



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Θέμα:**

**ΝΑΥΤΙΛΙΑ 4.0, Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ**

---

**SHIPPING 4.0, ITS IMPACT ON NAVIGATION SYSTEMS**

**Δημήτριος Αρσενόπουλος(Α.Μ.: ΔΛΜ-20-002)**

**Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Τσότσολας**

**Αθήνα**

**Μάιος 2023**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Δημήτριος Αρσενόπουλος του Γεωργίου με αριθμό μητρώου ΔΛΜ-20-002 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων του Τμήματος του Τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών & Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

Ο δηλών Φοιτητής  
  
ΑΡΣΕΝΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

## Μέλη Τριμελούς Επιτροπής

1. Νικόλαος Τσότσολας

2. Φαίδων Κομισόπουλος

3. Μπινιώρης Σπυρίδων

*Στην Οικογένεια μου*

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα πρώτα να ευχαριστήσω τον Διευθυντή του μεταπτυχιακού προγράμματος Μπινιώρη Σπυρίδωνα καθηγητή, που με ενθάρρυνε να ακολουθήσω το συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών καθώς και το σύνολο των καθηγητών που μου μετέδωσαν τις γνώσεις τους.

Οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, στον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Τσότσολα Νικόλαο, που με ενθάρρυνε και με παρότρυνε να εμβαθύνω στο θέμα που είχα επιλέξει καθώς σχετιζόταν άμεσα με τα επαγγελματικά μου ενδιαφέροντα. Οι υποδείξεις του και οι διορθώσεις του ήταν σημαντικές και βασίζονταν στο άρτιο επιστημονικό του υπόβαθρο.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που ήταν δίπλα μου σε όλη την διάρκεια παρακολούθησης του μεταπτυχιακού προγράμματος και με στήριζαν ηθικά να συνεχίσω. Για αυτό το λόγο, αφιερώνω την διπλωματική μου εργασία στην οικογένεια μου.

## Περίληψη

Η ψηφιοποίηση και ο ψηφιακός μετασχηματισμός αποτελεί σήμερα ένα σημαντικό ζήτημα, ιδιαίτερα στην ναυτιλιακή και λιμενική βιομηχανία. Δημιουργεί νέα τεχνολογικά θεμέλια αλλά και ζητήματα για τις παραγωγικές διαδικασίες και τις δυνατότητες παραγωγής, την επιχειρηματική οργάνωση και την ανάπτυξη εμπορικής και οικονομικής δραστηριότητας σε περιφερειακό και διεθνές επίπεδο. Η τέταρτη τεχνολογική ή βιομηχανική επανάσταση δημιουργεί ένα μείγμα παραγόντων που επιδρούν καθοριστικά στους τρόπους που σήμερα παράγονται και προσφέρονται οικονομικά αγαθά και υπηρεσίες. Από την θεωρητική ανάλυση προκύπτει ότι, η νέα τεχνολογική επανάσταση και το πλαίσιο της Ναυτιλίας 4.0, οδηγούν στο μετασχηματισμό βασισμένο στις νέες τεχνολογίες, όπου αλλάζει ριζικά την ναυτιλιακή και λιμενική βιομηχανία. Τα πλεονεκτήματα που παρέχει πλειοψηφούν στα όποια μειονεκτήματα ή κινδύνους. Ωστόσο, για τις πιθανές επιπτώσεις (κοινωνικές, οικονομικές, ατομικές) θα είναι θετικές, εφόσον οι εμπλεκόμενοι στον ναυτιλιακό κλάδο (επιχειρήσεις, εργαζόμενοι, οργανισμοί/φορείς, ακαδημαϊκή κοινότητα, κατασκευαστική κοινότητα/ναυπηγεία, επιχειρήσεις/όμιλοι ψηφιακής βιομηχανίας).

**Λέξεις Κλειδιά** –Ναυτιλία 4.0, ψηφιακός μετασχηματισμός, συστήματα πλοήγησης, τέταρτη βιομηχανική επανάσταση

## **Abstract**

Digitalization and digital transformation is an important issue today, particularly in the maritime and port industry. It creates new technological foundations and issues for production processes and capabilities, business organization and the development of commercial and economic activity at regional and international level. The fourth technological or industrial revolution is creating a mix of factors that are having a decisive impact on the ways in which economic goods and services are currently produced and provided. The theoretical analysis shows that the new technological revolution and the Maritime 4.0 framework are leading to a transformation based on new technologies, which is radically changing the shipping and port industry. The advantages it provides outweigh any disadvantages or risks. However, for the potential impacts (social, economic, individual) will be positive, provided that the stakeholders in the maritime industry (companies, employees, organizations/operators, academia, construction community/ shipyards, digital industry companies/groups).

**Keywords** - Shipping 4.0, digital transformation, navigation systems, navigation systems, fourth industrial revolution

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

Ευχαριστίες	5
Περίληψη / Abstract	6
Λίστα Περιεχομένων	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10

### **ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

1.1	Εισαγωγικό και Ιστορικό Πλαίσιο	12
1.2	Τεχνολογικό Υπόβαθρο	19
1.3	Προκλήσεις της νέας Επανάστασης	24
1.4	Ναυτιλία υπό το πρίσμα της νέας Επανάστασης	24
1.5	Έξυπνη Ναυτιλία	29
1.6	Αυτόνομη Ναυτιλία	33

### **ΔΕΥΤΕΡΟΚΕΦΑΛΑΙΟ ΝΑΥΤΙΛΙΑ 4.0**

2.1	Ψηφιοποίηση (Digitalization) στην Ναυτιλία	43
2.2	Πλαίσιο Ναυτιλίας 4.0	45
2.3	Επιχειρηματική Πλευρά της Ναυτιλίας 4.0	50
2.4	Μελλοντικές Εξελίξεις	53

### **ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ**

3.1	Ιστορικό Πλαίσιο	56
3.2	Επαναστατικές Αλλαγές	62
3.3	Νέα Συστήματα Υποβοήθησης της Πλοήγησης	65
3.4	Ενοποιημένα Συστήματα Γέφυρας	90
3.5	Το Πλαίσιο της Ηλεκτρονική Πλοήγησης	92

### **ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ**

4.1	Συνέπειες στην Οικονομία και Αγορά	100
-----	------------------------------------	-----



4.2	Συνέπειες στην Κοινωνία	105
4.3	Συνέπειες στην Ναυτιλιακή και Λιμενική Βιομηχανία	108
4.4	Συνέπειες στον Ανθρώπινο Παράγοντα	111
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	114
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	116

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ναυτιλιακή και λιμενική βιομηχανία διαχρονικά γίνονταν δέκτης των τεχνολογικών εξελίξεων και εφευρέσεων. Σήμερα, οι ψηφιακές τεχνολογίες που θα αλλάξουν με ραγδαίους ρυθμούς τη ναυτιλία του αύριο. Τα καινοτόμα νέα υλικά, τα αυτόνομα πλοία, τα εναλλακτικά καύσιμα και η πράσινη μετάβαση πρόκειται να φέρουν τεράστιες αλλαγές και θα δημιουργήσουν σημαντικές προκλήσεις για τις ναυτιλιακές εταιρείες και το θαλάσσιο εμπόριο. Ειδικότερα, τα τεχνολογικά εργαλεία της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής επανάστασης, θα επηρεάσουν και τη γέφυρα του πλοίου και συγκεκριμένα, τα συστήματα πλοήγησης.

Η Τέταρτη Βιομηχανική επανάσταση στον ναυτιλιακό τομέα, παρά το γεγονός ότι στις μέρες μας σχεδόν όλα τα πλοία είναι αυτοματοποιημένα κατά κάποιο τρόπο, η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι έτοιμη να ευθυγραμμιστεί με το πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0 (Industry 4.0) με την εμφάνιση πλοίων χωρίς πλήρωμα και του νέου πλαισίου της Ναυτιλίας 4.0 (Shipping 4.0) που έχει ένα ψηφιακό όραμα για αυτήν. Τέτοια πλοία διακρίνονται σε δύο ευρείες κατηγορίες, δηλαδή το σκάφος που λειτουργεί εξ αποστάσεως και το αυτόνομο σκάφος. Και τα δύο είδη αναφέρονται ως πλοία με δυνατότητα cyber - enabled (C-ES). Το C-ES είναι ένα κυβερνο-φυσικό οικοσύστημα που αποτελείται από το σκάφος το ίδιο, ένα κέντρο ελέγχου ξηράς (SCC) που ελέγχει και χειρίζεται το C-ES, και τους συνδέσμους επικοινωνίας μεταξύ του σκάφους και του SCC, και με άλλα πλοία στην περιοχή. Το οικοσύστημα C-ES αποτελείται από έξυπνες τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών, που είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια & λειτουργία του σκάφους. Αυτές οι νέες εξελίξεις επηρεάζουν το ανθρώπινο δυναμικό που είναι υπεύθυνο για την πλοήγηση των σκαφών.

Η παρούσα εργασία στοχεύει να παρουσιάσει όλες αυτές τις εξελίξεις και να διερευνήσει τις επιπτώσεις στην λειτουργία των πλοίων αλλά και στο ανθρώπινο δυναμικό. Η σημασία της εργασίας είναι σπουδαία, καθώς η Ελλάδα ως παγκόσμιος ναυτιλιακός κόμβος θα διαδραματίσει κεντρικό ρόλο. Η εμφάνιση ενός νέου τεχνολογικού και οργανωτικού περιβάλλοντος, θα έχει σημαντικές επιπτώσεις τόσο στις επιχειρήσεις όσο και στους ανθρώπους, στον ναυτιλιακό χώρο.

Βασικοί στόχοι της είναι οι ακόλουθοι:

1. Η βιβλιογραφική διερεύνηση της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής επανάστασης σε συνάρτηση με την Ναυτιλιακή Βιομηχανία
2. Η θεωρητική παρουσίαση του νέου πλαισίου της Ναυτιλίας 4.0 / Shipping 4.0
3. Η βιβλιογραφική επισκόπηση των σύγχρονων τεχνολογικών εξελίξεων στο κλάδο των συστημάτων πλοήγησης
4. Η ανάλυση των επιπτώσεων στο ανθρώπινο δυναμικό, στην αγορά και στον ναυτιλιακό & λιμενικό κλάδο

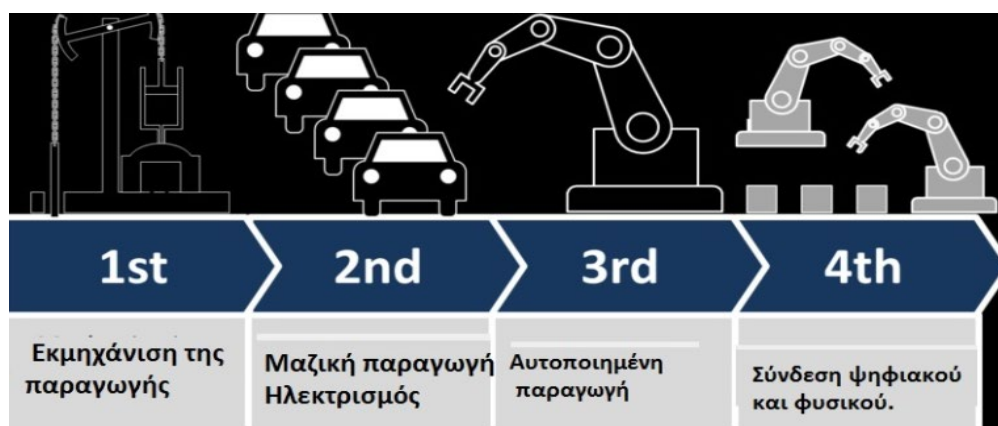
# ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## ΤΕΤΑΡΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το εννοιολογικό πλαίσιο της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης σε συνδυασμό με την Ναυτιλία και ιδιαίτερα από την πλευρά των Αυτόνομων Πλοίων / Ναυτιλίας.

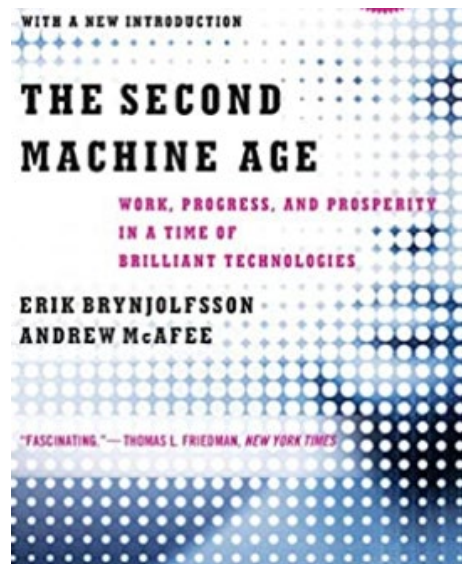
### 1.1 Εισαγωγικό και Ιστορικό Πλαίσιο

Η λέξη "επανάσταση" δηλώνει μια απότομη και ριζική αλλαγή. Επαναστάσεις εμφανίζονται σε όλη την ιστορία, και ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε τεχνολογικές ή επιστημονικές, τότε σχετίζονται με την εμφάνιση νέων τεχνολογιών και νέων τρόπων αντίληψης του κόσμου, προκαλώντας βαθιές αλλαγές στα οικονομικά συστήματα, αλλά και στις κοινωνικές δομές. Δεδομένου ότι η ιστορία χρησιμοποιείται ως πλαίσιο αναφοράς, η απότομη εξέλιξη αυτών των αλλαγών μπορεί να απαιτηθεί χρόνια ή δεκαετίες, για να ξεδιπλωθεί. Επιπλέον, οι τεχνολογικές επαναστάσεις συνήθως επανακαθορίζουν με ουσιώδη τρόπο ένα φάσμα διαθέσιμων φυσικών πόρων συνδυαστικά με το μίγμα της αποδοτικής αξιοποίησής τους στην οικονομία και αγορά. Αυτό είναι το κύριο επακόλουθο που οι επιπτώσεις τους επηρεάζουν καταλυτικά, τις διεθνείς σχέσεις και στις ιστορικές εξελίξεις, πέραν των ανατροπών που προκαλούν σε ολόκληρους κλάδους της οικονομίας και κοινωνίας(Διάγραμμα 1)(Schwab, 2016).



