισμικού του σε διαφορετικές λειτουργίες.

Πίνακας 6: Σύντομη περιγραφή κατηγοριών Digital Platforms

## 4.2 Εφαρμογές Ψηφιακών Πλατφορμών

Οι ψηφιακές πλατφόρμες που λειτουργούν ως θεμέλιο πάνω στο οποίο άλλες εταιρείες μπορούν να αναπτύξουν συμπληρωματικά προϊόντα, τεχνολογίες και υπηρεσίες (Gawer and Cusumano, 2014) καθώς και ψηφιακές δυνατότητες σε ολόκληρο τον οργανισμό (Yoo et al, 2010) αποτελούν μια αναδυόμενη μορφή για την έξυπνη ναυτιλία και τη ναυτιλία. έξυπνη παροχή υπηρεσιών με μέγιστο ενδιαφέρον σήμερα.

Οι ψηφιακές θαλάσσιες υποδομές που «συλλέγουν, επεξεργάζονται, διανέμουν και χρησιμοποιούν πληροφορίες» θεωρείται ότι «επιτρέπουν σε ριζικά νέους (ανα)συνδυασμούς ψηφιακών και φυσικών στοιχείων να παράγουν νέα προϊόντα και υπηρεσίες» (Yoo et al, 2010). Για παράδειγμα, οι νέες «εκτεταμένες ναυτιλιακές υπηρεσίες» που κυμαίνονται από την παρακολούθηση αποστολών σε πραγματικό χρόνο έως την ανάλυση δεδομένων μεγάλων δεδομένων επέτρεψαν την εμπορία αγαθών. Αυτές οι θαλάσσιες φυσικές υποδομές στον κυβερνοχώρο επιτρέπουν τη δημιουργία της ψηφιακής πλατφόρμας πάνω στην οποία πολλές (ναυτιλιακές) οργανώσεις μπορούν να καινοτομήσουν (Gawer and Cusumano, 2014).

Η κοινωνικο-υλικότητα των υπηρεσιών ψηφιακής ναυτιλίας εκδηλώνεται και θεσπίζεται μέσω «πρακτικών», όπου οι παραδοσιακοί ναυτικοί κανόνες, οι επαγγελματικές αξίες της ναυτιλίας και οι εργασιακές κουλτούρες είναι συνέπεια της καινοτομίας των ναυτιλιακών υπηρεσιών. Ως εκ τούτου, η συν-δημιουργία αξίας μεταξύ αποτελεσματικών παραγόντων, που ενεργούν σκόπιμα στα οικοσυστήματα ναυτιλιακών υπηρεσιών, με κοινές θεσμικές λογικές, νοητικά/συμπεριφορικά πλαίσια που αξίζει να μελετηθούν περαιτέρω. Οι επικρατούσες αρχές της συμμόρφωσης με τους κανόνες, της προστασίας του περιβάλλοντος, της ασφάλειας, της ευημερίας των ναυτικών μαζί με τον ισχυρό προσανατολισμό στην αγορά και τον επιχειρηματικό προσανατολισμό και το νέο έπος της ψηφιακής καινοτομίας εξελίσσονται συνεπακόλουθα των νέων προσεγγίσεων σχεδιασμού για έξυπνες ναυτιλιακές υπηρεσίες και φυσικά συστήματα στον κυβερνοχώρο (Orlikowski and Scott, 2014, Hevner et al, 2004).

### Σύγκριση Digital Platforms: ZeroNorth Vs Poseidon System

Υπάρχουν πολλές δύσκολες αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν στη ναυτιλία, με πολλές μεταβλητές όπως η διαδρομή του πλοίου, οι καιρικές συνθήκες και οι ιδιαιτερότητες του πλοίου, η διαφορετική ρύπανση του κύτους και της προπέλας. Αυτές οι μεταβλητές δημιουργούν εμπόδια στη βελτιστοποίηση και την αποτελεσματικότητα που χρειάζεται ο κλάδος. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με τις πιο ακριβείς, ενημερωμένες πληροφορίες για να επιλέξουν τη βέλτιστη διαδρομή ή το πλοίο ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο ανταγωνιστική, κερδοφόρα και φιλοπεριβαλλοντική.

Πλέον οι ψηφιακές πλατφόρμες παρέχουν πλέον στους πελάτες πλήρη υποστήριξη για τη δρομολόγηση των καιρικών συνθηκών μέσω της ενεργοποίησης της πρόσβασης των πλοιάρχων. Στο παρόν υποκεφάλαιο θα εξεταστεί η παρεχόμενη υπηρεσία του “Weather forecasting”, ενδεικτικά από δύο ψηφιακές πλατφόρμες, τη ZeroNorth και τη Poseidon System.

Πιο αναλυτικά, το ZeroNorth Onboard παρέχει στους πλοιάρχους πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στις πληροφορίες που χρειάζονται για να βελτιστοποιήσουν τα ταξίδια τους εν πλω. Επιπλέον, η υπηρεσία Live Voyage Optimization Plan (Ενεργό Πλάνο Βελτιστοποίησης Ταξιδιού) μεταφέρει λεπτομέρειες δρομολόγησης σε ζωντανή προβολή, συμπεριλαμβανομένων των τελευταίων μετεωρολογικών προβλέψεων, και επιτρέπει στις ομάδες ξηράς να ενημερώνουν και να στέλνουν σχέδια πλόων σε ένα μόνο λεπτό. Αυτό σημαίνει ότι η ισχύς της πλατφόρμας ZeroNorth είναι πλέον διαθέσιμη στη γέφυρα για πρώτη φορά, παρέχοντας στους πλοιάρχους τα δεδομένα που απαιτούνται για τη λήψη καλύτερα τεκμηριωμένων αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες διασφαλίζουν ότι τα πλοία ακολουθούν την καλύτερη δυνατή διαδρομή για την ασφάλεια, το κέρδος και τον πλανήτη. Οι πλοίαρχοι θα έχουν πρόσβαση σε επικαιροποιημένες προβλέψεις, δίνοντάς τους τις πληροφορίες που χρειάζονται για να αποφασίσουν εάν το σχέδιο πλου πρέπει να τροποποιηθεί ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη αποδοτικότητα των καυσίμων, ότι το πλοίο θα παραμείνει στο χρονοδιάγραμμα και, τελικά, ότι θα παραμείνει ασφαλές.

Η παροχή αυτών των υπηρεσιών επί του πλοίου εξαλείφει επίσης την ανάγκη αναμονής για έγγραφες ενημερώσεις καιρού μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και την ανάγκη επικοινωνίας με μετεωρολογικές υπηρεσίες, για να γνωρίζουν τις καιρικές συνθήκες που θα συναντήσει το πλοίο στη διαδρομή του. Συνδέοντας το πλοίο με την ξηρά στην ίδια πηγή αλήθειας, τόσο οι πλοίαρχοι όσο και οι χειριστές μπορούν να βλέπουν με διαφάνεια τα ίδια δεδομένα, σχέδια και αναφορές ώστε να συνεργάζονται στενότερα για την μέγιστη αξιοποίηση κάθε πλοίου. Η κίνηση αυτή δημιουργεί έναν νέο άξονα συνεργασίας μεταξύ του πληρώματος και του προσωπικού ξηράς, αναβαθμίζοντας τη συζήτηση μεταξύ των δύο μερών και μειώνοντας τον αριθμό των συστημάτων που απαιτούνται για την αποδοτική και ασφαλή δρομολόγηση των πλοίων, μειώνοντας την πολυπλοκότητα και το διοικητικό βάρος.

Όσον αφορά στο Poseidon System αποτελείται από ένα σύστημα παρατήρησης, το οποίο βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία για περισσότερο από είκοσι χρόνια, κι έχει εξελιχθεί από το αρχικό δίκτυο πλωτήρων σε ένα ολοκληρωμένο παρατηρητήριο πολλαπλών κόμβων, ακολουθώντας τις σύγχρονες τάσεις της θαλάσσιας επιστήμης και τεχνολογίας, το οποίο έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί δεδομένα που προέρχονται από διαφορετικές πλατφόρμες, προσφέροντας την δυνατότητα παρακολούθησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος σε πολλαπλές κλίμακες, που κυμαίνονται από την συστηματική καταγραφή της κατάστασης των θαλασσών μέχρι την παρακολούθηση της μεταβλητότητας των διεργασιών του θαλασσίου περιβάλλοντος.

Οι γενικοί στόχοι του συστήματος POSEIDON είναι: (α) η εγκατάσταση και λειτουργία ενός βιώσιμου δικτύου συστηματικής συλλογής θαλάσσιων παρατηρήσεων στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, (β) η παροχή ποιοτικών και αξιολογημένων προγνώσεων για το θαλάσσιο περιβάλλον, (γ) η υποστήριξη της επιστημονικής έρευνας για την μελέτη των διαδικασιών του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της μεταβλητότητάς τους καθώς και για τον προσδιορισμό της απόκρισης του θαλάσσιου οικοσυστήματος και της βιοποικιλότητας στην συνδυασμένη δράση των φυσικών παραγόντων και των ανθρωπογενών πιέσεων, και (δ) την παροχή υποδομών για δοκιμή τεχνολογικών εφαρμογών και υπηρεσιών σε φορείς χάραξης πολιτικής καθώς και στην κοινωνία. Το σύστημα αναπτύσσεται σύμφωνα με το πλαίσιο πολιτικής που προτείνουν οι οργανισμοί

IOC / GOOS, EuroGOOS, MonGOOS και GEO, ενώ διατηρείται μια ισορροπία μεταξύ του επιχειρησιακού και ερευνητικού χαρακτήρα της υποδομής, με την ενσωμάτωση μεθοδολογιών και εργαλείων που αναπτύσσονται σε σχετικά Ευρωπαϊκά προγράμματα.

Έπειτα από την σύντομη περιγραφή των δύο ψηφιακών πλατφορμών, είναι εύκολο να εντοπιστούν ορισμένες διαφορές μεταξύ αυτών. Αρχικά το σύστημα της ZeroNorth έχει παγκόσμια εμβέλεια σε αντίθεση με το Poseidon System που αποτελεί μέρος μιας ομάδας ευρωπαϊκών παρατηρητηρίων και επικεντρώνεται στις ελληνικές θάλασσες. Επίσης το σύστημα Poseidon ασχολείται αποκλειστικά με το weather/sea forecasting, σε αντίθεση με τη ZeroNorth που παρέχει περισσότερες υπηρεσίες ως ψηφιακή πλατφόρμα. Τέλος αναφορικά στις διαφορές τους η ZeroNorth έχει ως σκοπό να «πρασινίσουν» το παγκόσμιο εμπόριο, ενώ το Poseidon System ερευνητικό χαρακτήρα.