Διάγραμμα 1. Εξέλιξη Βιομηχανικών – τεχνολογικών επαναστάσεων από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα και μετά (πηγή: <https://prin.gr/2017/01/%CE%B7-/> )

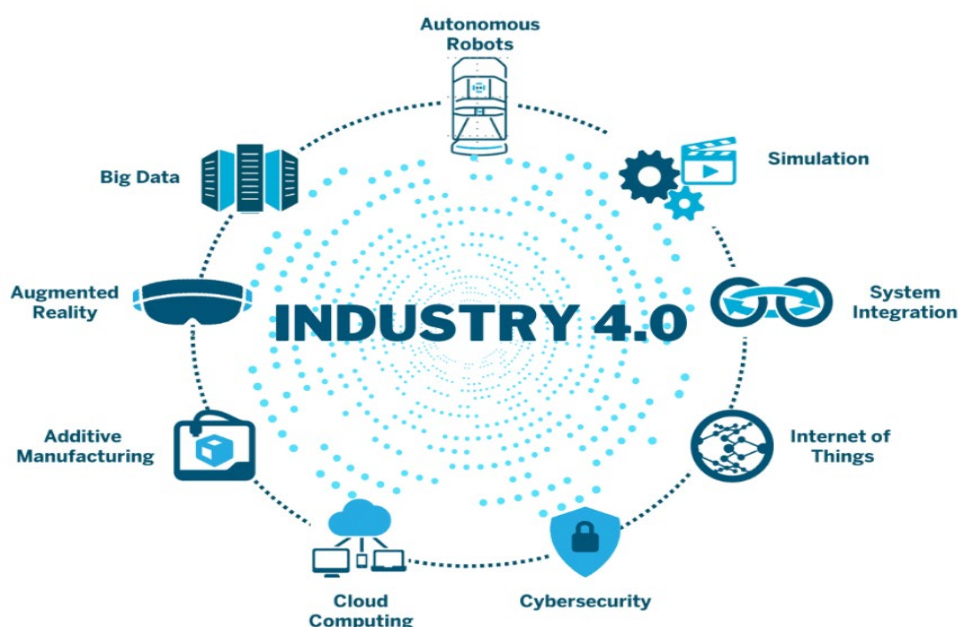
Συγκεκριμένα, οι Ψηφιακές τεχνολογίες που διαθέτουν υλικό (hardware), λογισμικό (software) και δίκτυα υπολογιστών (computer net works) στον πυρήνα τους, δεν είναι καινούργιες, αλλά βρίσκονται σε ρήξη με την τρίτη βιομηχανική επανάσταση, ενώ γίνονται όλο και πιο εξελιγμένες και ολοκληρωμένες και, ως εκ τούτου, μετασχηματίζουν τις κοινωνίες και την παγκόσμια οικονομία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, οι διδάσκοντες του *Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT)*, *Erik Brynjolfsson* και ο *Andrew McAfee* αναφέρθηκαν διάσημα σε αυτή την περίοδο ως "η *δεύτερη εποχή των μηχανών*". , όπως είναι ο τίτλος του βιβλίου τους του 2014, δηλώνοντας ότι ο κόσμος βρίσκεται σε ένα σημείο καμπής όπου η επίδραση αυτών των ψηφιακών τεχνολογιών θα εκδηλωθεί με "πλήρη ισχύ" μέσω της αυτοματοποίησης και της δημιουργίας "*πρωτοφανών πραγμάτων*"(Εικόνα 1)(Schwab, 2016).



Εικόνα 1. Εξώφυλλο του Βιβλίου «*δεύτερη εποχή των μηχανών*» (πηγή: <https://www.amazon.com/Second-Machine-Age-Prosperity-Technologies/dp/0393350649>)

Στη δε Γερμανία, ένα σημαντικό πόλο – χώρα στην διεθνή βιομηχανική παραγωγή και ανάπτυξη (π.χ. αυτοκινητοβιομηχανία, αεροναυπηγική, ναυπηγική, αμυντικό/στρατιωτικό υλικό κλπ.) γίνονται ήδη συζητήσεις για τη "*Βιομηχανία 4.0*", έναν όρο που επινοήθηκε στην *Έκθεση του Ανόβερου* το 2011, για να περιγράψει πώς αυτό θα φέρει την επανάσταση στην οργάνωση των *παγκόσμιων αλυσίδων αξίας (international / world supply chain)*. Με την ενεργοποίηση των "*έξυπνων εργοστασίων (smart factory)*", η τέταρτη πλέον βιομηχανική επανάσταση, δημιουργεί έναν κόσμο στον οποίο τα εικονικά και φυσικά συστήματα παραγωγής συνεργάζονται

παγκοσμίως μεταξύ τους, με ένα ευέλικτο τρόπο. Αυτό επιτρέπει την απόλυτη εξατομίκευση των προϊόντων και τη δημιουργία νέων μοντέλων λειτουργίας (Schwab, 2015, 2016).

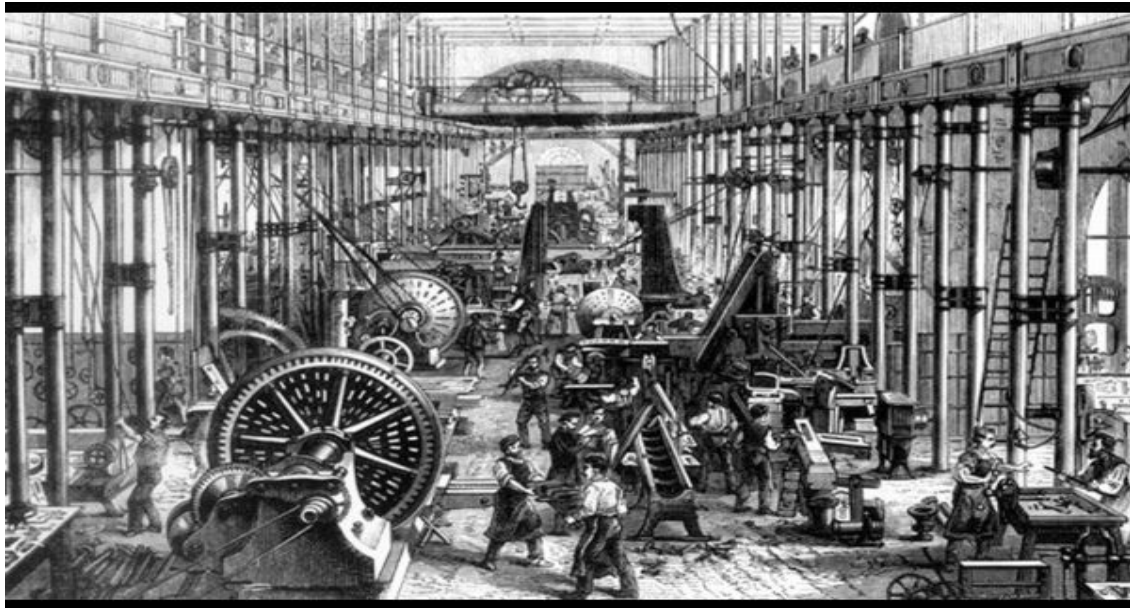


Διάγραμμα 2. Οι συνδεδεμένες τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0 (πηγή: <https://www.calsoft.com/what-is-industry-4-0/>)

Δεν έχει ακόμη κατανοηθεί πλήρως η ταχύτητα και το εύρος αυτής της νέας επανάστασης. Προσφέρονται απεριόριστες δυνατότητες μέσω της διασύνδεση δισεκατομμυρίων ανθρώπων από τις κινητές συσκευές (smart phones), με συνέπεια την άνευ προηγουμένου επεξεργαστική ισχύ, τις δυνατότητες για αποθήκευση και πρόσβαση στη γνώση, ή την συγκλονιστική συμβολή των αναδυόμενων τεχνολογικών ανακαλύψεων, που καλύπτουν ευρύτατους τομείς όπως την τεχνητή νοημοσύνη (AI), τη ρομποτική (R), το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τα αυτόνομα οχήματα, την τρισδιάστατη εκτύπωση, την νανοτεχνολογία, τη βιοτεχνολογία (BT), την επιστήμη των υλικών, την αποθήκευση ενέργειας και την κβαντική πληροφορική (QI). Έτσι, με την έλευση όλων αυτών των τεχνολογιών, επέφεραν την τέταρτη τεχνολογική επανάσταση στην ιστορία της ανθρωπότητας. Οι νέες «έξυπνες» μηχανές προσφέρουν ένα πολλαπλασιασμός όχι μόνο την ασκούμενη μυϊκή δύναμη αλλά κυρίως στην «ασκούμενη πνευματική δύναμη» στην εργασία και στην κοινωνία. Παρέχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας τεράστιων όγκων δεδομένων και εκτέλεση μέγα – υπολογιστικών πράξεων και πολύπλοκων εντολών, και αυτή είναι η ποιοτική

διαφορά με τις μηχανές της 3<sup>ης</sup> επιστημονικο-τεχνολογικής επανάστασης. Ωστόσο, πολλές από αυτές τις νέες καινοτομίες βρίσκονται σε νηπιακό στάδιο, αλλά ήδη φτάνουν σε ένα σημείο καμπής, δηλ. σε σημείο στην ανάπτυξή τους, καθώς βασίζονται και ενισχύουν η μία την άλλη σε μια συγχώνευση τεχνολογιών σε όλο τον φυσικό, ψηφιακό και βιολογικό κόσμο (Schwab, 2015, 2016; Schwab, and Davis, 2018).

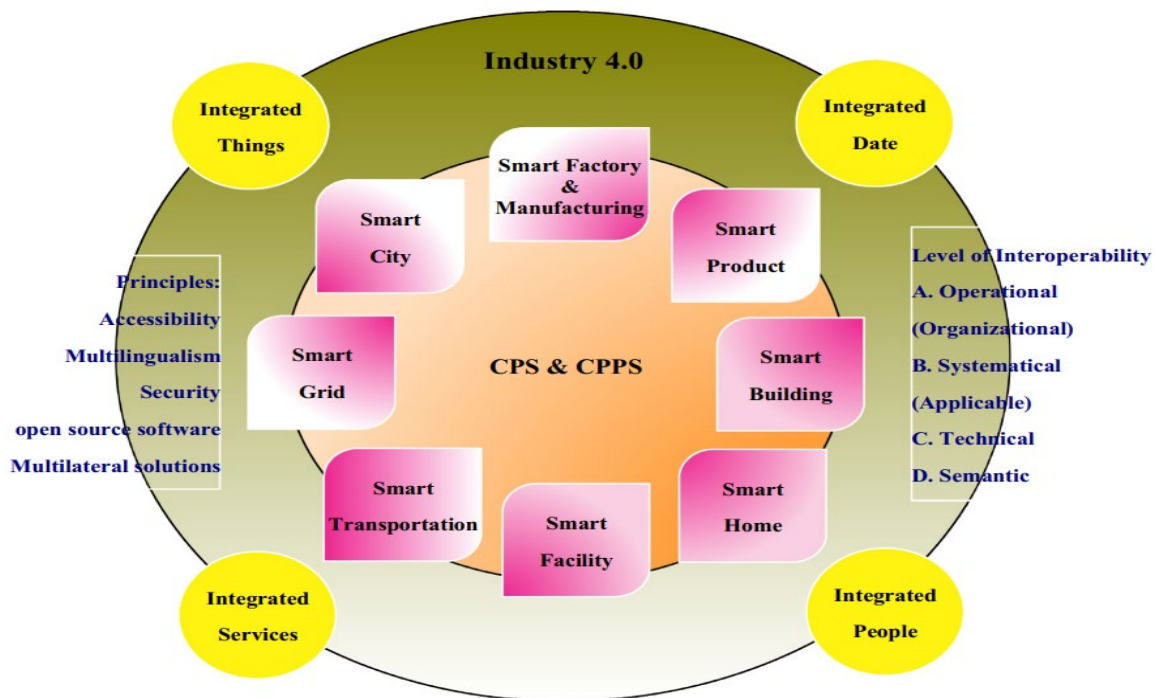
Αν η Βιομηχανική επανάσταση εξεταστεί υπό το πρίσμα ενός ιστορικού πλαισίου, τότε η πρώτη εμφάνιση της βρίσκεται στα τέλη του 18ου αιώνα, χάρη σε κάποιους παράγοντες, που παρουσιάστηκαν κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο (Αγγλία) , όπως πληθυσμιακή αύξηση, διαρκής αύξηση της "ζήτησης" βασικών προϊόντων (π.χ. τρόφιμα, ενδύματα κλπ.) (Εικόνα 2). Αυτοί οι παράγοντες συντέλεσαν στην ανάπτυξη των πρώτων βιομηχανικών μηχανών (π.χ. ατμομηχανή), που μπορούσαν να αντικαθιστούν την εργασία μεγάλου αριθμού εργατών επιτυχώς. Έτσι, εμφανίστηκε η βιομηχανία και το πρώτο εργοστασιακό σύστημα στον κόσμο (Ashton, 2007; Cardwell, 2004; Hobsbawm, 1990). Σύμφωνα με τον Lukac̃ (2015), η πρώτη βιομηχανική επανάσταση στα τέλη του 18ου αιώνα, εκπροσωπήθηκε από τις μηχανικές μονάδες παραγωγής που βασίζονταν στο νερό και στον άνθρακα. Η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση άρχισε στις αρχές του 20ού αιώνα με το νέο πλαίσιο της μαζικής παραγωγής με βάση την ηλεκτρική ενέργεια, ενώ η τρίτη βιομηχανική επανάσταση αρχίζει στη δεκαετία του '70 με το χαρακτηριστικό της αυτόματης παραγωγής με βάση την ηλεκτρονική (*λυχνίες, ολοκληρωμένα κυκλώματα – chip / VLSI*) και την τεχνολογία του διαδικτύου (*internet*), ενώ στην σημερινή εποχή, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, δηλαδή η Βιομηχανία 4.0, βρίσκεται σε εξέλιξη, με τα χαρακτηριστικά της παραγωγής μέσω κυβερνο-φυσικών συστημάτων (CPS), που βασίζονται στην ενσωμάτωση ετερογενών δεδομένων και γνώσεων (Schwab, 2015).



Εικόνα 2. Εσωτερική απεικόνιση μιας Εργοστασιακής μονάδας στην 1η Βιομηχανική επανάσταση (πηγή:Wikipedia)

Οι κύριοι ρόλοι των CPS είναι η εκπλήρωση των ευέλικτων και δυναμικών απαιτήσεων της παραγωγής και η βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας ολόκληρης της βιομηχανίας. Επιπλέον, η βιομηχανία 4.0 περιλαμβάνει πολυάριθμες τεχνολογίες και συναφείς εφαρμογές / συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των ραδιοσυχνοτήτων (RFID), τον προγραμματισμό επιχειρησιακών πόρων (ERP), το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), την παραγωγή με βάση το νέφος (cloud computing) και την ανάπτυξη προϊόντων μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης (κοινωνική – συλλογική οικονομία και αγορά) (Διάγραμμα 3) (Baur, and Wee, 2015; Georgakopoulos et al., 2016; Kube and Rinn, 2014; Lasi et al., 2014; Li et al., 2015; Lin et al., 2016; Lu, 2017; Rifkin, 2014).



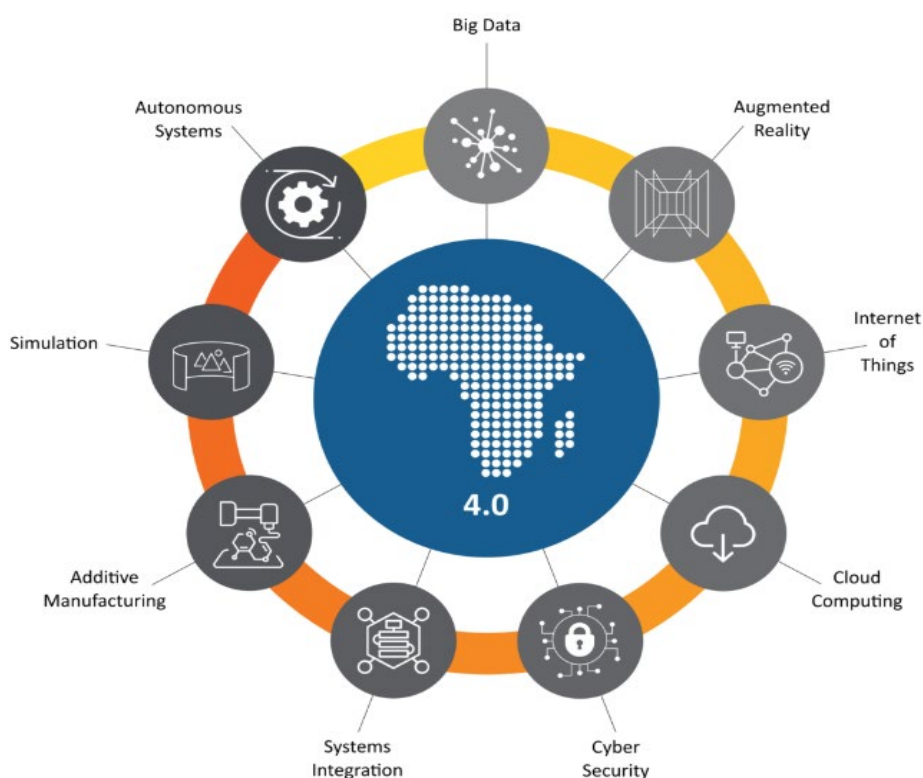


Διάγραμμα 3. Το πλαίσιο διαλειτουργικότητας της Βιομηχανίας 4.0. (πηγή: Η τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (4BE) εισαγάγει μια νέα ομάδα τεχνολογιών (π.χ. τεχνητή νοημοσύνη, νανοτεχνολογία) σε όλους τους τομείς της οικονομίας και κοινωνίας. Μέσω της υιοθέτησης τους, δημιουργείται εκείνο το περιβάλλον για την υλοποίηση αυτής της νέας τεχνολογικής επανάσταση, καθώς θα επηρεάσουν την παγκόσμια οικονομία συνολικά, ενώ παράλληλα, θα προκαλέσουν ζητήματα για το είδος των συνεπειών σε ατομικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο. Οι συνέπειες θεωρούνται από πολλούς μελετητές ότι μπορεί να χαρακτηριστούν ως ασύμμετρες με πολλαπλές θετικές και αρνητικές επιδράσεις. Εκτιμάται ότι η εμφάνιση της ψηφιοποίησης, δημιουργεί νέα αντικείμενα και πλαίσια εργασίας με παράλληλη μετασχηματιστική επίπτωση στα εργασιακά περιβάλλοντα και συνθήκες, κατά τις ερχόμενες δεκαετίες. Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών όπως τα μαζικά σύνολα δεδομένων (big data), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) με τις πτυχές της (μηχανική μάθηση, βαθιά μάθηση) και όλες τις σχετικές εφαρμογές, αναμένεται να οδηγήσουν σε «επαναστατικές» αλλαγές και τροφοδοτεί τη δημόσια συζήτηση σχετικά με τις επερχόμενες προκλήσεις σε κοινωνικό επίπεδο (π.χ. άνοδο της εργασιακής ανασφάλειας, φαινόμενα "τεχνολογικής ανεργίας") (López-Gómez et al. 2017).

Πιο συγκεκριμένα, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (βιομηχανία 4.0) αφορά τον συνεχιζόμενο αυτοματισμό των παραδοσιακών βιομηχανικών πρακτικών, χρησιμοποιώντας σύγχρονη έξυπνη τεχνολογία. Η επικοινωνία από μηχανή σε

μηχανή (M2M) και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) υιοθετούνται για την δημιουργία ενός πιο «ευέλικτου» και «αποδοτικού» αυτοματισμού, με αναβαθμισμένη επικοινωνιακή διάσταση, παρακολούθηση και παραγωγή έξυπνων μηχανών που μπορούν να τροποποιούν «ριζικά» το βιομηχανικό περιβάλλον, όπως την δυνατότητα ανάλυσης και διάγνωσης προβλημάτων χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης (γνωστική διάσταση) (Moore, 2019).

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζονται οι εννιά (9) βασικοί τεχνολογικοί πυλώνες της νέας επανάστασης:



Διάγραμμα 4. Οι 9 βασικοί τεχνολογικοί πυλώνες της νέας βιομηχανικής επανάστασης (πηγή: <https://www.inonafrica.com/>).

Όσον αφορά τις προσεγγίσεις που ακολουθούν διεθνώς οι διάφορες χώρες, για την ενσωμάτωση της νέας επανάστασης στην οικονομία, αγορά και κοινωνία τους, δεν υπάρχει ένα καθολικό πρότυπο. Κάθε κράτος έχει υιοθετήσει δική τους στρατηγική προσέγγιση, βασιζόμενο με τις εκάστοτε συνθήκες, παραδόσεις και κουλτούρες που επικρατούν σε διαχρονικό πλαίσιο. Για παράδειγμα, στη Γαλλία, η ελάττωση των επενδύσεων και τα προβλήματα ανταγωνιστικότητας, αποτέλεσαν τις κατευθυντήριες αρχές του *Industrie du Futur (IdF)*. Από την άλλη πλευρά, στην Ολλανδία λόγω του σχετικά χαμηλού ποσοστού του βιομηχανικού κλάδου στην Ολλανδική Οικονομία, οδήγησε στη δημιουργία ενός εξειδικευμένου εθνικού προγράμματος που ονομάστηκε «*Smart Industry*». Στην ιβηρική χερσόνησο, η Ισπανία, ακολούθησε ένα

πιο «αργό» και αρθρωτά δομημένο πρόγραμμα που ονομάστηκε «*Industria Conectada 4.0*».ΜΕ τη σειρά της στην Αγγλία, υπήρξε μια κυβερνητική πρωτοβουλία που ονομάστηκε «*High Value Manufacturing Catapult (HVM Catapult)*» με στόχευση την ανάπτυξη τεχνολογικών κέντρων με εξειδίκευση σε διαφορετικούς βιομηχανικούς κλάδους (Schwab, 2015, 2016; Schwab, and Davis, 2018).

Οι ΗΠΑ η πιο ισχυρή οικονομία στον πλανήτη, με την τεχνολογική πρωτοκαθεδρία στην πλειοψηφία των τεχνολογιών της νέας επανάστασης, αναπτύχθηκε ένα ιδιωτικό σύνολο μεγάλων επιχειρήσεων (*Industrial Internet Consortium*), όπως οι General Electric, η IBM, με στόχο τη συνεργασία μεταξύ επιχειρήσεων, πανεπιστημίων και κρατικής διοίκησης, για τον εκμοντερνισμό μιας σειράς κλάδων όπως η βιομηχανία, η ενέργεια, οι μεταφορές, το σύστημα υγείας, οι κοινωφελείς οργανισμοί και η αγροτική παραγωγή με τη υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών (ΤΠΕ, ρομποτική, ΑΙ κλπ.). σε αυτή την ομάδα, μερίδα συμμετοχής έχουν και επιχειρήσεις από άλλα κράτη, όπως από την Κίνα, την Ινδία και τη Γερμανία. Στο επίπεδο του κράτους, αυτή η πρωτοβουλία συγχρηματοδοτείται από το *National Network for Manufacturing Innovation (NMMI)*(Schwab, 2015, 2016; Schwab, and Davis, 2018).

Η Κίνα ο άλλος παγκόσμιος οικονομικός πόλος, εξαγγέλθηκε ένα νέο 5ετές πλάνο (*Internet Plus*), που επικεντρώνεται στην υιοθέτηση του ηλεκτρονικού εμπορίου από τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, την εφαρμογή του διαδικτύου και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στο κράτος και την αναβάθμιση των παραδοσιακών μονάδων βιομηχανίας. Επίσης, προωθείται η κυβερνο- και η βελτίωση της "ποιότητας και αποτελεσματικότητας" της οικονομικής ανάπτυξης. Ο μεγάλος Στόχος για το 2025, είναι η πραγματοποίηση της μετάβασης από τη βιομηχανίας υψηλής έντασης εργασίας, σε υψηλότερο σημείο της αλυσίδας αξίας. Υπάρχει πρόβλεψη για την εγκαθίδρυση νέων βιομηχανικών πλαισίων λειτουργίας. Παράλληλα, εφαρμόζεται το πρόγραμμα *Made in China 2025*, από το κράτος σε συνεργασία με την Ακαδημία Μηχανικών της Κίνας, που δίνει έμφαση στην κατασκευή και αναβάθμιση των βιομηχανικών επιχειρήσεων, καθώς και στην προώθηση της καινοτομίας αξιοποιώντας τις "έξυπνες τεχνολογίες" (Schwab, 2015, 2016; Schwab, and Davis, 2018).

Τέλος, η Γερμανία, έθεσε ως βασικό σκοπό την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της γερμανικής οικονομίας και ενίσχυση της ηγεμονίας της στην Ευρώπη αλλά και σε διεθνές επίπεδο. Για αυτό δημιούργησε το πρόγραμμα *Industrie 4.0*,για τη διαμόρφωση των παραγωγικών μέσων, την προώθηση και κατανάλωση αγαθών

(προϊόντων, υπηρεσιών) που στηρίζονται στην αλληλεπίδραση και επικοινωνία των μηχανών μεταξύ τους και με τους ανθρώπους. Ουσιαστικά εστιάζει στην διαλειτουργικότητα (με ψηφιακό τρόπο) αυτοματοποιημένων στοιχείων, μέσω της μετάβασης από τα κατακερματισμένα συστήματα εποπτείας και ελέγχου σε ένα διασυνδεδεμένο και διαλειτουργικό βιομηχανικό περιβάλλον. Πιο αναλυτικά, κάθε παραγόμενο προϊόν διαθέτει ενσωματωμένα δεδομένα σε ψηφιακή μορφή, που διαβιβάζονται μέσω αισθητήρων RFID, ενώ τα προϊόντα μπορούν να διαθέτουν μεταξύ τους επικοινωνία, χωρίς την προϋπόθεση της ανθρώπινης παρέμβασης. Τα δεδομένα αυτά, αν και έχουν μεγάλο όγκο, συλλέγονται και αναλύονται μέσω τεχνικών ανάλυσης "μαζικών δεδομένων (*big data*)" και της τεχνολογίας του "υπολογιστικού νέφους (*cloud computing*)". Χάρη στην επεξεργασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί ανίχνευση μη εμφανούς μηχανολογικής βλάβης ή η φθορά κάποιων εξαρτημάτων. Επίσης, στον πυρήνα όλων αυτών των τεχνολογιών βρίσκονται, οι τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης (*additive manufacturing/3D printing*) ολόκληρων μηχανημάτων ή εξαρτημάτων (Schwab, 2016; Choi et al., 2015).

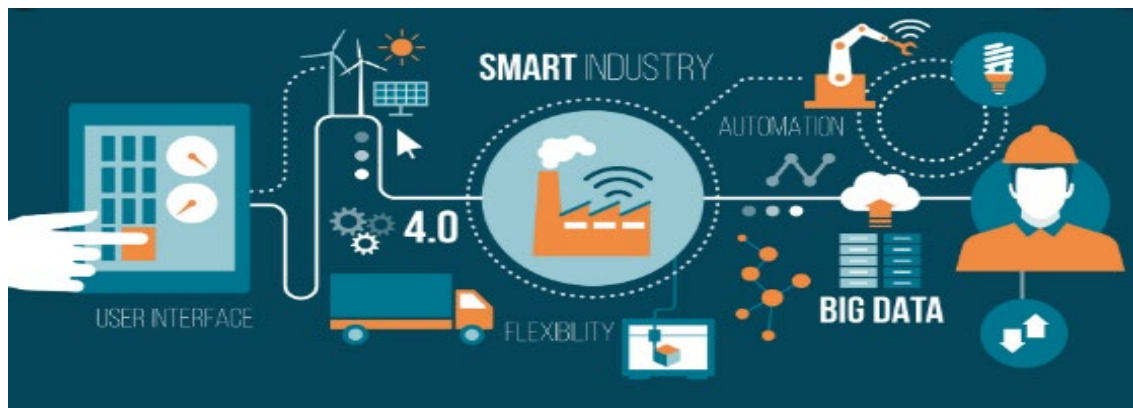
## **1.2 Τεχνολογικό Υπόβαθρο**

Η νέα βιομηχανική επανάσταση επηρεάζεται από μια σειρά καινοτόμων τεχνολογικών αντικειμένων όπως (Sarvari et al., 2017; Mueller et al., 2017):

- της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για την διαδικασία ψηφιοποίησης δεδομένων & πληροφοριών και την ολοκλήρωση συστημάτων σε όλες τις φάσεις της ανάπτυξης και χρήσης προϊόντων.
- Κυβερνο-φυσικά συστήματα που βασίζονται στις ΤΠΕ για την παρακολούθηση και τον έλεγχο φυσικών διαδικασιών και συστημάτων.
- Ενσωματωμένους αισθητήρες και "ευφυή" ρομπότ που προσαρμόζονται με την παραγωγή του κάθε προϊόντος, ή συσκευές κατασκευής πρόσθετων (εκτύπωση υλικών ή επιφανειών σε 3D εκτυπωτή).
- Επικοινωνίες δικτύου & διαδικτύου, που αξιοποιούνται στη σύνδεση μηχανών, προϊόντων, συστημάτων και ατόμων, εντός της βιομηχανικής εγκατάστασης, όσο και σε στην αλυσίδα εφοδιασμού.
- Εξομοίωση, μοντελοποίηση και οπτικοποίηση στο σχεδιασμό των προϊόντων και την καθιέρωση διεργασιών κατασκευής.