Βέβαια αξίζει να σημειωθεί πως και οι δύο ψηφιακές πλατφόρμες διαθέτουν την ανάλογη εφαρμογή για κινητό και πως αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη βελτιστοποίηση του πλου των πλοίων, καθώς το Voyage Optimization αποτελεί βασικό κομμάτι στο σκοπού τους.

### 4.3 Πλεονεκτήματα Ψηφιακών Πλατφορμών

Οι ψηφιακές πλατφόρμες παρέχουν δυνατότητες αιχμής για τη διαχείριση συσκευών εξοπλισμένων με Internet-of-Things, ρομπότ, μη επανδρωμένα οχήματα, καθώς και διαχείριση όλων των επιχειρηματικών λειτουργιών. Παρέχουν αυτές τις προηγμένες δυνατότητες χωρίς την ανάγκη επένδυσης σε υποδομές πληροφορικής, ούτε ακριβό προγραμματισμό ούτε ομάδα μόνιμων ειδικών. Αυτή η πρόσβαση χαμηλού κόστους και χαμηλού κινδύνου σε νέες δυνατότητες εκδημοκρατίζει την καινοτομία και επιταχύνει την υιοθέτηση των άλλων Βασικών Τεχνολογιών, το σημείο που μπορούμε να θεωρήσουμε τις Ψηφιακές Πλατφόρμες ως υπερσύγχρονη παραγωγική υποδομή.

Η ευρεία και αυξανόμενη χρήση των Ψηφιακών Πλατφορμών, η τεχνολογική τους ωριμότητα, η συνεχής ανάπτυξη και εφαρμογή τους σε νέες τεχνολογίες και χρήσεις, προστιθέμενη στο σχετικά χαμηλό κόστος τους, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οργανισμοί, εταιρείες και διοικήσεις που σχετίζονται με τη μεταφορά επιβατών και

εμπορευμάτων θα πρέπει να εξετάσουν σοβαρά την ταχεία υιοθέτησή τους. Η εφαρμογή τους θα βοηθήσει εν μέρει στην αύξηση της αποτελεσματικότητας αλλά σαφώς και στην αποφυγή βραχυπρόθεσμης απώλειας ανταγωνιστικότητας.

Επιπροσθέτως οι Digital Platforms προσφέρουν πλήρη ενοποίηση δεδομένων, συν μια μυριάδα πρόσθετων λειτουργιών, ακριβώς όταν η προοδευτική υιοθέτηση των Βασικών Τεχνολογιών δημιουργεί και εκθετική ανάπτυξη δεδομένων, επιπλέον το κάνουν χωρίς τον κίνδυνο απαξίωσης. Συνδυαστικά, οι ψηφιακές πλατφόρμες είναι σε θέση να χειρίζονται από άκρο σε άκρο όλο και πιο πολύπλοκες επιχειρηματικές διαδικασίες και λειτουργίες. Σήμερα που η οικονομική δραστηριότητα μέσω της ψηφιοποίησης έχει μετατραπεί από τη διαδικασία που βασίζεται σε δεδομένα, οι ψηφιακές πλατφόρμες έχουν ήδη γίνει η πιο αποδοτική από πλευράς κόστους, απαραίτητη και ταχύτερη τεχνολογία κοινής χρήσης καινοτομίας για την παροχή ανταγωνιστικών υπηρεσιών.

Ακόμη οι ψηφιακές πλατφόρμες που προσφέρονται από απομακρυσμένους παρόχους στο cloud, παρέχουν υπερσύγχρονα εργαλεία ανάλυσης και διαχείρισης για όλες τις νέες βασικές τεχνολογίες και τις νέες δυνατότητες που προσφέρουν, και το κάνουν κατ' απαίτηση και χωρίς εσωτερικό χρόνο ανάπτυξης ή σταθερό κόστος που απλοποιεί και διευκολύνει πολύ την υιοθέτησή τους.

Οι ψηφιακές πλατφόρμες επιτρέπουν επίσης τη βελτιστοποίηση της προσφοράς και της ζήτησης B2B μέσω της δημιουργίας εικονικών διαπραγματευτών αγοράς για την αποδιαμεσολάβηση και τη μείωση του κόστους, επιτυγχάνοντας αυτό που δοκιμάστηκε ανεπιτυχώς στα τέλη της δεκαετίας του '90 με την υιοθέτηση του Διαδικτύου για B2B χρήσεις, ιδιαίτερα στα τέλη της δεκαετίας του '90. Οι παρούσες ψηφιακές πλατφόρμες εξαλείφουν τους προηγούμενους τεχνολογικούς περιορισμούς και την έλλειψη αξιόπιστων δεδομένων που έχουν εμποδίσει μέχρι σήμερα τη γενικευμένη αποδοχή των εικονικών αγορών μεταξύ εταιρειών και οργανισμών.

Ο τομέας των μεταφορών και της εφοδιαστικής έχει αποδεδειγμένο ιστορικό στη δημιουργία νέων δυνατοτήτων και τη βελτιστοποίησή τους για την κάλυψη των μεταβαλλόμενων αναγκών του μεταποιητικού τομέα. Η Transport and Logistics απάντησε στην παραγωγή Just-in-Time που αναπτύχθηκε από την Toyota τη δεκαετία



του 1980, στο ηλεκτρονικό εμπόριο της δεκαετίας του '90, στη φάση της παγκοσμιοποίησης από τις αρχές της δεκαετίας του 2000 και στην τρέχουσα φάση Inshoring και Near-shoring τρέχουσα θέση. Αυτές οι αλλαγές και η ανάγκη για αύξηση της αποτελεσματικότητας οδήγησαν τις εταιρείες logistics και μεταφορών να αναζητούν συνεχείς καινοτομίες και λειτουργικές βελτιώσεις για να συντονίζουν πελάτες, προμηθευτές, συνεργάτες, μεσάζοντες και άλλους φορείς εκμετάλλευσης μέσω μεταφοράς σε όλη την αλυσίδα αξίας.

<b>Πλεονεκτήματα Digital Platforms</b>
1. Προηγμένες δυνατότητες με βάση το IoT
2. Χαμηλό Κόστος
3. Διαχείριση πολύπλοκων επιχειρηματικών διαδικασιών
4. Απομακρυσμένη διαχείριση
5. Βελτιστοποίηση προσφοράς-ζήτησης B2B
6. Αύξηση αποτελεσματικότητας

Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα Digital Platforms

#### 4.4 Εμπόδια και Δυσκολίες εφαρμογής Ψηφιακών Πλατφορμών

Πιθανότατα η πρώτη μεγάλη πρόκληση είναι η ψηφιοποίηση της υπάρχουσας υποδομής. Πόσο πιθανή και εφικτή είναι η ναυπήγηση νεότερων πλοίων, τα οποία θα είναι ικανά να καλύψουν τις τρέχουσες ψηφιακές απαιτήσεις; Επίσης ποιο είναι το πλάνο για τα υπάρχοντα πλοία; Η διάρκεια ζωής ενός πλοίου που μεταφέρει πετρέλαιο ή φυσικό αέριο είναι μεταξύ 25-30 ετών. Πολλοί χειριστές σκαφών θα πρέπει να τοποθετήσουν εκ των υστέρων αισθητήρες στα πλοία τους και στους στόλους τους για να μεγιστοποιήσουν το όφελος τους. Υπάρχει επίσης το ερώτημα πώς οι φορείς εκμετάλλευσης θα αποκτήσουν τους απαιτούμενους αισθητήρες και πώς θα διασφαλίσουν ότι υπάρχει η προσφορά για την κάλυψη της ζήτησης της ναυτιλιακής βιομηχανίας κατά τη διάρκεια αυτής της μεταβατικής περιόδου. Γίνεται λόγος δηλαδή για αντίσταση στη ψηφιοποίηση. Στις αντιστάσεις συγκαταλέγονται οι αρνητικές στάσεις απέναντι στην ψηφιοποίηση, τη

ρομποτική και την αυτοματοποίηση. Αναλυτικότερα, σχετικά με το ζήτημα του αυτοματισμού και της ρομποτικής, η αντίσταση συνυφίνεται με το υψηλό επενδυτικό κόστος καθώς επίσης και τον διοικητικό φόβο ως προς το ενδεχόμενο μείωσης του ανθρώπινου δυναμικού. Ιδιαίτερα τα εργατικά συνδικάτα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε αυτά τα θέματα και συχνά αντιμετωπίζουν την ψηφιοποίηση με σκεπτικισμό, καθώς φοβούνται ότι θα οδηγήσει σε μείωση της ανάγκης για εργατικό δυναμικό (Inkinen et al., 2021). Μια άλλη αιτία που μπορεί να οδηγήσει σε αντίσταση είναι η άγνοια. Η συνειδητοποίηση των πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας απαιτεί γενικά την κατανόηση των δυνατοτήτων που έχει να προσφέρει και την απόκτηση γνώσεων σχετικά με τις βασικές γνώσεις για τα θεμελιώδη στοιχεία αυτών των συγκεκριμένων τεχνολογιών.

Επιπροσθέτως, οι αναλογικές διεργασίες πρέπει να εισαχθούν στην ψηφιακή εποχή για να μειωθούν οι ανθρωποώρες που απαιτούνται για την εκτέλεση των καθημερινών διαδικασιών. Αυτό θα απαιτούσε μια μεταβατική περίοδο, ενώ οι εσωτερικές διαδικασίες και η υποδομή ενημερώνονται, συμπεριλαμβανομένου τυχόν πρόσθετου χρόνου εκπαίδευσης που απαιτείται. Αυτό φυσικά απαιτεί κάποιον τεχνικό μάντζερ με την τεχνολογική τεχνογνωσία για την εκπαίδευση του προσωπικού. Ωστόσο, ενώ αυτή η διαδικασία είναι αρχικά χρονοβόρα και δαπανηρή, τα οφέλη θα υπερβούν το κόστος περαιτέρω.