- Συλλογή μαζικών ποσοτήτων δεδομένων (Big Data), για επεξεργασία στην βιομηχανική εγκατάσταση, ή στο υπολογιστικό νέφος.

Το "έξυπνο εργοστάσιο" (Διάγραμμα 5), έχει ως τεχνολογικό πυρήνα του τα κυβερνοφυσικά συστήματα (cyber-physical systems - CPS), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) και το υπολογιστικό νέφος (cloud computing). Μέσα σε ένα τέτοιο εργοστάσιο τα CPS παρακολουθούν τις φυσικές διαδικασίες, δημιουργούν εικονικά αντίγραφα του φυσικού κόσμου και διαθέτουν δυνατότητα λήψης αποκεντρωμένων αποφάσεων. Χάρη στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τα CPS επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους και με τους ανθρώπους-χειριστές σε πραγματικό χρόνο (real-time), και χάρη στο υπολογιστικό νέφος μπορούν να διαθέτουν ικανότητα αποθήκευσης (capacity) αποφάσεων και επαναχρησιμοποίησης, όποτε απαιτηθεί (Sarvari et al., 2017; Mueller et al., 2017).



Διάγραμμα 5. Τεχνολογίες "έξυπνου εργοστασίου" (Wikipedia)

Οι αρχές σχεδίασης ενός έξυπνου εργοστασίου είναι τέσσερις (4), (Lasi et al., 2014; Jasperneite and Niggemann, 2012):

- *Διαλειτουργικότητα*. Αφορά την δυνατότητα των μηχανών, των συσκευών, των αισθητήρων και των ανθρώπων να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω του Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) ή το απλό Διαδίκτυο.
- *Διαφάνεια των πληροφοριών*. Είναι η δυνατότητα ενός πληροφοριακού συστήματος να αναπτύσσει ένα εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου από αδόμητα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες, με στόχευση τα δεδομένα να μπορούν να μεταβιβαστούν σε μηχανές.
- *Τεχνική Βοήθεια*. Περιλαμβάνει δύο ιδιότητες: (ι) η συλλογή δεδομένων σε μορφή κατανοητή, για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων από συστήματα

υποστήριξης αποφάσεων (Decision support system, DSS) αλλά και την γρήγορη επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων και (ii) η δυνατότητα φυσικών συστημάτων του κυβερνοχώρου να υποστηρίξουν τον ανθρώπινο παράγοντα για τη επεξεργασία μιας ομάδας εργασιών που είναι δυσάρεστες και εξαντλητικές για τον ανθρώπινο παράγοντα.

- *Αποκεντρωμένη λήψη αποφάσεων.* Είναι η ικανότητα των κυβερνο-φυσικών συστημάτων για λήψη αποφάσεων και εκτέλεσης των καθηκόντων τους με πλήρη αυτονομία.

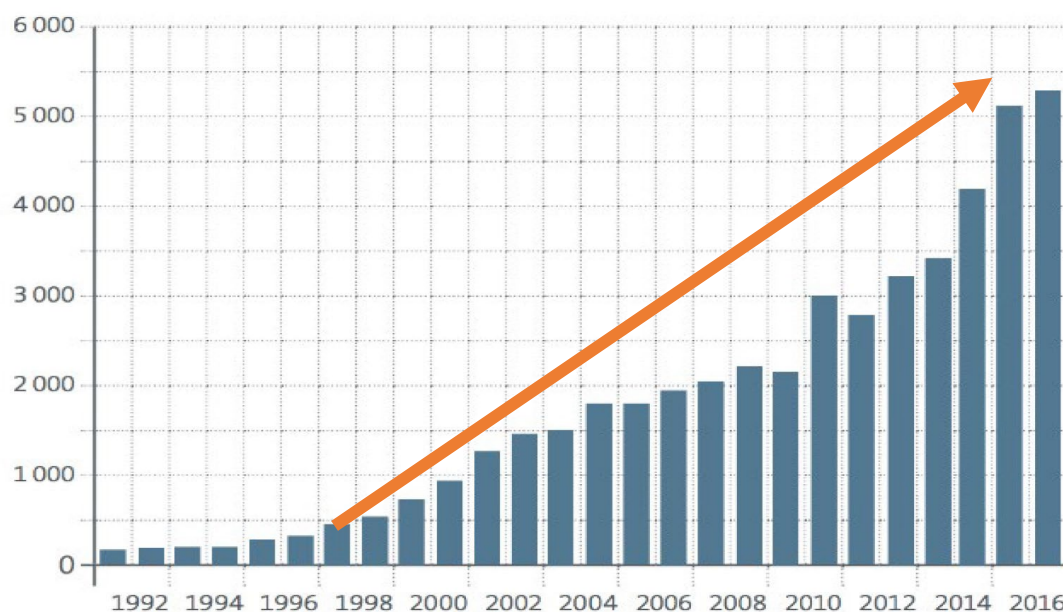
Τα βασικά τεχνολογικά πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα (Lasi et al., 2014; Jasperneite and Niggemann, 2012; Sarvari et al., 2017; Mueller et al., 2017):

- *Βελτιστοποίηση της παραγωγής μέσω του "έξυπνου εργοστασίου (smart factory)",* που περιλαμβάνει εκατοντάδες ή χιλιάδες "ευφείς συσκευές (Smart Devices)" που διαθέτουν ικανότητα αυτο-βελτιστοποίησης της παραγωγικής διεργασίας, με αντίστοιχη ελάττωση χρόνου. Έτσι η βιομηχανική παραγωγή γίνεται διαρκής και σταθερή στη λειτουργία της.
- *Προσαρμογή,* με δημιουργία μιας ευέλικτης πελατο-κεντρικής αγοράς, που υποστηρίζει την ικανοποίηση των αναγκών του πληθυσμού με ταχύ ρυθμό, εξαφανίζοντας το χάσμα μεταξύ του κατασκευαστή και πελάτη.
- *Ενθάρρυνση της έρευνας,* με την εφαρμογή ενός καινούργιου και καινοτομικού τεχνολογικού πλαισίου που οδηγεί στην ανάγκη για περισσότερη έρευνα, με συνέπεια να επιδρά και στην εκπαίδευση. Απαιτείται άλλου τύπου ανθρώπινο δυναμικό, με νέες δεξιότητες, που θα οδηγήσει σε ριζικές ανατροπές στην εκπαίδευση & επιμόρφωση.

Στην βιβλιογραφία, έχει αναδειχθεί ότι οι τεχνολογικές λύσεις της νέας επανάστασης θα προκαλέσουν βελτίωση των υπαρχόντων αγαθών (προϊόντα, υπηρεσίες) και δημιουργίας νέων αγορών (Διάγραμμα 6)(OECD, 2015; OECD, 2019). Οι εφαρμογές "βαθιάς τεχνολογίας", όπως η τεχνητή νοημοσύνη, τα μαζικά σύνολα δεδομένων, η ρομποτική, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), προϋποθέτουν ισχυρές και προσιτές τεχνολογίες επεξεργασίας, αποθήκευσης και επικοινωνίας. Αντίστοιχα, οι τεχνολογικές εφαρμογές της ρομποτικής και της τρισδιάστατης εκτύπωσης, αναδιαμορφώνουν τις βιομηχανικές διαδικασίες. Σήμερα, γύρω από αυτές τις νέες τεχνολογικές εφαρμογές, πλέον εμφανίζονται νέες; οργανωμένες τεχνολογικές και



βιομηχανικές πολιτικές, σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο (Brynjolfsson et al., 2017; Aremu et al., 2018).

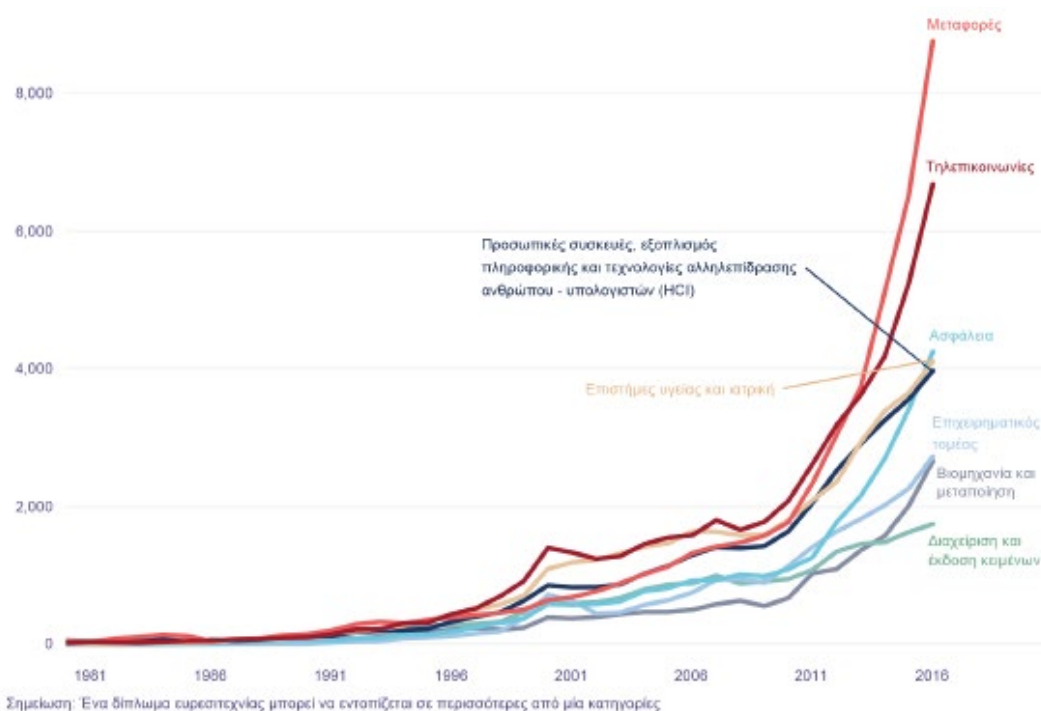


Διάγραμμα 6. Αιτήσεις ευρεσιτεχνιών στη νέα βιομηχανική επανάσταση (patent applications) στο EPO για την χρονική περίοδο 1991-2016, όπου είναι διακριτή η άνοδος (πηγή: EPO 2017)

Τέλος, η τεχνολογία ορόσημο στην νέα επανάσταση είναι η τεχνητή νοημοσύνη, όπου θεωρείται ότι θα είναι καθοριστικά επιδραστική. Αυτή αφορά ένα σύνολο τεχνολογιών, με το πιο βασικό συστατικό της εξελιγμένους αλγόριθμους μηχανικής & βαθιάς μάθησης που μαθαίνουν ανεξάρτητα και λαμβάνουν αυτόνομες αποφάσεις (Βλαχάβας κ.α., 2020). Όπως σημειώνει χαρακτηριστικά ο Δασκαλάκης (2017), πλέον κατασκευάζονται αλγόριθμοι που στοχεύουν στο τεράστιο ψηφιακό αποτύπωμα της ανθρωπότητας στο Διαδίκτυο (Internet). Ειδικότερα, η μηχανική μάθηση αποτελεί μια μορφή τεχνητής νοημοσύνης που προσφέρει στις υπολογιστικές μηχανές τη δυνατότητα να μαθαίνουν χωρίς να έχουν υποστεί προγραμματισμό (Διαμαντάρας και Μπότσης 2019). [ρέπει να αναφερθεί ότι, η μηχανική μάθηση (machine learning) αποτελεί την πιο σπουδαία τεχνική στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης, με βάση το περιεχόμενο των κατοχυρωμένων ευρεσιτεχνιών, καθότι περιλαμβάνεται τουλάχιστον στο 1/3 (134.777) του συνολικού αριθμού τους διεθνώς (Διάγραμμα 7)(WIPO, 2019).

Μετά το 2010, οι τεχνολογικές εξελίξεις στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης, αφορούν κυρίως στα νευρωνικά δίκτυα και την αυτόνομη μάθηση και πολύ-επίπεδη (βαθεία) μάθηση (deep learning). Αυτές διευκολύνονται από την ανάπτυξη του

hardware(Νόμος του Moore), και του μεγέθους των διαθέσιμων δεδομένων (*dig data*). Σχετικές εκτιμήσεις, περιγράφουν ότι σχεδόν το 90% των ψηφιακών δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα, συσσωρεύτηκε στους τελευταίους 24 μήνες. Έτσι, το "ψηφιακό σύμπαν", που περιλαμβάνει δεδομένα που δημιουργούνται και αντιγράφονται κάθε έτος, θα μπορέσουν να υπερβούν το θηριώδες αριθμό των 180 zettabytes το 2025. Αυτή η διαρκής εξέλιξη υποστηρίζεται από την παράλληλη ανάπτυξη επιστημονικών κλάδων όπως, η επιστήμη των υπολογιστών, η φυσική, η χημεία, η κβαντομηχανική, η εφαρμοσμένη μηχανική, η επιστήμη υλικών κ.α. (Τραχανάς, 2014; WIPO, 2019).



Διάγραμμα 7. Πεδία εφαρμογής ευρεσιτεχνιών στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης (πηγή: WIPO, 2019)

### 1.3 Προκλήσεις της νέας Επανάστασης

Οι προκλήσεις της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης μπορούν να είναι οι ακόλουθες (Lasi et al., 2014; Jasperneite and Niggemann, 2012; Sarvari et al., 2017):

- *Ασφάλεια*: Η ψηφιοποίηση διευκολύνει παραβιάσεις της ασφάλειας και των διαρροών δεδομένων. Πρέπει να υπάρξει εστίαση στο πεδίο της κυβερνοασφάλειας.
- *Κεφάλαιο*: Απαιτείται μεγάλη επένδυση σε τεχνολογία, το οποίο αδυνατούν οι μικρές επιχειρήσεις και μπορεί να τους κοστίσει το μερίδιο αγοράς τους μελλοντικά.