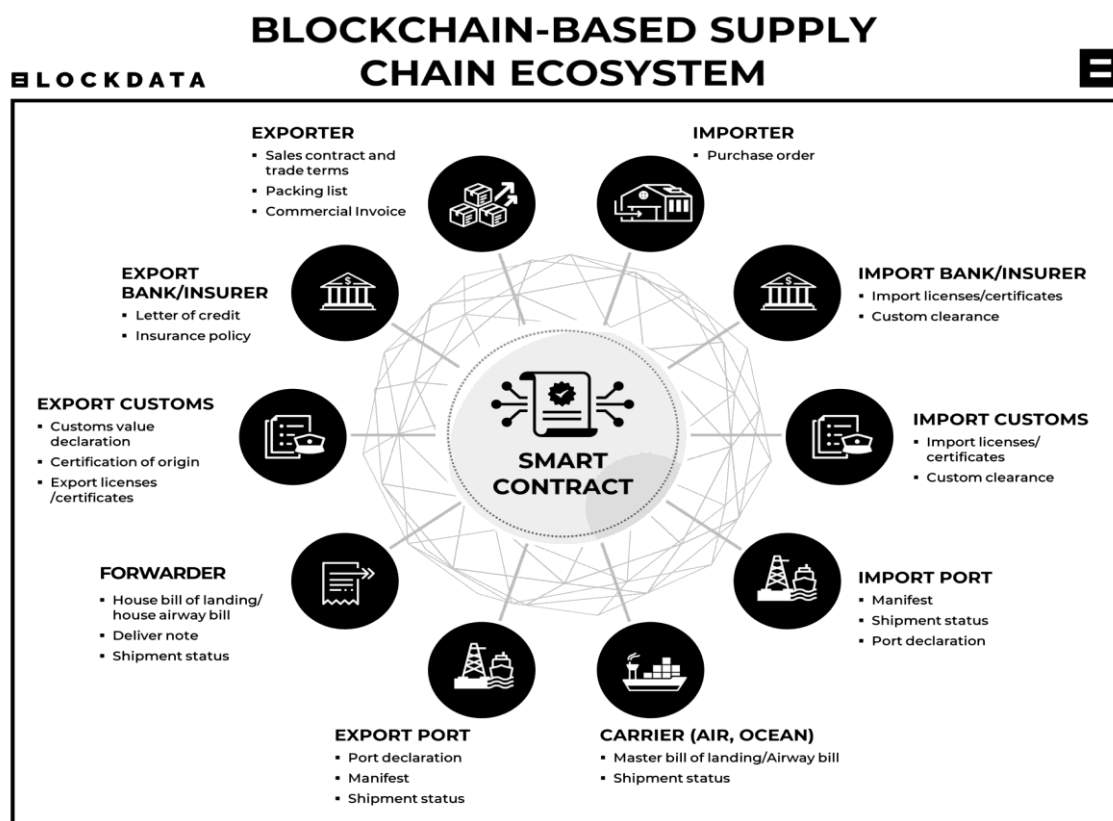
Δε γίνεται να παραλειφθεί το ζήτημα της Κυβερνασφάλειας. Με την αύξηση της ψηφιακής τεχνολογίας αυξάνεται και οι κίνδυνοι για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο μπορεί να θεωρηθεί ως ο πιο σημαντικός υποκείμενος παράγοντας που εμποδίζει την ταχεία ψηφιοποίηση. Το πρόβλημα μπορεί να αποδοθεί στις υπηρεσίες cloud και ειδικότερα στην αξιοπιστία της παροχής υπηρεσιών τους και τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας (Jovic et al., 2019; Bour et al., 2021). Καθώς περισσότερες από τις διαδικασίες της ναυτιλιακής βιομηχανίας γίνονται ψηφιακές ή/και συνδέονται με το Cloud, αυξάνεται ο πιθανός κίνδυνος παραβίασης συστημάτων. Η ψηφιοποίηση μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια, αλλά επίσης ανοίγει τους παίκτες σε ένα νέο είδος κινδύνου. Ο IMO απαιτεί από τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων να αντιμετωπίζουν πιθανούς κινδύνους στον κυβερνοχώρο στα συστήματα διαχείρισης τους έως τις αρχές του 2021, καθώς αναγνωρίζει ότι αυτός είναι

έναν τομέα ανησυχίας για τους φορείς εκμετάλλευσης σκαφών, καθώς περισσότερες επιχειρήσεις ψηφιοποιούν τις δραστηριότητές τους. Μάλιστα ο OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) ενημέρωσε τα πρωτόκολλα και τα εγχειρίδιά του με στόχο τη συμπερίληψη κανόνων σχετικά με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο σε συνάρτηση με τις τάσεις της βιομηχανίας και των κινδύνων για την ασφάλεια. Οι λιμενικοί οργανισμοί έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν τα προκαταρκτικά σχέδια καθοδήγησης τους για κυβερνοεπιθέσεις. Αναφορικά με την αξιολόγηση κινδύνου είναι σημαντικό να γίνεται απογραφή των υφιστάμενων συσκευών, υποδομών, δεδομένων και διαδικασιών για τις κρίσιμες λιμενικές λειτουργίες. Τα σχέδια προετοιμασίας για απειλές στον κυβερνοχώρο πρέπει να ενημερώνονται τακτικά σχετικά με τους κινδύνους που είναι δυνατόν να στοχευθούν στα λιμενικά συστήματα, τον τρόπο εντοπισμού των εν λόγω κινδύνων, τις ενέργειες που πρέπει να γίνονται μετά την ανίχνευση. Υπάρχουν συμβάσεις και συνθήκες συμπεριλαμβανομένων των SOLAS, ISM και ISPS οι οποίες εστιάζουν στην ασφάλεια αλλά και την τυποποίηση της διαχείρισης της ασφάλειας πλοίων και λιμένων που εκδίδονται από τον ρυθμιστικό φορέα IMO. Παρόλα αυτά, έχει παράσχει περιορισμένες οδηγίες για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Η ευρωπαϊκή οδηγία για την ασφάλεια δικτύων και πληροφοριών (NIS) εφαρμόζεται σε ευρωπαϊκούς λιμένες που αποτελούν μέρος του Διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών, αφήνοντας ορισμένα λιμάνια εκτός του καθήκοντος αναφοράς. Επιπλέον, ο ρόλος του εθνικού κέντρου κυβερνοασφάλειας έχει γίνει πιο σημαντικός σε ότι αφορά στην καθοδήγηση αλλά και τη διαχείριση διαδικασιών. Ακόμη, στην κυβερνοασφάλεια έχουν επικεντρωθεί και ρυθμιστικές αρχές του δημόσιου τομέα. Πιο συγκεκριμένα, το έτος 2018, μέσω ενός διατάγματος της ΕΕ αναπτύχθηκε ένα πλαίσιο σε ότι αφορά στην ασφάλεια δεδομένων του πυρήνα του Διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών για λιμένες. Υπό αυτό το πλαίσιο, τα θέματα ασφάλειας επρόκειτο να αντιμετωπίσουν μια κλασική πρόκληση τεχνολογικής σύγκλισης ή απόκλισης. Οι ταξινομήσεις πληροφοριών απαιτούν κατάλληλα μέτρα διασφάλισης και ο εκ των προτέρων προγραμματισμός είναι το κλειδί της επιτυχίας (Brunila et al., 2021). Τα δεδομένα και τα συστήματα, είτε είναι σε κλειστά, δημόσια είτε υβριδικά clouds, μπορούν να επιφέρουν εντελώς νέους τρόπους οργάνωσης της εργασίας στα λιμάνια αυξάνοντας τόσο την αποδοτικότητα όσο και την παραγωγικότητα. Επιπροσθέτως,

επιφέρουν κίνδυνο εξωτερικής πρόσβασης στην περίπτωση που οι κατάλληλες προφυλάξεις για τον περιορισμό των προσβάσεων δεν έχουν ενημερωθεί. Οι λειτουργίες εντός της υποδομής είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε κυβερνοεπιθέσεις και κατ' επέκταση ενδέχεται να μπαίνουν στο στόχαστρο εγκληματιών. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στους φορείς εκμετάλλευσης λιμένων, καθώς είναι συχνά λιγότερο προετοιμασμένοι για τέτοιου είδους επιθέσεις στον κυβερνοχώρο συγκριτικά με τα ίδια τα λιμάνια (Barreto et al., 2017). Στην πράξη, οι απειλές για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο στα λιμάνια μπορεί να περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, ενέργειες που είναι επιβλαβείς για τα επιχειρησιακά δεδομένα. Μια κυβερνοεπίθεση που εκτελείται με ακρίβεια είναι δυνατόν να αποκτήσει ακόμη και πρόσβαση ώστε να κυβερνήσει ένα πλοίο, να αποκτήσει πρόσβαση σε περιορισμένα δεδομένα αλλά και να αναλάβει τον έλεγχο των λιμενικών λειτουργιών (Alcaide & Llave, 2020). Οι επιθέσεις στα λιμάνια μπορεί να καταστούν επιτυχείς αν υπάρχει ανεπαρκής ετοιμότητα για επιθέσεις στον κυβερνοχώρο, έλλειψη αρχείων καταγραφής και παρακολούθησης για γρήγορη ανίχνευση παραβιάσεων και παλιές εκδόσεις λογισμικού.