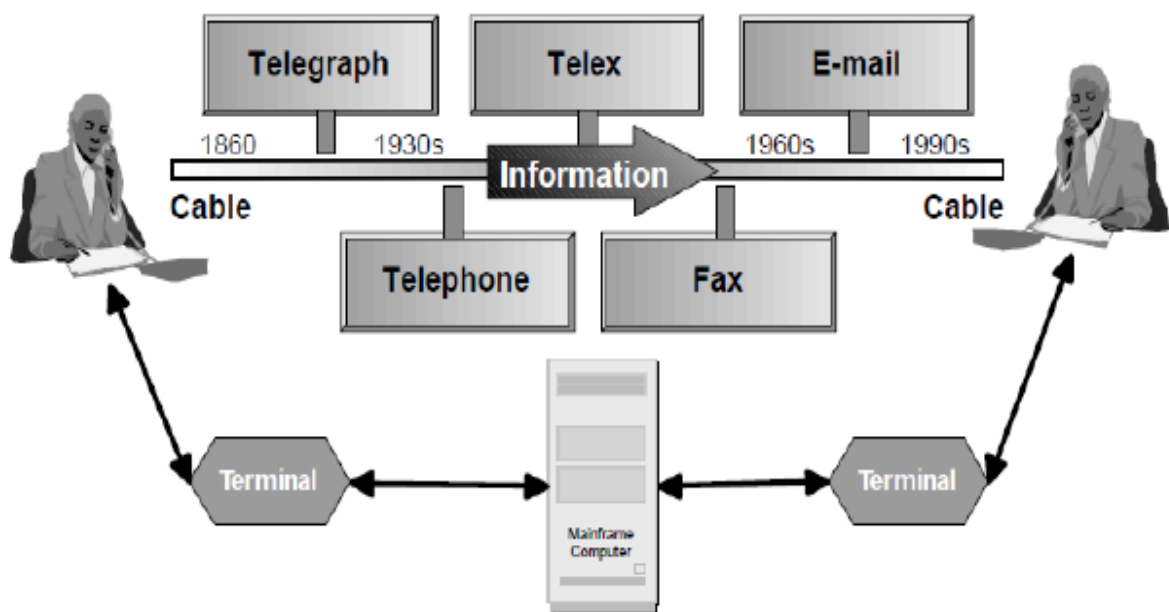
- *Απασχόληση:* Το ανθρώπινο δυναμικό προϋποθέτει νέες δεξιότητες. Έτσι, θα ανοίξουν νέες θέσεις εργασίας, ενώ θα πρέπει να υπάρξει επιμόρφωση των παλιότερων εργαζομένων, σύμφωνα με τις ανάγκες της νέας τους εργασίας σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές εξελίξεις.
- *Προστασία προσωπικών δεδομένων:* Η "έξυπνη" βιομηχανία βασίζεται στην επεξεργασία δεδομένων, γεγονός που αναγκάζει τους παραγωγούς να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα. Για τον πελάτη, αυτό μπορεί να μετατραπεί σε απειλή της ιδιωτικής του ζωής. Αντίστοιχα, ζητήματα θα έχουν να αντιμετωπίσουν και οι επιχειρήσεις ανεξαρτήτου μεγέθους, που δεν έχουν μοιραστεί τα δεδομένα τους στο παρελθόν και θα πρέπει να λειτουργήσουν για ένα πιο διαφανές περιβάλλον (transparency).

#### **1.4 Ναυτιλία υπό το πρίσμα της νέας Επανάστασης**

Η νέα τεχνολογική επανάσταση θεωρείται από μελετητές ότι θα επιδράσει σημαντικά και το κλάδο της Ναυτιλίας, που με τη σειρά της επηρεάζει άνω του 90% του διεθνούς εμπορίου. Γενικά, η Ναυτιλία επηρεάστηκε από τις νέες τεχνολογίες από την δεκαετία του '70, με την ανάπτυξη των Βάσεων Δεδομένων (Data Base) και του *Λογισμικού υπολογισμού παραμέτρων πλεύσης* προσφέροντας *προστιθέμενη αξία (Value-added)* στις θαλάσσιες μεταφορικές υπηρεσίες για την διακίνηση των εμπορευμάτων. Στην επόμενη δεκαετία, αξιοποιήθηκαν τα νέα συστήματα *Ανταλλαγής Ηλεκτρονικών Δεδομένων (Electronic Data interchange, EDI)*, που προσέδωσαν στην δυνατότητα χρήσης δικτυακών υπηρεσιών. Ακολούθως, με την ραγδαία εξέλιξη των νέων τεχνολογιών (πληροφορική, διαδίκτυο) και την πτώση του κόστους, διευκόλυνε την ευρεία εισαγωγή τους στον ναυτιλιακό κλάδο. Σύμφωνα με τους Nikitakos και Lambrou (2007), η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις πραγματοποιήθηκε μέσα από τις εξής φάσεις:

- *1<sup>η</sup> Φάση: Ανάπτυξη των επικοινωνιακών τεχνολογιών (Communication phase).*  
Η τεχνολογία EDI με την αντίστοιχη επικοινωνιακή διασύνδεση της, κυριαρχεί στη Ναυτιλία Τακτικών Γραμμών ήδη από την δεκαετία '70, έως τα μέσα της δεκαετίας του '90. Ωστόσο, είχε υψηλό κόστος και δεν διέθετε φιλικότητα προς τον πελάτη. Κάθε εταιρεία της ακτοπλοΐας, δημιούργησε ένα σύστημα EDI για την ίδια, βασισμένο στις δικές της ανάγκες, όπου

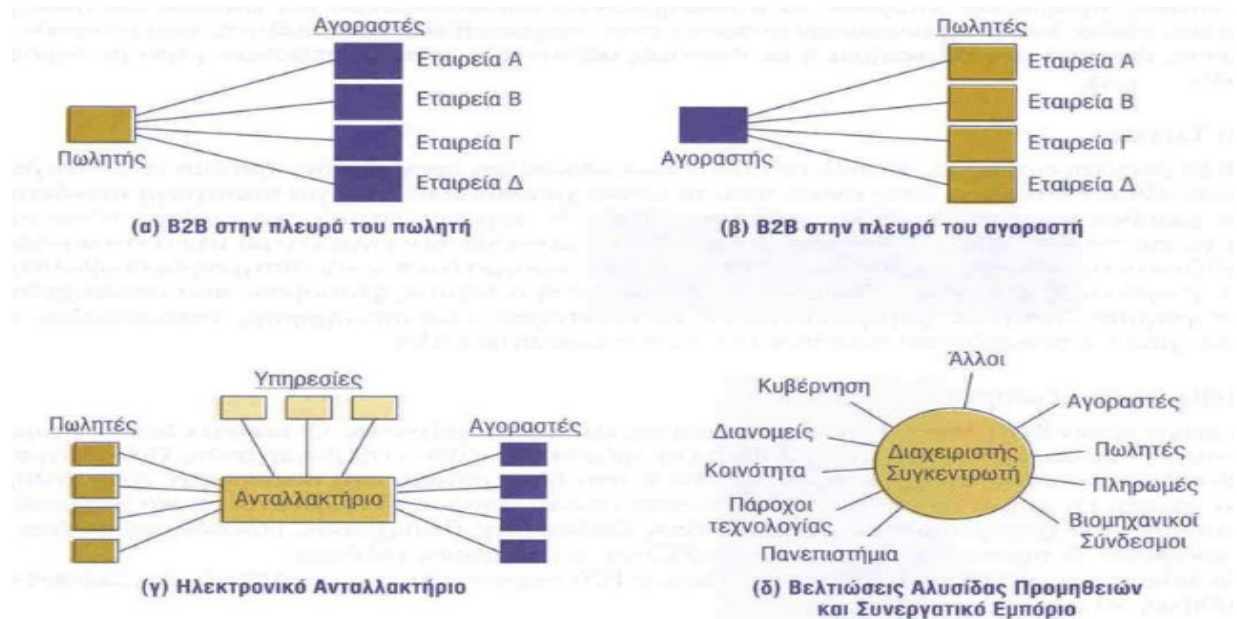
υποστηριζόταν από ένα πολύπλοκο και δαπανηρό τμήμα Μηχανογράφησης(μέση εκτίμηση δαπανών: 10-15 εκατ. \$ ανά έτος). Επιπλέον, υπήρχαν προβλήματα συμβατότητας και το μεγάλο κόστος συντήρησης. Επίσης, όσες εταιρείες δημιούργησαν δίκτυα EDI μέσω συγχωνεύσεων άλλων εταιρειών, διαπίστωσαν προβλήματα ενσωμάτωσης των επιχειρησιακών δικτύων (ανομοιογένεια) σε ένα ενιαίο δίκτυο διαχείρισης πληροφοριών. Από τη δεκαετία του '90, με την έλευση του Διαδικτύου (Internet), οδήγησε σε μια έκρηξη εισαγωγής συμβατών (κοινά πρότυπα διασύνδεσης) πλατφορμών διασύνδεσης του εσωτερικού επιχειρησιακού δικτύου με τα αντίστοιχα άλλα σχετικά δίκτυα (Stopford, 2002, 2009). Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η διαχρονική εξέλιξη των νέων τεχνολογιών στον ναυτιλιακό κλάδο.



Διάγραμμα 8. Η εξέλιξη των ΤΠΕ στην ναυτιλιακή αγορά (πηγή: Stopford, 2009).

- 2<sup>η</sup> Φάση: Ανάπτυξη των Δίκτυο κεντρικών Επιχειρήσεων (Cooperation phase). Η διαδικτυακή τεχνολογία προσφέρει ικανότητα σε επίπεδο *επιχείρηση προς επιχείρηση (B2B)*, της διεκπεραίωσης εμπορικών & οικονομικών συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο, με βασικό μέσο το Διαδίκτυο, όπου πρόσφερε στην αγορά τη δυνατότητα επεξεργασίας συναλλαγών μεταξύ τους (π.χ. παραγγελίες, διαπραγματεύσεις/ναυλώσεις και ναυλοσύμφωνα)(Διάγραμμα 9). Στη σημερινή εποχή, οι διαδικτυακές τεχνολογίες έχουν αναβαθμιστεί

τόσο πολύ, όπου αποτελούν πλέον μια πλατφόρμα ενσωμάτωσης διασυνδεδεμένων εφαρμογών, με τα κεντρικά πληροφορικά συστήματα των επιχειρήσεων προσφέροντας στην εύρυθμη λειτουργία του νέου επιχειρείν. Οι τεχνολογίες του e- επιχειρείν πρόσφεραν στην αγορά τη δυνατότητα αποτελεσματικής και άμεσης διασύνδεσης. Έτσι, αναπτύσσεται ένας νέος τύπος εταιρείας, την *Δικτυοκεντρική επιχείρηση, ΔΚΕ (Network-Centric Enterprise, NCE)*. Η κεντρική φιλοσοφία της θεωρεί τους δρώντες ως μία σύνθεση ενός συνεχούς δικτυωμένου και ευέλικτου ψηφιακού επιχειρησιακού περιβάλλοντος. Η ικανότητα ενός ανταγωνιστικού ψηφιακού επιχειρηματικού δικτύου να παράγει και να εκμεταλλεύεται την *ανταγωνιστική πληροφόρηση (competitive awareness)*, αποτελεί βασικό παράμετρο που παρέχει επιχειρηματική ισχύς. Επομένως, η συνδεσιμότητα προσφέρει στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις δυνατότητα αναγνώρισης χαρακτηριστικών των υπηρεσιών με στόχευση να αυξηθεί η προστιθέμενη αξία, στο μέγιστο βαθμό. Επίσης, η έγκαιρη πληροφόρηση των πελατειακών αναγκών βελτιώνει τον εφοδιαστικό σχεδιασμό και τη διαθεσιμότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Αυτή διευκολύνεται σημαντικά, από τη συνεργασία των επιχειρηματικών δρώντων σε ψηφιακό επίπεδο. Συγκεκριμένα, στο ναυτιλιακό κλάδο, το διοικητικό προσωπικό ξηράς και το προσωπικό των πλοίων έχουν τη δυνατότητα συνεργασίας στο Διαδίκτυο. Οι ομάδες αυτές υποστηρίζουν τις παραγωγικές μονάδες (πλοία, τερματικοί σταθμοί λιμένων), που είναι κόμβοι του δικτύου που συλλέγουν και διανέμουν την πληροφορία διεθνώς. Οι κόμβοι αυτοί είναι οι μονάδες (πλοία ή γραφεία) μίας επιχείρησης, ή επιχειρηματικοί εταίροι (Φορτωτές ή Προμηθευτές), ή δημόσιοι φορείς (Τελωνειακές Αρχές, Λιμενικές Αρχές), όπου συμμετέχουν στο δίκτυο. Η αξία και η παραγωγικότητα που παρέχουν οι κόμβοι, εξαρτάται σημαντικά από τον όγκο των πληροφοριών που στοχεύει να διαχειριστεί. Επιπρόσθετα, στοχεύει στην μείωση του κόστους των συναλλαγών. Έτσι, η επιχειρηματική κοινότητα περιορίζει τα διοικητικά και επιχειρησιακά κόστη και κινδύνους αξιοποιώντας τα διοικητικά πληροφοριακά συστήματα (MIS) στο σύνολο των λειτουργικών διαδικασιών τους (Stopford, 2009).



Διάγραμμα 9. Είδη B2B (πηγή: <https://slideplayer.gr/slide/13440991/>)

- *3<sup>η</sup> Φάση: Συν εξέλιξη Δίκτυο κεντρικών Επιχειρήσεων (Co evolution phase).* Ο στρατηγικός επιχειρηματικός σχεδιασμός στο σημερινό ψηφιακό επιχειρησιακό περιβάλλον, επικεντρώνεται στη συνεργασία όλων των επιχειρηματικών εταίρων, με τελικό στόχο τη βελτίωση του περιβάλλοντος της εκάστοτε αγοράς. Επιπλέον, ο στρατηγικός σχεδιασμός με τελική στόχευση το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα δεν αφορά μόνο την ενσωμάτωση των τεχνολογικών καινοτομιών, αλλά κυρίως την συνεργατική δράση τεχνολογίας και ανθρώπινου δυναμικού, όπου το τελευταίο έχει δεχθεί εξειδικευμένη κατάρτιση και αλλαγές στην οργανωσιακή συμπεριφορά του. Έτσι, δημιουργείται ένα ενιαίο πεδίο κοινής επιχειρηματικής δράσης, γνώσης και τεχνολογικών υποδομών.

Η παγκοσμιοποίηση, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα ενίσχυσης της Ναυτιλίας. Ειδικότερα, είναι μια βιομηχανία που επηρεάζεται από τις διεθνείς τάσεις και από την τεχνολογική πρόοδο στα πεδία των νέων υλικών, στα καύσιμα, στον αυτοματισμό των συστημάτων & μηχανών, και στην βελτίωση των μηχανών πρόωσης. Επιπλέον, δύο τομείς θεωρούνται ότι επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ναυτιλία (Hoffman, 2002; Χολέβας, 2000; Μυλωνόπουλος, 2004):

- *Κατασκευή πλοίων:* Πρόωση και τροφοδοσία, ναυπήγηση πλοίων νέου τύπου (αυτόνομα πλοία, πράσινη διαχείριση ενέργειας) και Έξυπνο πλοίο (χρήση τεχνητής νοημοσύνης).

- *Τεχνολογίες στην διαχείριση των πλοίων*: Αισθητήρες, Ρομποτικά συστήματα, επεξεργασία μαζικών δεδομένων, προηγμένα υλικά και επικοινωνίες (δορυφορικές, διαδίκτυο).

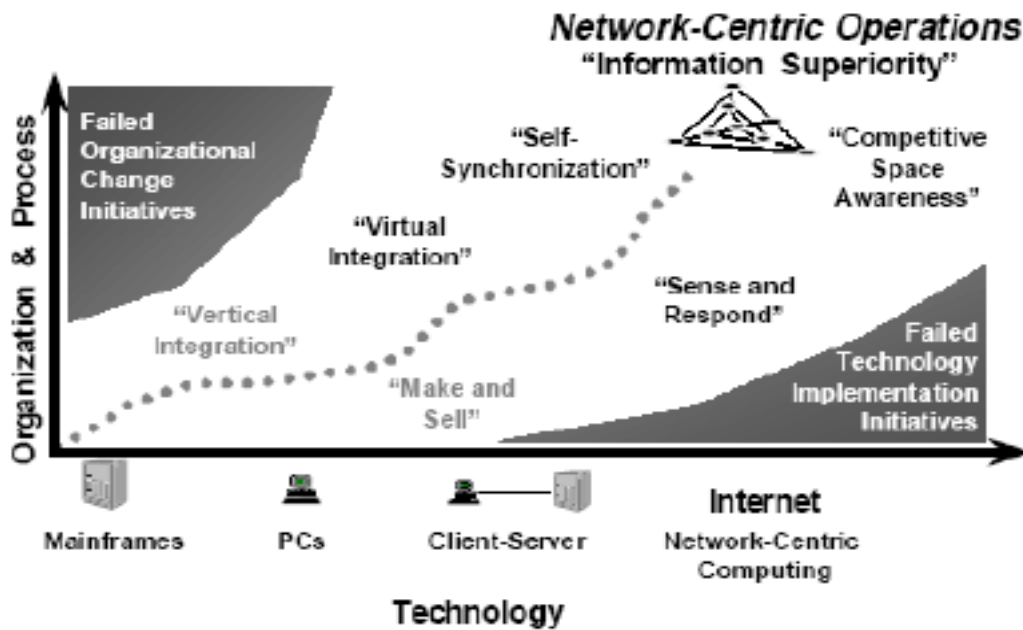
Αυτές οι τεχνολογίες θα προκαλέσουν ριζικές αλλαγές, ενώ προκρίνονται για τους εξής λόγους (Abrams, 2009):

- τα σπουδαία μετασχηματιστικά τους αποτελέσματα,
- την πιθανότητα υλοποίησης,
- την ελκυστικότητα των επενδύσεων και
- τον αναμενόμενο συνολικό αντίκτυπό τους στη μελλοντική ναυτιλιακή επιχείρηση.

Εκτιμάται ότι όλες αυτές οι επαναστατικές τεχνολογικές αλλαγές θα προκαλέσουν σημαντικές συνέπειες στην ναυτιλιακή επιχείρηση και στο διεθνές εμπόριο. Για τον ναυτιλιακό τομέα, η αλλαγή προκύπτει από την καινοτομία. Για παράδειγμα, τα αυτόνομα και έξυπνα πλοία, μετατρέπουν την επιστημονική φαντασία σε πραγματικό γεγονός. Ταυτόχρονα, υπάρχουν μεγάλες πιέσεις κόστους και «σκληρό» ρυθμιστικό πλαίσιο, λόγω των νέων περιβαλλοντικών κανονισμών (Abrams, 2009).

Από την άλλη πλευρά, η παρουσίαση ενός υψηλού επιπέδου καινοτομίας και ριζικών αλλαγών μπορεί να προκαλέσει νέους κινδύνους αλλά και τεράστιες ευκαιρίες. Για παράδειγμα, τυχόν επιθέσεις στον κυβερνοχώρο σε έξυπνα / αυτόνομα πλοία, ή η έλλειψη εξειδίκευσης που απαιτείται για τη συντήρηση και λειτουργία τέτοιων πλοίων. Η ναυτιλιακή & ναυπηγική βιομηχανία καλείται να εξετάσει και να αξιολογήσει τους πιθανούς “κινδύνους” που μπορεί να προκαλέσει η καινοτομία (Abrams, 2009).

Τέλος, στην σημερινή εποχή της παγκοσμιοποίησης και του διαδικτύου, η ανάπτυξη ενός δικτυοκεντρικού προτύπου οργάνωσης γίνεται ένα σημαντικό ζητούμενο (Abrams, 2009). Ωστόσο, σύμφωνα με τον Cebrowski (1998), ο ναυτιλιακός κλάδος είναι κυρίως προσανατολισμένος στο πλαίσιο του *αυτο συγχρονισμού (self-synchronization)*, που αποτελεί το τελευταίο στάδιο εξέλιξης της αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών και της συνεργασίας στις επιχειρηματικές οντότητες, είτε στο χώρο της Ναυτιλίας & Ναυπηγικής, είτε σε οποιοδήποτε άλλο (Διάγραμμα 10)(Abrams, 2009; Alberts, 1999).



Διάγραμμα 10. Συνδυαστική εξέλιξη των οργανωσιακών προτύπων και νέων τεχνολογιών(πηγή: Alberts, 1999).

Στη σημερινή εποχή, η ναυτιλιακή βιομηχανία βρίσκεται στην αρχή μιας νέας εποχής, όπου καθοδηγείται από την νέα τεχνολογική επανάσταση, που περιλαμβάνει την ψηφιοποίηση, την καινοτομία και ιδιαίτερα των πλήρως αυτοματοποιημένων πλοίων. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα να επηρεάσει όλες τις πτυχές των δραστηριοτήτων και των επιχειρήσεων στον κλάδο (van Dijk et al., 2018).

## 1.5 Έξυπνη Ναυτιλία

Η έξυπνη ναυτιλία αποτελεί μια εξέλιξη κυρίως στην μεταπολεμική περίοδο κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Όταν ένα πλοίο χρησιμοποιεί ντίζελ ήταν "πιο έξυπνο" από ένα πλοίο τροφοδοτούμενο με άνθρακα ή αέρα, καθώς δεν υπήρχε πλέον ανάγκη για πλήρωμα που να τροφοδοτεί με άνθρακα τις μηχανές. Τα σημερινά μηχανοστάσια χωρίς ανθρώπινη παρουσία, μπορεί να προσομοιωθούν ως μια άλλη μορφή έξυπνου πλοίου, όπως και οι υπηρεσίες με βάση δεδομένα, ή παρακολούθηση των επιδόσεων των πλοίων, ή δρομολόγηση των καιρικών συνθηκών χάρη στις δικτυωμένες τεχνολογίες (Διάγραμμα 11) (van Dijk et al., 2018).



Διάγραμμα 11. Έξυπνη Ναυτιλία (smart ship)

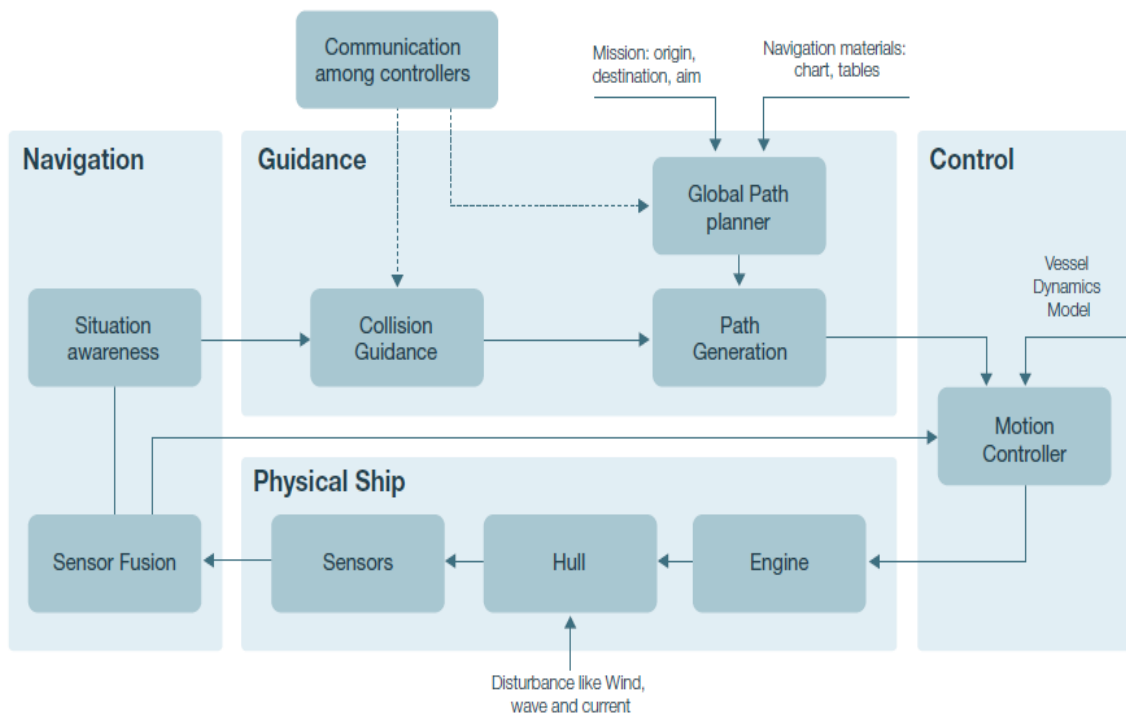
Η έξυπνη ναυτιλία έχει ως κορμό της τα έξυπνα πλοία (*smarts hips*). Αυτά ορίζονται ως "... συνέπεια της ανάπτυξης των παραδοσιακών πλοίων με μια σειρά από καινοτομίες που θα διατηρήσουν τη λειτουργία τους, αλλά ο νέος τρόπος σύνδεσης των πλοίων με διάφορες διαδικασίες καθιστά ισχυρή την πρόταση της έξυπνης ναυτιλίας που αποτελεί ανατρεπτική καινοτομία (επιχειρηματικό μοντέλο)" (Martimo, 2017).

Σε γενικές γραμμές, τα έξυπνα πλοία αποτελούνται από τέσσερα βασικά στοιχεία (Διάγραμμα 12) (Schiaretti et al., 2017; van Cappelle et al., 2018):

- **Πλοήγηση:** Το υποσύστημα πλοήγησης ενός έξυπνου πλοίου λαμβάνει δεδομένα από διάφορους αισθητήρες στο πλοίο. Τα δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες συνδυάζονται από ένα πλαίσιο σύντηξης αισθητήρων βασισμένο σε λογισμικό για τη δημιουργία μιας εικόνας του πραγματικού κόσμου. Η επίγνωση της κατάστασης (SA), ένα σύστημα βασισμένο σε λογισμικό, αξιολογεί αυτή την εικόνα για να μεταφράσει τα δεδομένα σε πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.
- **Καθοδήγηση:** Η εικόνα που δημιουργείται και αξιολογείται από το υποσύστημα πλοήγησης χρησιμοποιείται από το υποσύστημα καθοδήγησης για τη χάραξη της πορείας του πλοίου. Πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα στοιχεία συμπεριλαμβανομένων των κοντινών εμποδίων (αποφυγή σύγκρουσης), της διαδρομής από την αφετηρία στον προορισμό και άλλες πτυχές της πλοήγησης (GPS), καθώς και η κατάσταση άλλων πλοίων

(επικοινωνία). Αυτές οι διαφορετικές ομάδες πληροφοριών συνδυάζονται για τη δημιουργία της διαδρομής του πλοίου.

- *Φυσικό πλοίο*: Για την υποστήριξη του συστήματος λήψης αποφάσεων που βασίζεται σε λογισμικό, υπάρχει πρόσθετο υλικό στο φυσικό πλοίο για τη συλλογή δεδομένων. Ενώ παραδοσιακά ο πλοίαρχος κατεύθυνε το πλοίο και άλλαζε την ταχύτητα με βάση τι έβλεπε από τη γέφυρα του πλοίου, τώρα το νέο υλικό παρέχει την ίδια εικόνα και τη δυνατότητα να ενεργεί με βάση τις πληροφορίες.
- *Έλεγχος*: Το υποσύστημα ελέγχου ενός αυτόνομου πλοίου, που ονομάζεται επίσης ελεγκτής κίνησης, είναι αυτό που πραγματικά κατευθύνει το πλοίο προς τη σωστή κατεύθυνση. Το σύστημα ελέγχου που βασίζεται σε λογισμικό επεξεργάζεται τα δεδομένα που παρέχονται από το λογισμικό δημιουργίας διαδρομής, μετατρέποντάς τα σε εντολές για τα διάφορα συστήματα εντοπισμού θέσης υλικού του πλοίου.



Διάγραμμα 12. Δομή Έξυπνου Πλοίου (πηγή: Schiaretto et al., 2018 & Van Cappelle et al., 2018)

Οι τεχνολογικοί πυλώνες των έξυπνων πλοίων εκτιμάται ότι θα αποφέρουν σημαντικά οφέλη στην εμπορική ναυτιλία. Για παράδειγμα, στην αεροπορία, πετούν ήδη αεροσκάφη με αυτονομία, χωρίς την ιδιαίτερη παρέμβαση του πιλότου (Egl off et



al., 2018; Van Dijk et al., 2018; Saxon and Stone 2017; Man et al., 2015). Ωστόσο, η έξυπνη ναυτιλία έχει κάποια εμπόδια για την εξέλιξη της. Αυτά είναι τα εξής (van Dijk et al., 2018; Saxon and Stone, 2017; Man et al., 2015):

- *απαιτήσεις/ανάγκες σε τεχνολογικές υποδομές,*
- *κυβερνο- απειλές,*
- *διασύνδεση με νέους / υπάρχοντες κανονισμούς.*

Αναφορικά με την τεχνολογία που απαιτείται για έξυπνη ναυτιλία και πλοία, αυτά είναι τα ακόλουθα (Egloff et al., 2018; Van Dijk et al., 2018; Saxon and Stone, 2017; Man et al., 2015):

- ηλεκτρονικά όργανα για πλοήγηση, έλεγχο χώρων κ.λ.π. έχουν ήδη τεχνολογικά αναβαθμισθεί/βελτιωθεί (π.χ. γυροσκόπιο, Μαγνητική πυξίδα, GPS).
- παραδοσιακά συστήματα που πλησιάζουν τα όρια της φυσικής τεχνολογίας (κινητήρας, γάστρα, πρόωση) και με αξιοποίηση νέων τεχνολογιών, μπορεί να βελτιωθεί η αποδοτικότητα.
- Εκτιμάται, ότι τουλάχιστον ένα στα 10 πλοία που ναυπηγούνται (new buildings) θα είναι έξυπνα πλοία.