Συνδυαστικά, ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους η ναυτιλιακή βιομηχανία δεν έχει ψηφιοποιηθεί τόσο γρήγορα όσο άλλες βιομηχανίες είναι λόγω του αισθήματος δυσπιστίας κατά την κοινή χρήση δεδομένων. Η μετάβαση των αναλογικών διαδικασιών σε ψηφιακά οδηγεί φυσικά σε δεδομένα που παράγονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία πιο εύκολα. Οι ναυτιλιακές εταιρείες ανησυχούν ότι η κοινή χρήση των δεδομένων τους θα τους φέρει σε μειονεκτική θέση σε μια ανταγωνιστική επιχείρηση που έχει ήδη άπαχα περιθώρια κέρδους και αργή αναμενόμενη ανάπτυξη. Οι χειριστές σκαφών δεν έχουν εμπιστοσύνη σε οργανισμούς που μοιράζονται εμπιστευτικά δεδομένα ή κλέβουν τα δεδομένα τους για να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Ακόμη και η διαφάνεια των δεδομένων μπορεί να γίνει ζήτημα, στην περίπτωση που οι ανταγωνιστικές εταιρείες υποχρεούνται να μοιράζονται δεδομένα σε ένα επιχειρηματικό οικοσύστημα (Gunes et al., 2021). Επιπλέον, ζητήματα που σχετίζονται με την ιδιοκτησία των πληροφοριών και τους εφαρμοστέους κανόνες και διαδικασίες συχνά οδηγούν σε μια κατάσταση κατά την οποία οι ίδιες πληροφορίες συλλέγονται πολλές φορές από διαφορετικά μέρη. Η έλλειψη ανταλλαγής πληροφοριών οδηγεί σε λειτουργικά σημεία

συμφόρησης και μειώνει την αποτελεσματικότητα. Η χρήση της τεχνολογίας blockchain έχει προωθηθεί ως ένας πιθανός τρόπος για την καταπολέμηση αυτού του φόβου για την ασφάλεια των δεδομένων. Το blockchain λειτουργεί εν μέρει με τη χρονοσήμανση συναλλαγών ή «μπλοκ» προσθέτοντας μια σειρά μοναδικών χαρακτήρων (γνωστό ως «hash») και συνδέοντάς το με προηγούμενες συναλλαγές που δεν μπορούν να αλλάξουν και είναι άθραυστα. Τα δεδομένα δεν μπορούν εύκολα να αλλάξουν μέσα στο blockchain και είναι ανιχνεύσιμα σε κάθε βήμα, επομένως είναι ένας πολύ ασφαλής τρόπος κοινής χρήσης ευαίσθητων δεδομένων.



Εικόνα 7: Blockchain in Shipping / Available at: <https://www.cbinsights.com/research/blockchain-trade-finance-2022/>

Επιπροσθέτως, η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση αποκεντρωμένων και διαφανών λύσεων βάσεων δεδομένων. Το κύριο πλεονέκτημα είναι η εξαιρετικά αξιόπιστη επαλήθευση της τεκμηρίωσης σε διάφορες φάσεις μέσα σε μια αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό αυξάνει την ιχνηλασιμότητα των μεταφορών και βοηθά τις

διαδικασίες αυτοματοποίησης, όπως παραδείγματος χάριν στις πληρωμές μέσω εφαρμογών έξυπνων τηλεφώνων. Τα κοινωνικά οφέλη είναι προφανή καθώς η υψηλή ιχνηλασιμότητα καθιστά δυσκολότερη την κακή συμπεριφορά. Γενικά, η διαλειτουργικότητα και η αξιοπιστία είναι καθοριστικοί παράγοντες για το εάν τα blockchain θα υιοθετηθούν εκτενώς στις λειτουργίες ή όχι. Αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στον τρόπο με τον οποίο τα λιμάνια θα αντιδράσουν και θα δημιουργήσουν τα δικά τους συστήματα διαχείρισης δεδομένων (Brunila et al., 2021).

Εντός αυτού του πλαισίου, η νομοθεσία είναι το πιο αποτελεσματικό κίνητρο για την εισαγωγή νέων ψηφιακών λύσεων που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα και την ασφάλεια. Δια μέσω της νομοθεσίας περιορίζονται οι επιπτώσεις αντίστασης απέναντι στην ψηφιοποίηση. Η τρέχουσα κλίμακα για τον έλεγχο και τη μέτρηση των εκπομπών δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί χωρίς ψηφιακές λύσεις. Αυτό είναι ένα πρόσφατο παράδειγμα όπου ο κανονισμός έχει αξιοποιήσει την ψηφιοποίηση ως ένα μέσο αλλαγής και όχι ως στόχο από μόνο του. Τόσο η νομοθεσία της ΕΕ όσο και η εθνική νομοθεσία ρυθμίζουν τις λιμενικές δραστηριότητες, οι οποίες ορίζουν διάφορα οικονομικά κίνητρα. Τα ρυθμιστικά μέσα περιλαμβάνουν τη δικαιοδοσία, τα νομοθετικά διατάγματα, τους περιορισμούς και τις άδειες (Kuronen & Tapaninen, 2010). Η ρύθμιση συνιστά έναν αποτελεσματικό τρόπο προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία ψηφιοποίησης. Εντούτοις, η εφαρμογή μπορεί να είναι δαπανηρή όπως επίσης και πολύπλοκη στην εκτέλεση. Ακόμη, μπορεί να δημιουργήσει αντίσταση αντί να προωθεί την καινοτομία. Οι ψηφιακές καινοτομίες είναι πιθανό να δημιουργήσουν ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα σε θέματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, καθώς οι περιβαλλοντικές επιδόσεις μπορεί να είναι ακόμη πιο αποτελεσματικές από ό,τι απαιτούν οι τρέχοντες κανονισμοί, κάτι το οποίο απαιτεί και στρατηγική θεώρηση της μελλοντικής ανάπτυξης όταν γίνουν σημαντικές επενδύσεις στα λιμάνια και στον τομέα των μεταφορών γενικότερα. Οι πρώτοι χρήστες έχουν πλεονέκτημα έναντι άλλων στον τομέα μετά την επιβολή της νέας νομοθεσίας (Brunila et al., 2021).

Επίσης σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η συμβατότητα των λιμένων. Τα λιμάνια αποτελούν σημαντικούς τομείς μελέτης, καθώς οι μεγάλες επενδύσεις τους σε υποδομές και μηχανήματα έχουν σχεδιαστεί για να διαρκέσουν αρκετές δεκαετίες, ενώ

το IoT και άλλες ψηφιακές τεχνολογίες έχουν σημαντικά μικρότερη διάρκεια ζωής. Αυτό συνεπάγεται την ενσωμάτωση του IoT στην υποδομή του λιμένα, η οποία πρέπει να είναι σταδιακή ή και να μεταβάλλεται. Η διασυνδεσιμότητα είναι το κύριο πλεονέκτημα των τεχνολογιών IoT δεδομένου του γεγονότος, πως παρέχει προσαρμόσιμες λύσεις οι οποίες είναι δυνατόν να εφαρμόσουν την τεχνητή νοημοσύνη με απώτερο σκοπό να αποκτήσουν τη βέλτιστη λειτουργικότητα. Η αλληλεπίδραση μηχανής με μηχανή και οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες είναι το βασικό στοιχείο στην επιδίωξη για κέρδη αποδοτικότητας της ψηφιοποίησης. Τα θέματα διαλειτουργικότητας θεωρείται ότι έχουν αντίκτυπο στα ακόλουθα προβλήματα ανάπτυξης (Jovic et al., 2019):

- Τον τρόπο συλλογής και επεξεργασίας των μη επεξεργασμένων δεδομένων IoT.
- Τους τύπους δικτύου οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη μεταφορά δεδομένων.
- Τον τρόπο και τον τόπο που αποθηκεύονται τα δεδομένα. -Τον τρόπο που πραγματοποιούνται οι αναλύσεις δεδομένων.
- Τις επιπτώσεις των αναλυτικών στοιχείων.
- Τον τρόπο που εμπλουτίζονται τα αποτελέσματα με εξωτερικά δεδομένα είτε με εξωτερικά συστήματα.

Η ψηφιοποίηση επιτρέπει σε μικρότερα λιμάνια όπως επίσης και στις εταιρείες logistics να συνδέονται σε ψηφιακές πλατφόρμες και να αποτελούν το πρώτο βήμα ενός παγκοσμιοποιημένου δικτύου, γεγονός το οποίο φέρνει πλεονεκτήματα και ευκαιρίες. Ωστόσο, μπορεί να ασκεί πίεση για την έναρξη ανταγωνισμού τιμών μεταξύ των λιμένων (Brunila et al., 2021).

Ακόμη, είναι σημαντικό να τονιστεί πως η ψηφιοποίηση παρουσιάζει και δυσκολίες, ειδικά στις πρώτες φάσεις εφαρμογής της. Πιο συγκεκριμένα, δυσκολίες μπορεί να αντιμετωπιστούν όταν οι διάφοροι φορείς εκμετάλλευσης της αλυσίδας υλικοτεχνικής υποστήριξης των λιμένων, όπως άλλοι λιμένες και ναυτιλιακές εταιρείες, ψηφιοποιούν τις δραστηριότητές τους σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Αυτό είναι ιδιαίτερα προβληματικό εάν τα σχέδια συστημάτων αφορούν τομείς τεχνολογίας που αφορούν τη μεταξύ τους σύνδεση. Ειδικότερα, η μη λειτουργικότητα προκαλεί σοβαρές προκλήσεις που είναι ο δαπανηρός επανασχεδιασμός και η επανεγκατάσταση. Αυτό οδηγεί σε πρόσθετο κόστος και όχι στα επιθυμητά κέρδη απόδοσης. Για παράδειγμα, η

ανάπτυξη του IoT συνδέεται άμεσα με τεχνολογίες αισθητήρων και δίκτυα 5G. Τεχνολογικά όλος ο εξοπλισμός αλληλεπιδρά μέσω IoT και διαθέτει τα συγκεκριμένα Πρωτόκολλα Διαδικτύου (IP). Αυτό τα καθιστά ανιχνεύσιμα και αναγνωρίσιμα, δίνοντας τη δυνατότητα στην απομακρυσμένη διαχείριση μεμονωμένων συσκευών αλλά και των εφαρμογών. Τα προβλήματα στη διαλειτουργικότητα προκαλούν σοβαρά προβλήματα στην υλοποίηση, εάν οι προμήθειες δεν εκτελούνται απρόσκοπτα. Μάλιστα, αναμένει ότι ο αριθμός των συσκευών που συνδέονται με το IoT θα αυξηθεί σχεδόν εκθετικά μέχρι το έτος 2025. Επίσης, αναμένεται η συνδεσιμότητα συσκευών IP να αποτελέσει ουσιαστικό μοχλό αλλαγής στις επικοινωνίες μηχανής με μηχανή στις θύρες. Οι ολοκληρωμένες λύσεις συλλογής και διανομής δεδομένων αναμένεται να αποτελέσουν σημαντικό τομέα ανάπτυξης στο εγγύς μέλλον (Brunila et al., 2021).