Από την άλλη, αναφορικά με τον ανθρώπινο παράγοντα, υπάρχει η διαπίστωση για έλλειψη ναυτιλιακών δεξιοτήτων / πόρων από το υπάρχον ανθρώπινο δυναμικό. Αυτή η έλλειψη προκαλεί μια συνεχώς εντεινόμενη ανησυχία, ιδίως καθώς τα πλοία καθίστανται πιο σύνθετα στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Η έξυπνη ναυτιλία προϋποθέτει υψηλή τεχνική & επιχειρησιακή κατάρτιση για την καλύτερη διασύνδεση των πλοίων και των πληρωμάτων τους με εξειδικευμένους χερσαίους πόρους (Blanke et al., 2017; Burmeistera et al., 2014).

Τα τρία (3) σημαντικότερα εμπόδια της Έξυπνης Ναυτιλίας είναι κυρίως (van Dijk et al. 2018, Saxon&Stone 2017, Man et al. 2015):

- *απαιτήσεις υποδομής,*
- *απειλές στον κυβερνοχώρο,*
- *διασύνδεση με νέους / υφιστάμενους κανονισμούς.*

Επιπλέον, σχετικά με την ετοιμότητα της Ναυτιλιακής Βιομηχανίας για την υιοθέτηση τεχνολογιών έξυπνων πλοίων, πιστεύεται ότι ισχύουν τα εξής (Andel, 2012; Martimo, 2017; van Dijk et al., 2018):

- ακολουθείται μια προσέγγιση "αναμονής", προτιμώντας να αφήσουν τους άλλους παίκτες του ναυτιλιακού κλάδου να πάρουν πρωτοβουλίες.
- Μερικές ναυτιλιακές επιχειρήσεις εκτιμούν ότι: *"Η βελτίωση των περιθωρίων αποτελεί ισχυρό κίνητρο για την υιοθέτηση της έξυπνης ναυτιλίας και δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι μια βασική πρόκληση για κάθε πλοιοκτήτη που εξετάζει τη συγκέντρωση δεδομένων είναι η μέτρηση ενός βασικού επιπέδου απόδοσης έναντι του οποίου μπορεί να εκτιμηθεί η παραγωγή από οποιοδήποτε νέο σύστημα αξιολόγησης"*.
- Κάποιες επιχειρήσεις της ναυτιλίας υιοθετούν πιο ενεργητική στάση, με την κατάρτιση του προσωπικού σε αντικείμενα νέων τεχνολογιών για βαθμιαία μετάβαση, σε έναν πιο κεντρικό τρόπο λειτουργίας δεδομένων.
- κάποιες ναυτιλιακές επιχειρήσεις πραγματοποιούν προκαταρκτικές έρευνες σχετικά με τις διαθέσιμες λύσεις και εκτελούν δοκιμές, για την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων.

Επίσης, για το προσωπικό απαιτείται μια αλλαγή δεξιοτήτων και συγκεκριμένα υπάρχουν επιπτώσεις όπως (Martimo, 2017; Van Dijk et al., 2018):

- επηρεάζεται το μέγεθος του πληρώματος και του προσωπικού τεχνικής υποστήριξης.
- Επηρεάζονται οι δεξιότητες & ικανότητες που απαιτούνται από το προσωπικό (ψηφιακός αλφαριθμητισμός).
- πρόβλεψη για πτώση ενδιαφέροντος στις παραδοσιακές τεχνικές της μηχανικής, ενώ αναβαθμίζεται η γνώση των ηλεκτρικών, ηλεκτρονικών, συστημάτων ελέγχου και συστημάτων λογισμικού.
- μετατόπιση της εξουσίας από το πλήρωμα στο προσωπικό της εταιρείας στην ξηρά (κέντρο επιχειρήσεων – operation centre), καθώς φαίνεται μη ρεαλιστικό να αναμένεται από ένα μικρό αριθμό ατόμων επί του πλοίου, να έχει εξειδίκευση σε πολλές τεχνολογίες.

## 1.6 Αυτόνομο Πλοίο

Ο όρος "αυτόνομο πλοίο(*autonomous ship*)" περιγράφει ένα σκάφος χωρίς πλήρωμα, αλλά με διάφορους βαθμούς αυτονομίας. Τα *αυτόνομα πλοία* γίνονται αποδεκτά από τη ναυτιλιακή κοινότητα, κυρίως για οικονομικούς λόγους με συνέπεια να συνεχίσει να αναπτύσσεται η τάση κατασκευής τους μελλοντικά. Οι κατασκευαστικές εταιρείες

*Kongsberg & Rolls-Royce* έχουν ήδη σχεδιάσει δύο αυτόνομα πλοία που θα δοκιμαστούν σε πραγματικά περιβάλλοντα στο χώρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) (Felski and Zwolak, 2020).

Η αυτόνομη ναυτιλία αναφέρεται στην ικανότητα ενός πλοίου να ελέγχει ανεξάρτητα τις ενέργειές του κατά τη μεταφορά εμπορευμάτων από ένα λιμάνι σε ένα άλλο (Rødseth, 2017). Σύμφωνα με το έργο MUNIN τα αυτόνομα πλοία ορίστηκαν ως "η επόμενη γενιά αρθρωτών συστημάτων ελέγχου και τεχνολογίας επικοινωνιών που θα επιτρέπουν την ασύρματη παρακολούθηση και τον έλεγχο λειτουργιών τόσο εντός όσο και εκτός του πλοίου. Αυτές θα περιλαμβάνουν προηγμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για την ικανότητα τηλεχειρισμού των πλοίων υπό ημι- ή πλήρως αυτόνομο έλεγχο". Σύμφωνα με τον Rødseth (2017) και IMO (2018), υπάρχουν τέσσερις βασικές εναλλακτικές λύσεις αυτοματοποίησης: (α) συμβατικά πλοία με αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων με αντίστοιχο σύστημα υποστήριξης, για παράδειγμα, σύστημα αποφυγής σύγκρουσης, (β) περιοδικά αυτόνομα πλοία, δηλαδή αυτόνομες λειτουργίες ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας, σε ανοικτή θάλασσα (γ) πλήρως αυτόνομα πλοία με διευκολύνσεις για το πλήρωμα να εισάγει τα πλοία σε ή από λιμένες, και (δ) πλήρως αυτόνομα πλοία, χωρίς εγκαταστάσεις πληρώματος επί του σκάφους. Για τις επιλογές (β) & (γ), θα υπάρχει ανάγκη για επανδρωμένο σύστημα ελέγχου στην ξηρά, με κέντρο ελέγχου ξηράς (SCC) από την πλευρά της ξηράς.

Από την άλλη πλευρά, το *Lloyds Register* προτείνει επτά (7) επίπεδα αυτονομίας ξεκινώντας από το μηδέν (0) έως το επίπεδο έξι (6), όπου το επίπεδο μηδέν περιλαμβάνει πλοία χωρίς αυτονομία, πλήρως ελεγχόμενο από ναυτικούς επί του σκάφους και επίπεδο 6 που περιλαμβάνει πλήρως αυτόνομα πλοία, λαμβάνοντας αποφάσεις και εφαρμόζοντας διαδικασίες χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση (Διάγραμμα 13) (Emad et al., 2020).



Διάγραμμα 13. Τα 7 Επίπεδα αυτονομίας κατά Lloyd's Register (πηγή: <http://www.shipfed.ca/data/MarinersWorkshop/2019/Presentations/17AutonomousShipping-Covill.pdf>)

Ωστόσο, ο IMO όρισε τέσσερα (4) επίπεδα αυτονομίας. Αυτά έχουν την ακόλουθη διάρθρωση (Burmeistera et al., 2014; Emad et al., 2020; Martimo, 2017; Van Den Boogaard et al., 2016; van Dijk et al., 2018; Man et al., 2015):

- *Επίπεδο 1<sup>ο</sup> (manned ship)*: Πλοίο με αυτοματοποιημένες διαδικασίες και υποστήριξη αποφάσεων.
- *Επίπεδο 2<sup>ο</sup> (remote ship)*: Πλοίο που ελέγχεται και λειτουργεί από άλλη τοποθεσία, αλλά οι ναυτικοί βρίσκονται στο πλοίο.
- *Επίπεδο 3<sup>ο</sup> (automated ship)*: Τηλεχειριζόμενο πλοίο χωρίς ναυτικούς: Το πλοίο ελέγχεται και λειτουργεί από άλλη τοποθεσία. Δεν υπάρχουν ναυτικοί στο πλοίο.
- *Επίπεδο 4<sup>ο</sup> (fully autonomous ship)*: Πλοίο πλήρως αυτοματοποιημένο, όπου το πληροφοριακό σύστημα του, λαμβάνει αποφάσεις και καθορίζει από μόνο του ενέργειες.

Στη σημερινή εποχή, η ναυτιλία βρίσκεται στο επίπεδο 1 όπου το επίπεδο 3 αναφέρεται σε μη επανδρωμένα πλοία, το επίπεδο 4 περιλαμβάνει πλήρως αυτόνομα πλοία. Γενικά, ο σχεδιασμός των αυτόνομων πλοίων και η Ναυτιλία 4.0 αποτελούν σημαντικά ερευνητικά και εμπορικά ζητήματα, ενώ ο αυτόματος σχεδιασμός διαδρομών είναι ένα από τα πιο ουσιώδη επιστημονικά ζητήματα που απαιτούν περαιτέρω ερευνητική διερεύνηση. Ο βαθμός αυτονομίας είναι καθοριστικός παράγοντας για την πλοήγηση ενός πλοίου. Τα πλήρως αυτόνομα πλοία λειτουργούν με την βοήθεια ειδικών αλγορίθμων και λογισμικού που διαμορφώνουν την αξιόπιστη και ασφαλή πλεύση του σκάφους. Προϋποθέτει νέες τεχνολογικές υποδομές για επικοινωνίες και αυτόματο έλεγχο. Είναι σημαντική η ύπαρξη επίσης αξιόπιστων και τεχνολογικά αναβαθμισμένων αισθητήρων (Διάγραμμα 14) (Emad et al., 2020; Martimo, 2017; Van Den Boogaard et al., 2016).

Όσον αφορά τα τηλεκατευθυνόμενα πλοία, αυτά βρίσκονται υπό τον έλεγχο ενός "μητρικού σταθμού εδάφους", που ελέγχει και κατευθύνει το μη επανδρωμένο πλοίο κατά τη πλεύση του. Ο σταθμός ελέγχου αντικαθιστά το ρόλο του πλοιάρχου-κυβερνήτη και το χειριστήριο του πλοίου, που χειρίζεται από ένα φυσικό πρόσωπο με τη βοήθεια της δορυφορικής επικοινωνίας. Απαιτούνται συστήματα κάμερας και οπτικοακουστικών αισθητήρων τοποθετημένα στο κύτος του πλοίου. Συνεπώς, η διαχείριση του πλοίου επιτυγχάνεται από κάποιον έμπειρο πλοίαρχο, που σε όλη τη διάρκεια του ταξιδιού δεν επιβαίνει στο πλοίο, αλλά δίνει εντολές, κατευθύνει το

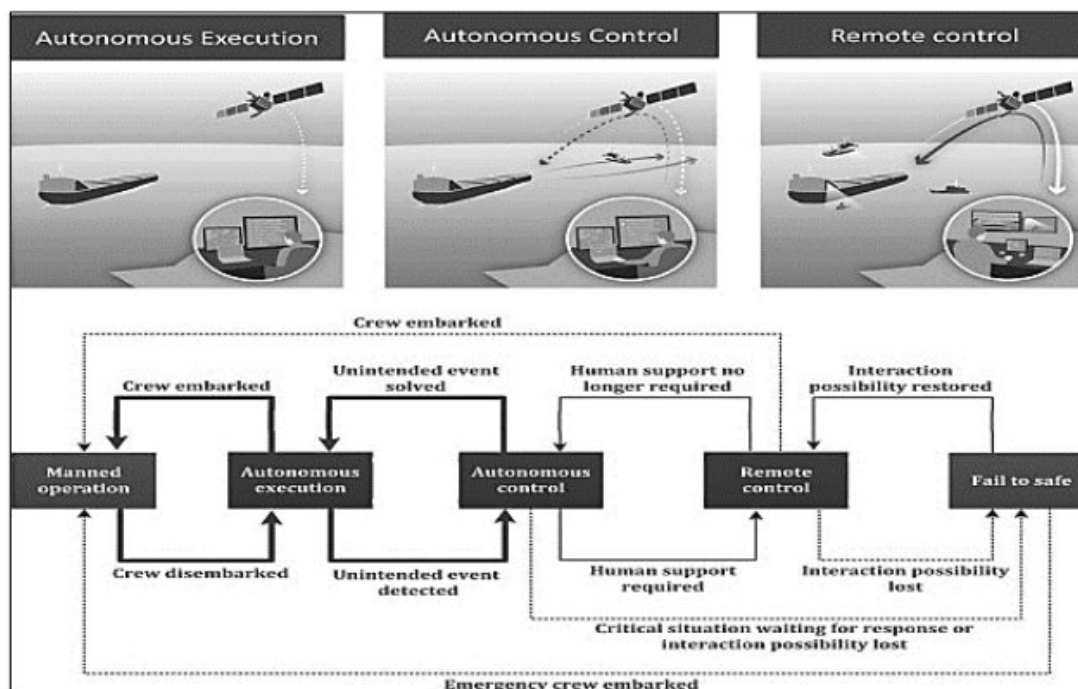
πλοίο από απόσταση (ξηρά) και σε κάθε χρονική στιγμή με απόλυτη γνώση της τοποθεσίας που βρίσκεται το πλοίο. Παρά τις τεχνολογικές διαφορές των δύο αυτών ειδών αυτονομίας, το κοινό τους χαρακτηριστικό είναι η απουσία ανθρώπινου παράγοντα πάνω στο πλοίο (Emad et al., 2020; Martimo, 2017; Van Den Boogaard et al., 2016).