Ένα ακόμη ζήτημα που αποτελεί τροχοπέδη είναι η αυτοματοποιημένη αναφορά συντήρησης που μειώνει τον ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα στη διαχείριση λειτουργιών. Στην περίπτωση των λιμανιών, οι υψηλότερες προσδοκίες αφορούν τα αυτόνομα οχήματα. Υπάρχει μια κοινωνική δυναμική σύγκρουση, καθώς οι πλήρως αυτοματοποιημένες ή εξ αποστάσεως ελεγχόμενες διαδικασίες up-downloading πιθανότατα θα προκαλέσουν αντιδράσεις στα εργατικά συνδικάτα (Bottalico, 2021). Οι λιμένες και οι εταιρείες που σχετίζονται με τους λιμένες λειτουργούν με διαφορετικό εξοπλισμό και συχνά απαιτούν διαφορετικές τεχνολογικές λύσεις. Η δημιουργία οικοσυστημάτων (digital platforms) ήταν μια απόκριση σε αυτό, επιτρέποντας καλύτερη διαλειτουργικότητα μεταξύ των κατασκευαστών παραγωγής και των εταιρειών παροχής υπηρεσιών logistics.

Επιπροσθέτως σημαντική είναι και η απαίτηση πόρων και νέας προοπτικής για τη διαχείριση και την αποθήκευση. Τόσο η διαχείριση όσο και η αποθήκευση πληροφοριών αποτελεί σε αρκετές περιπτώσεις ένα ασαφές ζήτημα στα λιμάνια. Ιδιαίτερα σε μικρά λιμάνια, ολόκληρη η διαχείριση των πληροφοριών μπορεί να γίνει μόνο από ένα άτομο και οι πόροι που διαθέτουν τις πληροφορίες δεν συντονίζονται. Συνεπώς, μπορεί να είναι διάσπαρτοι σε πολλές βάσεις δεδομένων. Η συντήρηση των πληροφοριών δεν είναι συστηματική και οι μορφές των πληροφοριών ποικίλλουν. Τα δεδομένα δεν είναι πάντα αναγνώσιμα από μηχανή, αλλά μπορούν να αρχειοθετηθούν ως αρχεία PDF και εικόνες



χάρτη. Οι πληροφορίες λιμενικής υποδομής διατηρούνται συχνά από εταιρείες υποδομής, όπως είναι παραδείγματος χάριν οι εταιρείες ύδρευσης, αντί των λιμανιών. Τα συστήματα πληροφοριών που παρέχονται από διαφορετικούς χειριστές γενικά δεν είναι συμβατά (Brunila et al., 2021). Σε ότι αφορά στις συναλλαγές που λαμβάνουν χώρα μέσω Διαδικτύου και το ηλεκτρονικό εμπόριο συνδέονται με τις logistic αλυσίδες, την ανάπτυξή τους και κατά συνέπεια, με τα λιμάνια. Ίσως το πιο ορατό μέρος των εφαρμογών διαπραγμάτευσης είναι στο Mobility-as-a-Service (MaaS) που συχνά συνδέεται με λύσεις μεταφοράς καταναλωτών. Οι κύριες προκλήσεις δεν συνδέονται άμεσα με τις ψηφιακές τεχνολογίες αυτές καθαυτές, αλλά συνδέονται περισσότερο με την αποθήκευση και τη διακίνηση φυσικών αγαθών, κάτι το οποίο απαιτεί ευελιξία και έγκαιρες συμφωνίες συνεργασίας μεταξύ κορυφαίων εταιρειών μεταφορών και εταιρειών ηλεκτρονικού εμπορίου (Wang et al., 2021). Τα ψηφιοποιημένα λιμάνια ως hotspot logistics επωφελούνται από πολλές θετικές συνθήκες, καθώς βελτιώνουν τη διαφάνεια της αλυσίδας μεταφορών και τη διαχείριση, κάτι το οποίο θα έχει θετικό αντίκτυπο στους χρόνους μεταφοράς. Η εμφάνιση της τεχνολογίας blockchain βελτιώνει τη μεταφορά, την αξιοπιστία και την ασφάλεια των ηλεκτρονικών συμφωνιών και εγγράφων. Αυτό και πάλι επιταχύνει τόσο τις χρηματοοικονομικές όσο και τις υλικές ροές και μειώνει τον αριθμό των διαμεσολαβητών στην αλυσίδα και έτσι μειώνει το κόστος. Για τους λιμένες, τα επακόλουθα οφέλη εμφανίζονται ως πιο αποτελεσματική ροή που μειώνει την πίεση για την εδραίωσή της δυναμικής τους. Για παράδειγμα, ακόμη και στα μεγαλύτερα λιμάνια οι όγκοι φορτίου πρέπει να συσχετίζονται με το μέγεθος της επένδυσης στον αυτοματισμό και τη ρομποτική προκειμένου να είναι οικονομικά βιώσιμοι (Witkowski, 2017). Ένας θεμελιώδης στόχος της ψηφιοποίησης είναι η βελτίωση της σχέσης κόστους αποτελεσματικότητας, που σημαίνει ότι θα πρέπει να επιφέρει πιο αποτελεσματικές ροές εργασίας και παραγωγικότητα και συνεπώς να προκαλέσει μείωση του κόστους.

Εν κατακλείδι υπάρχουν πολλά οφέλη και προκλήσεις στον ψηφιακό ναυτιλιακό κλάδο. Αυτή τη στιγμή, φαίνεται ότι η αντίσταση στην ψηφιακή μετάβαση καθυστερεί το αναπόφευκτο. Εάν όλοι οι κρίκοι της αλυσίδας εφοδιαστικής ψηφιοποιήσουν και μοιραστούν τα απαραίτητα δεδομένα, η ναυτιλία θα γίνει μια πολύ πιο αποτελεσματική και κερδοφόρα διαδικασία από την οποία ωφελούνται όλοι. Αν και μπορεί να είναι

επικίνδυνο, η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει να ψηφιοποιηθεί, να εργαστούν όλοι μαζί και να μοιραστούν τα δεδομένα τους με τη βιομηχανία για να επωφεληθούν όλοι από την ψηφιοποίηση.

## **5. Case Study: Πώς καθορίζονται οι λειτουργίες μιας ναυτιλιακής εταιρείας βασισμένη σε μια Ψηφιακή Πλατφόρμα.**

Οι ναυτιλιακές εταιρείες είναι ένας από τους σημαντικότερους συνδετικούς κρίκους για το παγκόσμιο εμπόριο. Όμως τα ψηφιακά επιχειρηματικά μοντέλα δεν αποτελούν βασικό κομμάτι της ναυτιλιακής επιχειρηματικότητας και αυτό εκδηλώνεται τόσο στην στρατηγική και τις δραστηριότητες μεγάλων εταιριών, οι οποίες έχουν κατά τα λοιπά υποδειγματική ψηφιακή στρατηγική, όσο και στην περίπτωση των μεσαίου και μικρού μεγέθους ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Εν μέσω της ταχείας παγκοσμιοποίησης και ψηφιοποίησης του κόσμου και του διεθνούς εμπορίου, οι περισσότερες ναυτιλιακές εταιρείες δεν έχουν βελτιστοποιήσει τις δραστηριότητές τους, κάτι που τους επιτρέπει να βελτιώνουν την απόδοση τους και να συμβαδίζουν με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, να αποτρέπουν επικίνδυνες καταστάσεις και να έχουν το μέγιστο δυνατό κέρδος, που αποτελεί και κύριο σκοπό τους.

Αναλυτικότερα η ναυτιλία ιεραρχεί και εστιάζει στις κερδοφόρες ναυλώσεις πλοίων, στην ασφαλή και αποδοτική λειτουργική διαχείριση πλοίων και ταξιδιών, στις αποδοτικές ως προς το κόστος προμήθειες. Η διαχείριση του συνόλου των παραπάνω λειτουργιών – τόσο πλοίου όσο και γραφείου – υποστηρίζονται σημαντικά από πληροφοριακά συστήματα, τα οποία έχουν αξιοποιήσει όλες τις διαδοχικές γενιές τεχνολογίας πληροφορικής και επικοινωνιών, αντίστοιχα με άλλες βιομηχανίες.

Ομοίως, στην καθημερινή πρακτική των μεγάλων ναυτιλιακών επιχειρήσεων αξιοποιούνται ήδη πολλές από τις νέες ψηφιακές τεχνολογίες, δηλαδή συλλογή, επεξεργασία δεδομένων πραγματικού χρόνου και μεγάλου όγκου, και αντίστοιχα η υποστήριξη αποφάσεων που σχετίζονται με τη διαχείριση στόλου και πλοίων ή τις εμπορικές λειτουργίες. Συνεπώς η ναυτιλιακή στρατηγική εξακολουθεί να

διαμορφώνεται με την κυρίαρχη αντίληψη του «αναλογικού» υποδείγματος, όπου δηλαδή η σημασία της ψηφιακής τεχνολογίας είναι σχετικά περιορισμένη.

Στην ναυτιλία εφαρμόζονται, κατά κανόνα, ψηφιακές στρατηγικές «slow followers», οι επιχειρήσεις ακολουθούν, αντιδρούν αργά και “μιμούνται” καινοτομίες άλλων, κυρίως με κίνητρο τη μείωση στα κόστη. Οι επενδύσεις σε κάθε μορφής τεχνολογία προκρίνονται όταν αξιολογείται ότι αυτή αποδίδει, με στενότερους όρους κόστους-οφέλους, και όταν πλέον παράγεται και προσφέρεται από την αγορά προμηθευτών ναυτιλιακού εξοπλισμού.

Πώς θα λειτουργούσε όμως μια ναυτιλιακή εταιρεία αν βασιζόταν για τις καθημερινές, αλλά και για τις πιο σύνθετες, διαδικασίες της σε ένα σύστημα βασισμένο σε μια ή περισσότερες ψηφιακές πλατφόρμες; Τι θα γινόταν αν ο στόλος της ναυτιλιακής εταιρείας ήταν εξοπλισμένος με αισθητήρες, κάνοντας χρήση ψηφιακών διδύμων;

Συνηθίζεται οι πάροχοι Marine Digital Platforms να προσφέρουν «πακέτα» ανάλογα με τις ανάγκες και την επιθυμία του εκάστοτε πελάτη τους. Για την ανάλυση όμως της παρούσας διπλωματικής θα παρουσιαστεί ένα σενάριο, σύμφωνα με το οποίο μια ναυτιλιακή εταιρεία κάνει χρήση όλων των πιθανών δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει μια ψηφιακή πλατφόρμα. Επίσης, θα εξεταστεί και το ενδεχόμενο να υπάρξει κάποιο κάλυμα κατά τη χρήση της ψηφιακής πλατφόρμας και πώς αυτό θα επηρεάσει τις λειτουργίες της ναυτιλιακής εταιρείας, καθώς και πόσο εύκολο θα είναι να αντιμετωπιστεί.

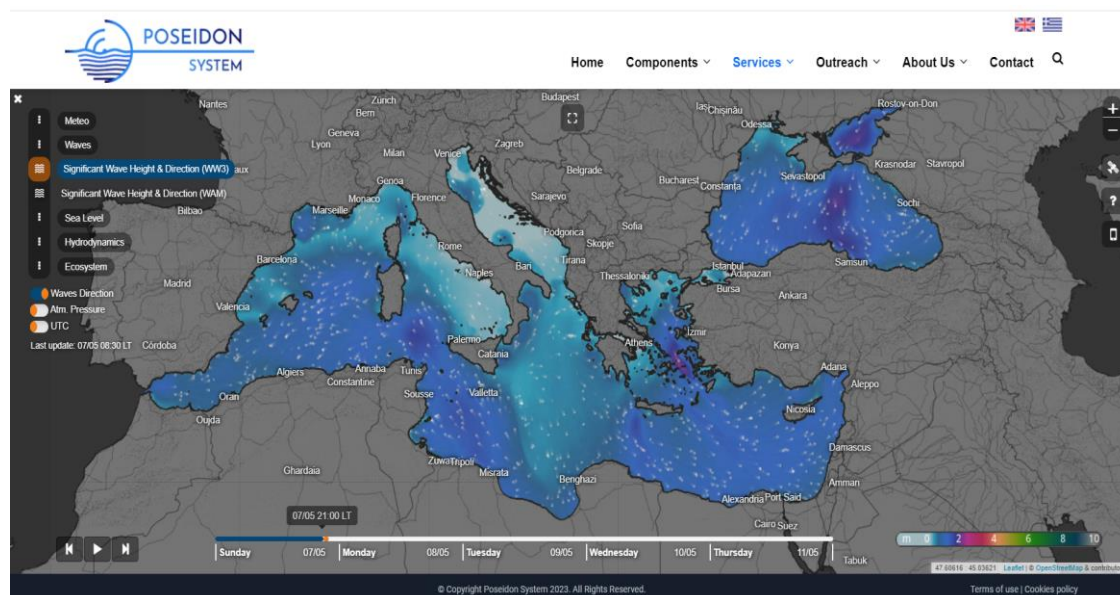


Εικόνα 8: Γενική εικόνα λειτουργίας μια ψηφιακής πλατφόρμας // Available at: <https://www.stratumfive.com/podium/>

Αρχικά κύριο και πρωταρχικό στάδιο για τη χρήση τέτοιου είδους πλατφορμών είναι η εγκατάσταση ενός υλικού εξοπλισμού επί του ή των πλοίων τα οποία διαχειρίζεται η ναυτιλιακή εταιρεία. Ο εξοπλισμός υλικού που θα είναι εγκατεστημένος στο πλοίο έχει ως σκοπό να συγκεντρώνει όλα τα απαραίτητα δεδομένα με χρήση τηλεμετρίας. Ουσιαστικά πρόκειται για μια ψηφιακή «γέφυρα» μεταξύ πλοίου και γραφείου. Θα υπάρχει δηλαδή ένα δίδυμο πλοίο σε ψηφιακή μορφή «μέσα» στο ναυτιλιακό γραφείο και η πληροφόρηση θα είναι σε real time.

Μία από τις κύριες παρεχόμενες υπηρεσίες μιας ψηφιακής πλατφόρμας είναι ο έγκαιρος εντοπισμός πιθανών βλαβών επί του πλοίου. Ο εξοπλισμός που αναφέρθηκε παραπάνω καθιστά δυνατή την πρόβλεψη με υψηλή ακρίβεια της πιθανής βλάβης στο πλοίο καθώς και την καταγραφή των τμημάτων που θα χρειαστούν συντήρηση. Δηλαδή στο προαναφερθέν ψηφιακό δίδυμο θα εντοπίζονται και θα υποδεικνύονται αυτόματα οι βλάβες. Όταν συμβαίνουν βλάβες κατά τη διάρκεια του πλου, υπάρχει κίνδυνος καθυστέρησης λόγω της επισκευής ή του υψηλού κόστους των ανταλλακτικών σε λιμάνια όπου δεν υπάρχουν αξιόπιστοι προμηθευτές. Η προγνωστική συντήρηση μπορεί να ειδοποιήσει το προσωπικό του πλοίου για ένα μηχάνημα που πιθανώς να παρουσιάσει βλάβη πολύ νωρίτερα. Η έγκαιρη ενημέρωση για προμήθεια ανταλλακτικών δίνει το προβάδισμα στα άτομα του γραφείου να κάνουν έρευνα αγοράς, να λάβουν αξιόλογες προσφορές και να καταλήξουν στην καλύτερη επιλογή χωρίς πίεση.

Μία ακόμη υπηρεσία των Digital Platforms είναι το «Weather & Sea Forecasting». Αναλυτικότερα το σύστημα προγνώσεων αποτελείται από μια σειρά αριθμητικών μοντέλων που παρέχουν σε καθημερινή βάση ατμοσφαιρικές, κυματικές, υδροδυναμικές και οικοσυστημικές προβλέψεις, οι οποίες μέσω επεξεργασίας και ανάλυσης παρέχονται στους χρήστες.



Εικόνα 9: Ψηφιακή Πλατφόρμα "Poseidon System" // Available at: <https://poseidon.hcmr.gr/>

Με τη χρήση της ψηφιακής πλατφόρμας τόσο το πλοίο, όσο και το ναυτιλιακό γραφείο μπορεί να ενημερώνεται άμεσα για τις καιρικές και τις θαλάσσιες συνθήκες, επιτρέποντας έτσι τον καλύτερο σχεδιασμό των ταξιδιών του πλοίου, καθώς καθορίζονται έτσι οι βέλτιστες διαδρομές από και προς τα εκάστοτε λιμάνια. Εν ολίγοις οι διαχειριστές στόλου μπορούν να σχεδιάσουν και να βοηθήσουν το πλοίο να φτάσει στην ώρα του και να είναι ταυτόχρονα ασφαλές. Πρόκειται δηλαδή για Voyage Optimization.

Συνδυαστικά με την πρόγνωση του καιρού και των θαλάσσιων συνθηκών, το σύστημα της ψηφιακής πλατφόρμας είναι σε θέση να προβλέπει και την καλύτερη διαδρομή που παρέχει τη χαμηλότερη καθυστέρηση και τη μέγιστη οικονομία καυσίμου. Έτσι, η online παρακολούθηση του σκάφους και των εξωτερικών παραμέτρων επιτρέπει τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Αναφορικά στο ζήτημα των καυσίμων η ψηφιακή πλατφόρμα μπορεί να παρέχει και λύσεις σχετικά με την εμπορική διαχείριση των ναυτιλιακών καυσίμων. Σκοπός είναι να απλοποιηθεί η διαδικασία έρευνας και αγοράς ναυτιλιακών καυσίμων. Η πλατφόρμα είναι ικανή να εντοπίζει τις τιμές των καυσίμων σε κάθε λιμάνι παγκοσμίως, να συγκρίνει τιμές και ποιοτικά χαρακτηριστικά και να ενημερώνει τον χρήστη εγκαίρως, ώστε να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες.

Επιπροσθέτως, ο υλικός εξοπλισμός που έχει εγκατασταθεί στο πλοίο μπορεί να παρέχει πληροφορίες και να καθορίζει τις βέλτιστες προεπιλεγμένες παραμέτρους του κινητήρα (π.χ. RPM) για ένα τμήμα ή ολόκληρο το ταξίδι και να παρέχει έτσι μια νέα ETA για τις διαδρομές του πλοίου. Κατά την παρακολούθηση της απόδοσης του σκάφους, μπορεί να εντοπιστούν κάποια προβλήματα ή δυσλειτουργίες. Μέσω της συλλογής δεδομένων και την επεξεργασία αυτών, το σύστημα μπορεί να παρέχει άμεσες και λεπτομερείς αναφορές στους χρήστες. Συνεπώς το σύστημα παρακολούθησης της απόδοσης του σκάφους επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο όλων των συνδεδεμένων μηχανημάτων στο πλοίο, καθώς και την παροχή λύσεων ανάλογα με τις ειδοποιήσεις. Για παράδειγμα, με τη χρήση αισθητήρων στις δεξαμενές καυσίμων δίνεται αυτόματα ειδοποίηση στο γραφείο για την πίεση εντός των δεξαμενών, την ποσότητα καυσίμου, τη θερμοκρασία και την πυκνότητά του.

Συμπερασματικά το ηλεκτρονικό σύστημα παρακολούθησης που εγκαταστάθηκε στο πλοίο επιτρέπει στους διαχειριστές στόλου να βλέπουν το πλοίο τους στον χάρτη και να λαμβάνουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, χωρίς αναμονή για μεσημεριανές αναφορές. Οι διαχειριστές στόλου και οι πλοιοκτήτες λαμβάνουν όχι μόνο διαδικτυακές πληροφορίες σχετικά με τα ταξίδια, αλλά και μια προβολή ενός πίνακα που επισημαίνει τις κύριες παραμέτρους όλων των πλοίων του στόλου τους. Επιπλέον, λεπτομερή γραφήματα και στοιχεία απόδοσης όλου του εξοπλισμού και του εξοπλισμού επί του σκάφους είναι διαθέσιμα σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα μπορεί να διαμορφωθεί ευέλικτα, συμπεριλαμβανομένου του χρονισμού. Οι διαχειριστές στόλου έχουν πρόσβαση σε μια λειτουργία αναπαραγωγής με προβολή χάρτη για να δουν την απόδοση του σκάφους στο παρελθόν.

Ποια κωλύματα όμως μπορεί να προκύψουν και να δυσχεραίνουν τη χρήση της ψηφιακής πλατφόρμας; Πόσο θα επηρεάσει τη λειτουργία και τις διαδικασίες του πλοίου και του γραφείου η ύπαρξη ενός κωλύματος;

Ας εξετάσουμε κάθε προαναφερόμενη υπηρεσία ξεχωριστά. Αναλυτικότερα σχετικά με τον εντοπισμό βλαβών επί του πλοίου, σε περίπτωση που υπάρξει κώλυμα και δεν εντοπιστεί άμεσα η εκάστοτε βλάβη, τότε θα υπάρξει μεγάλη καθυστέρηση στην προμήθεια ανταλλακτικών με κίνδυνο την καθυστέρηση του πλου του πλοίου. Βέβαια

υπάρχει και η περίπτωση να υπάρξει κώλυμα στους αισθητήρες που υπάρχουν στο πλοίο και εντοπίζουν τις βλάβες. Είναι πιθανό να εντοπίζονται βλάβες, οι οποίες στην ουσία δεν υπάρχουν και απλά είναι σφάλμα του συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση η ναυτιλιακή εταιρεία προβαίνει σε διαδικασίες και προμήθεια ανταλλακτικών, τα οποία δεν είναι άμεσα αναγκαία και συνεπώς καταλήγει σε αχρείαστα έξοδα.

Σχετικά με το weather forecasting σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η ενημέρωση για τα καιρικά φαινόμενα και τις θαλάσσιες συνθήκες, η πλοήγηση του πλοίου γίνεται δυσκολότερη. Η ετοιμότητα του πληρώματος αναγκαστικά πρέπει να ενταθεί, καθώς δεν υπάρχει γνώση για το τι μπορεί να προκύψει. Επιπροσθέτως, δεν είναι εφικτή η εκμετάλλευση του καιρού και των θαλάσσιων ρευμάτων για εξοικονόμηση καυσίμων και συνάμα και μείωση του κόστους της ναυτιλιακής εταιρείας. Επίσης η άγνοια αυτή επηρεάζει και το ETA του πλοίου, συνεπώς οι διαδικασίες του πλοίου καθυστερούν και δεν διεξάγονται με ομαλότητα.

Το Voyage Optimization και η βελτιστοποίηση κατανάλωσης καυσίμου αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για το πλοίο και τη ναυτιλιακή εταιρεία, σε περίπτωση κωλύματος στο σύστημα της ψηφιακής πλατφόρμας. Το ναυτιλιακό γραφείο μπαίνει σε μια διαδικασία εύρεσης των καλύτερων πιθανών τιμών σχετικά με τα καύσιμα και ταυτόχρονα ενημερώνεται από το πλοίο για τα διαθέσιμα καύσιμα που υπάρχουν στο πλοίο, ώστε να γίνει παραγγελία των σωστών ποσοτήτων. Άρα και πάλι ένα κώλυμα στην σύνδεση με την ψηφιακή πλατφόρμα μπορεί να προκαλέσει επιπλέον κόστος στη διαχειρίστρια ναυτιλιακή εταιρεία.

Τέλος, σχετικά με το σύστημα επίδοσης του πλοίου, αν προκληθεί πρόβλημα σύνδεσης και live αναμετάδοσης δεδομένων σχετικά με αυτή, τότε το ναυτιλιακό γραφείο δεν είναι σε θέση να δράσει άμεσα και να δώσει λύση στα προβλήματα που πιθανώς να προκύψουν. Για παράδειγμα αν υπάρξει βλάβη στους αισθητήρες που ελέγχουν την επίδοση των κινητήρων, το ναυτιλιακό γραφείο θα είναι σε άγνοια μέχρι την επόμενη ενημέρωση που θα λάβει από το πλοίο.

Εν ολίγοις, η χρήση ψηφιακών πλατφορμών και ψηφιακών διδύμων διευκολύνει και απλουστεύει την επικοινωνία μεταξύ πλοίου-γραφείου, με αποτέλεσμα να εξοικονομείται χρόνος και κόστος. Μια διακοπή σε αυτό live streaming και



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ &

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
και Παραγωγής

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Τμήμα Ναυτιλίας και σχεδίασης  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



αναμετάδοσης πληροφοριών οδηγεί σε καθυστερήσεις επίσημες για την εκάστοτε ναυτιλιακή εταιρεία. Συνεπώς η χρήση αυτών των καινοτομιών βελτιώνει τη λειτουργικότητα των ναυτιλιακών εταιρειών και αυτές με τη σειρά τους είναι σε θέση να παρέχουν ουσιαστικότερες και πιο βελτιωμένες υπηρεσίες.



## Συμπεράσματα

Η ψηφιακή οικονομία οδήγησε σε σημαντικούς κοινωνικοοικονομικούς μετασχηματισμούς σε όλες τις πτυχές της κοινωνίας και των μέσων διαβίωσής μας. Το “digital-habitus” διαμορφώνει τις αντιλήψεις, τις επιλογές και τις επιπτώσεις των επιχειρημάτων όλων των επιχειρηματικών και θεσμικών παραγόντων της ναυτιλίας. Τόσο τα διοικητικά στελέχη, όσο και στα υψηλότερα επίπεδα οι δρώντες παίκτες αλλάζουν, με διαφορετικό χρονικό ορίζοντα και περιθώρια επιρροής.

Ο προγραμματισμός είναι το κλειδί, καθώς κάθε τεχνολογική επένδυση θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα σχέδιο που θα διασφαλίζει ότι οι ανθρώπινοι πόροι και οι δεξιότητες ταιριάζουν με την επιδιωκόμενη χρήση, έτσι ώστε η πραγματική εφαρμογή και λειτουργία αυτών των βελτιώσεων και των νέων τεχνολογιών να μπορεί πραγματικά να χρησιμοποιηθεί στον απαιτούμενο βαθμό. Στην πράξη, νέες λύσεις παράγονται και εφαρμόζονται «βήμα-βήμα» σε καθημερινή λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν παλιές και νέες διαδικασίες που εφαρμόζονται ταυτόχρονα. Τα δεδομένα από το παλιό σύστημα πρέπει να συλλέγονται, να μετασχηματίζονται και να συγχρονίζονται με το νέο σύστημα που απαιτεί γνώση και εξειδίκευση και στα δύο συστήματα (Brunila et al., 2021).

Οι ψηφιακές πλατφόρμες και τα ψηφιακά δίδυμα αποτελούν βασικά στοιχεία της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Είναι θεμελιώδεις αρχές για τους ευρύτερους κοινωνικοοικονομικούς μετασχηματισμούς που ανατρέπουν τις μακροχρόνιες κοινωνικοοικονομικές σχέσεις και είναι επιτακτική ανάγκη στις αγορές εργασίας και προϊόντων, στους τομείς των μεταφορών, της στέγασης, της υγείας και της εκπαίδευσης. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια ταχέως αναπτυσσόμενη διεπιστημονική έρευνα που εξετάζει την επίδραση της ψηφιακής πλατφόρμας και των ψηφιακών διδύμων στις διαφορετικές διαστάσεις της ανάπτυξης. Ωστόσο, η διαθέσιμη βιβλιογραφία τόσο για τις ψηφιακές πλατφόρμες, όσο και για τα ψηφιακά δίδυμα και την ανάπτυξή τους ανανεώνεται συνεχώς και εμπλουτίζεται καθημερινά με νέες έρευνες και μελέτες επί του θέματος.



Η βασική ιδέα των Digital Twins και των Digital Platforms είναι να συνδέσουν τον φυσικό και τον ψηφιακό κόσμο. Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως σκοπό να δώσει μια ευρύτερη εικόνα στο συγκεκριμένο θέμα και να παρουσιάσει τα οφέλη, τις δυσκολίες και τις εφαρμογές της ψηφιακής ανάπτυξης στο κλάδο της ναυτιλίας και των μεταφορών. Εν κατακλείδι αποτελεί ένα μικρό κομμάτι στην τεράστια «δεξαμενή» ερευνών και μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί και θα πραγματοποιηθούν, καθώς η ψηφιακή ανάπτυξη είναι ένα ζήτημα που θα απασχολήσει για πολύ καιρό ακόμα τον κλάδο της ναυτιλίας και των μεταφορών.

## Βιβλιογραφία

- *5 benefits of digital twin in the shipping industry* (no date) *Marine Digital - ML-based platform for maritime logistics*. Available at: [https://marine-digital.com/article\\_5benefits\\_of\\_digital\\_twin?fbclid=IwAR3vFUXDSrKLB4Mls3mgfLczXz6jABumG3y1fkdO3VgdCYhUNXGUwHgVBUs](https://marine-digital.com/article_5benefits_of_digital_twin?fbclid=IwAR3vFUXDSrKLB4Mls3mgfLczXz6jABumG3y1fkdO3VgdCYhUNXGUwHgVBUs).
- *A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems*. Lee, J., Bagheri, B., An. Kao, H. (2015). *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- *A Design Theory for Digital Platforms Supporting Online Communities: A Multiple Case Study*. Spagnoletti, P., Resca, A., & Lee, G. (2015, December). *Journal of Information Technology*, 30(4), 364–380.
- *ABI research: More Than 30 billion Devices Will Wirelessly Connect to the Internet of Everything in 2020*. Bay O., (2013), ABI research.
- *Balancing platform control and external contribution in third-party development: the boundary resources model*. Ghazawneh, A., & Henfridsson, O. (2012, June 6). *Information Systems Journal*, 23(2), 173–192.
- *Benefits and challenges of digitising shipping: Articles: MIS*. Jewkes, S. (2022, January 26).
- *BESTFACT Best Practice Handbook 3*. Ruesch, Martin & Bohne, Simon & Leonardi, Jacques & Permalá, Antti & Eckhardt, Jenni & Laparidou, Konstantina & Mortimer, Philip & Tumas, Maciej & Hanžič, Katja & Castay, Valerie & Tomás, Dolores & Frindik, Roland & Milotti, Alberto & Šakalys, Algirdas & Jarzemskis, Andrius & Greiciune, Laima & Huschebeck, Marcel & Lenz, Philipp & Barrera, Gabriela & Wolters, Peter. (2015).
- *BtoB reality in case study research: Challenges and new opportunities, Industrial Marketing Management*. Stefania Borghini, Antonella Carù, Bernard Cova, Volume 39, Issue 1, 2010.
- *Characterising the Digital Twin: A Systematic Literature Review, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. David Jones (2020) Elsevier.

- *Characterising the Digital Twin: A Systematic Literature Review*, David Jones. (2020, March 09).
- *Closed or open platform? The nature of platform and a qualitative comparative analysis of the performance effect of platform openness*. Wang, J.; Guo, B.; Wang, X.; Lou, S. *Electron. Commer. Res. Appl.* 2020, 44, 101007.
- *Cocreation of Value in a Platform Ecosystem! The Case of Enterprise Software*. Ceccagnoli, Forman, Huang, & Wu. (2012). *MIS Quarterly*, 36(1), 263.
- *Construction with digital twin information systems*. Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H. S., Girolami, M. (2020). Cambridge University Press, 1(2020).
- *Cyber Security Risk Assessment for Seaports: A Case Study of a Container Port*. Gunes, Bunyamin & Kayışoğlu, Gizem & Yilmaz Bolat, Pelin. (2021). *Computers & Security*.
- *Design Science in Information Systems Research. Management Information Systems Quarterly*. Hevner, Alan & R, Alan & March, Salvatore & T, Salvatore & Park, & Park, Jinsoo & Ram, & Sudha. (2004). 28. 75-.
- *Digital Platform for Maritime Port Ecosystem: Port of Hamburg Case*. Kapkaeva, N., Gurzhiy, A., Maydanova, S., & Levina, A. (2021). *Transportation Research Procedia*, 54, 909–917.
- *Digital Platform for Maritime Port Ecosystem: Port of Hamburg Case*. Kapkaeva, N., Gurzhiy, A., Maydanova, S., & Levina, A. (2021). *Transportation Research Procedia*, 54, 909–917.
- *Digital Platforms - CETMO*. (n.d.). CETMO. <https://www.cetmo.org/digital-logistics-platforms/>
- *Digital platforms and ecosystems: Remarks on the dominant organizational forms of the digital age*. Gawer, A. *Innovation* 2022, 24, 110–124.
- *Digital Platforms for Maritime Logistics Ecosystems*. Ilin, I., Maydanova, S., Dubgorn, A., & Esser, M. (2022, March 10). *Digital Platforms for Maritime Logistics Ecosystems* | SpringerLink.

- *Digital platforms: A literature review and policy implications for development.* Rossotto, C. M., Lal Das, P., Gasol Ramos, E., Clemente Miranda, E., Badran, M. F., Martinez Licetti, M., & Miralles Murciego, G. (2018, March). *Competition and Regulation in Network Industries*, 19(1–2), 93–109.
- *Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework.* Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., & Voß, S. (2017). *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, 18(2), 227–254.
- *Digital transformation in the shipping industry is here* (no date) KPMG.
- *Digital transport platforms: reality and prospects.* (2022, June 30). Digital Transport Platforms: Reality and Prospects - ScienceDirect.
- *Digital Transport Platforms: Reality and prospects.* Tatiana Gaponenko (2022, June 30).
- *Digital Twin of the month: ‘twinning’ the W16 engine - IBM.* (n.d.).
- *Digital twin technology to improve port operations. Port of Rotterdam Roadmap and use-case.* (n.d.). Digital Twin Technology to Improve Port Operations. Port of Rotterdam Roadmap and Use-case. <https://innovacion.apba.es/digital-twin-technology-to-improve-port-operations-port-of-rotterdam-roadmap-and-use-case/>
- *DIGITAL TWINS AT WORK IN MARITIME AND ENERGY.* Smogeli. (2017, February).
- *Digital Twins: Ο αυτοματισμός στην 4Η Βιομηχανική Επανάσταση (industry 4.0).* (n.d.).
- *Digitalization in the maritime industry - DNV.* (n.d.). DNV. <https://www.dnv.com>
- *Digitization in ports: application of digital twins to complex logistics.* (2022). In [www.cepal.org/transporte](http://www.cepal.org/transporte).
- *DigitSense: Digitsense - your digital product innovator.* (n.d.). Retrieved from <https://digit-sense.com/>.
- *Dimensions of Digital Twin Applications - A Literature Review* (no date).
- *Economic incentive-based solution against distributed denial of service attacks for IoT customers.* Adat, V., Dahiya, A., Gupta, B. B. (2018). IEEE International Conference on Consumer Electronics (IEEE ICCE 2018), Las Vegas, NV, 2158-4001.

- *Efficient IoTbased sensor BIG Data collection-processing and analysis in smart buildings.* Plageras, A., Psannis, K., Stergiou, C., Wang, H. Gupta, B., B., (2017). *Future Generation Computer Systems*, 82, 349-357.
- *Exploring Material-Discursive Practices.* Orlikowski, W. J., & Scott, S. V. (2014, December 28). *Journal of Management Studies*, 52(5), 697–705.
- *From simulation to experimentable digital twins: Simulation-based development and operation of complex technical systems.* Schluse, M., & Rossmann, J. (2016, October). *2016 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE)*.
- *Hindrances in port digitalization? Identifying problems in adoption and implementation.* Brunila, Olli-Pekka & Kunnaala-Hyrkki, Vappu & Inkinen, Tommi. (2021). *European Transport Research Review*.
- *How digitalized interactive platforms create new value for customers by integrating B2B and B2C models? An empirical study in China.* He, J.; Zhang, S. J. *Bus. Res.* 2022, 142, 694–706.
- *How open is this platform? The meaning and measurement of platform openness from the complementers' perspective.* Benlian, A.; Hilkert, D.; Hess, T. J. *Inf. Technol.* 2015, 30, 209–228.
- *Industry Platforms and Ecosystem Innovation.* Gawer, Annabelle & Cusumano, Michael. (2014). *Journal of Product Innovation Management*. 31.
- *Institutional pioneers and articulation work in digital platform infrastructure-building.* Palmer, M., Toral, I., Truong, Y., & Lowe, F. (2022, March). *Journal of Business Research*, 142, 930–945.
- *Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management.* Witkowski, K. (2017). *Procedia Engineering*, 182, 763–769.
- Kosiek, Julia & Kaizer, Adam & Salomon, Adam & Sacharko, Agnieszka. *Analysis of Modern Port Technologies Based on Literature Review. Analysis of Modern Port Technologies Based on Literature Review. Analysis of Modern Port Technologies Based on Literature Review.* (2021). *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*.

- *Leveraging Industrial IoT Platform Ecosystems: Insights from the Complementors' Perspective.* Pauli, Tobias & Marx, Emanuel & Matzner, Martin. (2020).
- *Mission, vision, and strategy | Port of Rotterdam.* (2021, May 11). Port of Rotterdam. <https://www.portofrotterdam.com/en/about-port-authority/mission-vision-and-strategy>
- *Multihoming Users' Preferences for Two-Sided Exchange Networks.* Koh, T. K., & Fichman, M. (2014, April 4). *MIS Quarterly*, 38(4), 977–996.
- *Open Digital Platform Features.* (2023, April 19). Singapore Government Developer Portal.
- *Platform dynamics and strategies: From products to services.* Gawer, A. *Platf. Mark. Innov.* 2009, 45, 57.
- *Platform Evolution: Coevolution of Platform Architecture, Governance, and Environmental Dynamics.* Tiwana, A., Konsynski, B., & Bush, A. A. (2010, December). *Information Systems Research*, 21(4), 675–687.
- *Port Digitalization with Open Data: Challenges, Opportunities, and Integrations.* (2022, December 31). Port Digitalization with Open Data: Challenges, Opportunities, and Integrations - ScienceDirect.
- *Poseidon System* // <https://poseidon.hcmr.gr/>
- *Recent trends in application of shell waste from mariculture.* Jovic, Mihajlo & Mandic, Milica & Sljivic-Ivanovic, Marija & Smičiklas, Ivana. (2019). 32. 47-62.
- *Research on Logistics Distribution Vehicle Scheduling Based on Heuristic Genetic Algorithm.* Wang, C. L., Wang, Y., Zeng, Z. Y., Lin, C. Y., & Yu, Q. L. (2021, August 30). *Complexity*, 2021, 1–8.
- *Simulation-based digital twins for business: industry-related case studies.* (2023, January 26). Simulation-based Digital Twins for Business: Industry-related Case Studies – AnyLogic Simulation Software.
- *Smart port: a systematic literature review - European Transport Research Review.* Belmoukari, B., Audy, J. F., & Forget, P. (2023, March 9). SpringerOpen.

- *Smart port-hinterland integration: Conceptual proposal and simulation-based analysis in Brazilian ports.* Frazzon, E. M., Constante, J. M., Triska, Y., Dos Santos Albuquerque, J. V., Martinez-Moya, J., De Souza Silva, L., & Valente, A. M. (2019). *International Journal of Integrated Supply Management*, 12(4), 334–352.
- *Study on container terminal virtual reality system based on component technology, in 2010 2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics.* CHANG, D., MI, W., LU, H., 2010. IEEE, Wuhan, China, pp. 299–302.
- *Sustainable business model based on digital twin platform network: The inspiration from haier's case study in China.* Li, X., Cao, J., Liu, Z., Luo, X. (2020). *Sustainability (Switzerland)*, 12(3), 1-26.
- *The current state of maritime digital twin solutions – Thetius.* Brunton, L. (2021, September 30).
- *The digital platform: a research agenda.* De Reuver, M., Sørensen, C., & Basole, R. C. (2017, June). *Journal of Information Technology*.
- *The impact of shipping 4.0 on controlling shipping accidents: A systematic literature review.* Arash Sepehri. *Shipping, A.* (2021, November 18).
- *The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research.* Yoo, Y., Henfridsson, O., & Lyytinen, K. (2010, December). *Information Systems Research*, 21(4), 724–735.
- *Towards shipping 4.0. A preliminary gap analysis, Procedia Manufacturing.* Giuseppe Aiello a et al. (2020) Elsevier.
- *What is a digital twin? | IBM.* (n.d.). What Is a Digital Twin? | IBM. <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-tw>
- *ZeroNorth* // <https://zeronorth.com/press/integrated-weather-routing-press-release>