Διάγραμμα 14. Πλοήγηση μη επανδρωμένου πλοίου στο μέλλον (Ναυτιλία 4.0)

Συνοψίζοντας, οι λειτουργίες ενός αυτόνομου πλοίου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε (5) διαφορετικούς κατηγορίες (Διάγραμμα 15) (Porathe et al., 2014):

- Επανδρωμένη (παραδοσιακή) λειτουργία,
- Αυτόνομη εκτέλεση,
- Αυτόνομος έλεγχος,
- Απομακρυσμένος έλεγχος και
- Λειτουργία σε κατάσταση ασφαλούς αποτυχίας.



Διάγραμμα 15. Οι λειτουργίες του μη επανδρωμένου πλοίου σύμφωνα με το έργο MUNIN (πηγή: Burmeistera et al., 2014).

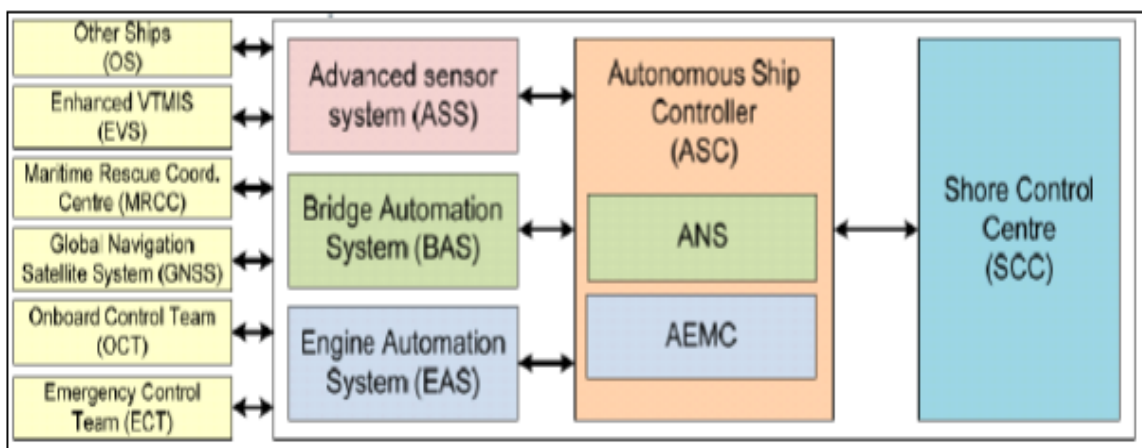
Έχουν αναπτυχθεί διάφορα έργα ανάπτυξης αυτόνομων πλοίων. Τέτοια είναι τα ακόλουθα ((Burmeistera et al., 2014; Rødseth 2017):

- Έργο *MUNIN*. Είναι το πρώτο έργο αφιερωμένο στην ανάπτυξη τεχνολογίας αυτόνομων πλοίων. Ξεκίνησε το 2012 σε συνεργασία με οκτώ εταιρίες από τη Νορβηγία, Γερμανία, Σουηδία, Ισλανδία και Ιρλανδία. Το πρόγραμμα *MUNIN* κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν σημαντικά εμπόδια για την υλοποίηση ενός πλήρως αυτόνομου πλοίου, αλλά υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί. Μεταξύ των περιορισμών, ο σημαντικότερος ήταν η ανάπτυξη εφικτών επιχειρηματικών μοντέλων σε βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη βάση, η οποία αποτελεί μια από τις κύριες συνεισφορές του έργου. Ειδικότερα, η αρχιτεκτονική του *MUNIN* (Διάγραμμα 16) περιλαμβάνει για την δημιουργία ενός αυτόνομου πλοίου, τα εξής (Burmeister et al., 2014; Bruhn & Burmeister 2013, Porathe et al. 2014):
  - *Αυτόνομα Συστήματα Κινητήρα*. Περιλαμβάνει το σύστημα αυτόνομου ελέγχου και παρακολούθησης κινητήρων (Autonomous Engine Monitoring and Control System-AEMC), το σύστημα βελτιστοποίησης απόδοσης κινητήρα (Engine Efficient System) και το σύστημα συντήρησης (Maintenance Interaction System).

- Σύστημα βελτιστοποίησης απόδοσης κινητήρα. Διασφαλίζει ότι τα μηχανήματα παραγωγής ενέργειας λειτουργούν αποδοτικά, ενώ παράλληλα εφαρμόζει έλεγχο της κατανάλωσης καυσίμων και ενέργειας στοχεύοντας τη μείωση των εκπομπών καυσαερίων.
- Αυτόνομο Σύστημα Γέφυρας. Περιλαμβάνει τα συστήματα που υπάρχουν στη γέφυρα του πλοίου και τον αντίστοιχο εξοπλισμό τους, για να υλοποιηθεί η πλοήγηση του αυτόνομου πλοίου με την ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση.
- Αυτόνομο σύστημα πλοήγησης (*Autonomous Navigation System- ANS*). Αφορά το κύριο υποσύστημα του αυτόνομου συστήματος γέφυρας. Όλα τα πλοία Εμπορικού Ναυτικού για να πλέουν με ασφάλεια, διαθέτουν ηλεκτρονικά όργανα πλοήγησης(ARPA,AIS). Αυτά, σε συνδυασμό με τα ηλεκτρονικά συστήματα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS) και το GNSSπαρέχουν πληροφορίες που βοηθούν στη μείωση των συγκρούσεων των πλοίων και στη καλύτερη διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Ωστόσο, τα συστήματα πλοήγησης στα παραδοσιακά πλοία είναι απλώς υποστηρικτικά, ενώ το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης, που σχεδιάστηκε στο MUNIN, θα έχει σε συνδυασμό με τη βοήθεια του προσωπικού από το κέντρο ελέγχου της ξηράς, την δυνατότητα ασφαλούς πλοήγησης. Το συγκεκριμένο σύστημα προγραμματίζει και ακολουθεί ένα πλάνο ταξιδιού που εγκρίνεται από το κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης του αυτόνομου πλοίου θα πρέπει να αποτελείται από: (α) μια μονάδα για την αποφυγή σύγκρουσης &(β) για την παρακολούθηση του καιρού.
- Αυτόνομο σύστημα αισθητήρων. Παρακολουθεί το περιβάλλον του πλοίου, αξιοποιώντας τα δεδομένα που προσφέρονται από τα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης (π.χ. ραντάρ, AIS), σε συνδυασμό με σύγχρονες φωτογραφικές μηχανές ημέρας και υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η λειτουργία του στοχεύει στη διατήρηση μίας διαρκούς παρακολούθησης της θαλάσσιας κίνησης και των πιθανών εμποδίων, που το πλοίο μπορεί να συναντήσει και μπορεί να αποσκοπεί στη συμμόρφωση με τον πέμπτο κανόνα COLREGs, όπου απαιτεί "*a proper look-out [...] by all available means to make a full appraisal of the situation and the risk of collision*".

- *Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου Πλοίου (Autonomous Ship Controller-ASC).* Αφορά την αξιολόγηση των δεδομένων που προέρχονται από τους αισθητήρες του πλοίου και των δεδομένων που έχουν προκύψει από το κέντρο ελέγχου και πραγματοποιεί τις κατάλληλες ενέργειες στα υπόλοιπα αυτοματοποιημένα συστήματα του πλοίου
- *Κέντρο ελέγχου ξηράς(Shore Control Center-SCC).* Πραγματοποιείται ο έλεγχος του αυτόνομου πλοίου. Τα υποσυστήματα που υπάγονται στο κέντρο απομακρυσμένου ελέγχου του πλοίου είναι το απομακρυσμένο σύστημα ελιγμών (Remote Manoeuvring Support System-RMSS) και το σύστημα διεπαφής του πλοίου με τη ξηρά (Human Machine Interface-HMI). Δεν είναι απαραίτητο η μετάδοση όλων των δεδομένων στο κέντρο ελέγχου, αλλά εφόσον συμβεί ένα γεγονός (event), τότε οι πληροφορίες πρέπει να μεταφέρονται σε πραγματικό χρόνο. Η δε ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να μεταφερθούν είναι ανάλογη με τον αριθμό των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται επί του πλοίου.

Γενικά, η *αρχιτεκτονική προσέγγιση* του αυτόνομου πλοίου θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι το πλοίο παρακολουθείται και ελέγχεται πλήρως από ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Παράλληλα, όμως, θα πρέπει ο συνδυασμός των λειτουργικών ορίων και των αυτόνομων συστημάτων του, να ελαχιστοποιούν το φορτίο του χειριστή στο κέντρο ελέγχου, για να επιτρέπεται η παρακολούθηση ενός στόλου πλοίων. Οι βασικές κατηγορίες συστημάτων που απαιτούνται για να επιτευχθεί η αυτόνομη λειτουργία στο MUNIN φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα (MUNIN, 2013):

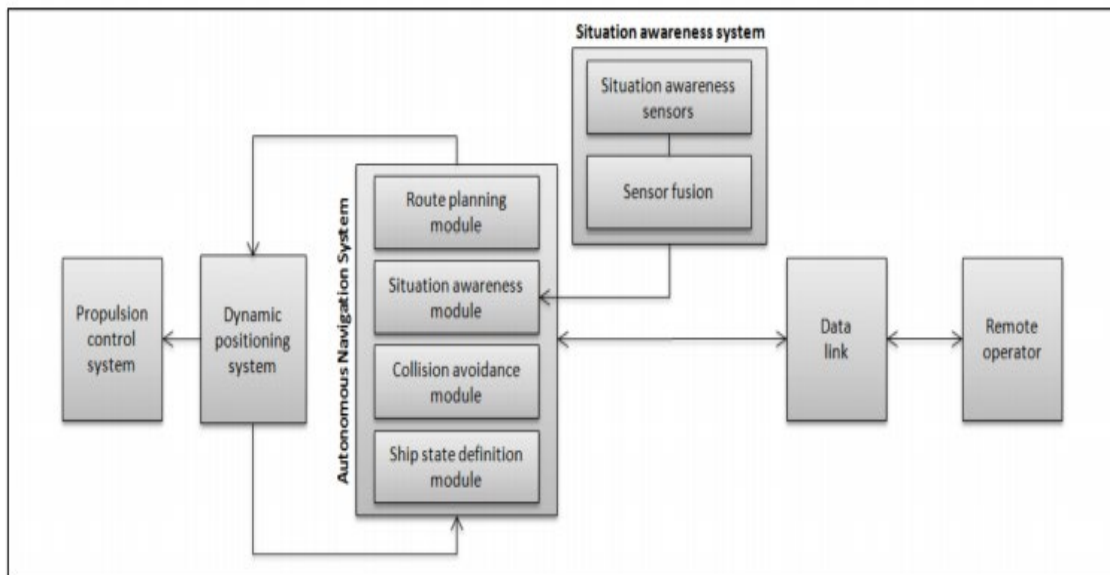


Διάγραμμα 16.Αρχιτεκτονική αυτόνομου πλοίου του έργου MUNIN (πηγή: MUNIN 2013)



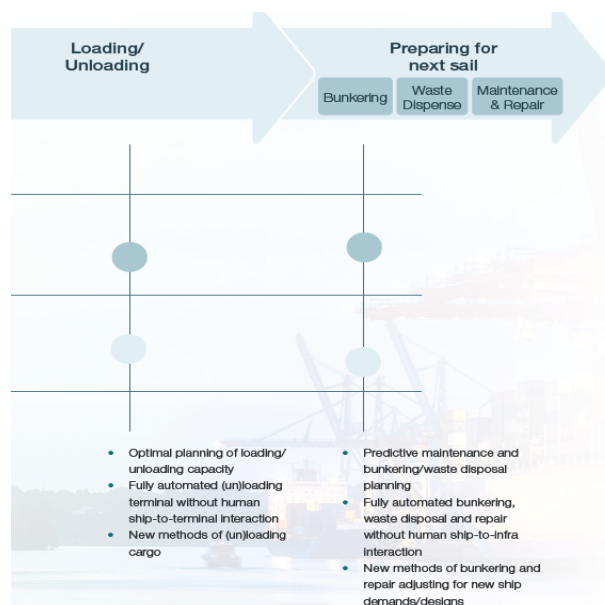
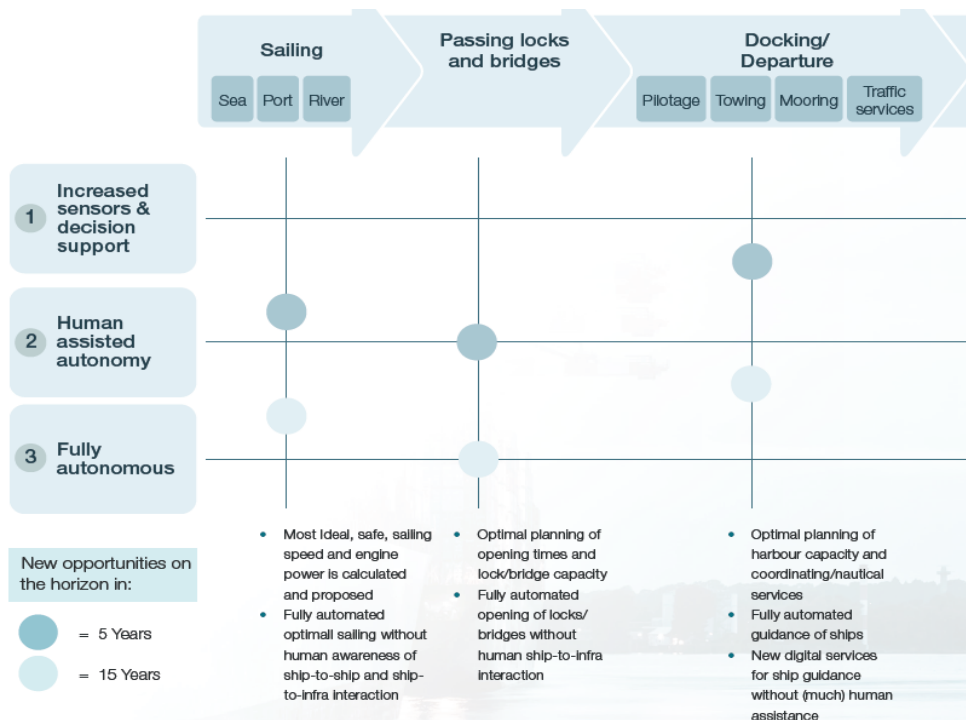
- *Έργο AAWA*. Το κέντρο ελέγχου της ξηράς παρεμβαίνει σε κάθε στάδιο για να αναλάβει άμεσο έλεγχο για γενικό ή ειδικό χειρισμό καταστάσεων. Η αρχιτεκτονική του *αυτόνομου πλοίου AAWA*, περιλαμβάνει το *αυτόνομο σύστημα πλοήγησης (Autonomous Navigation System-ANS)*, που με τη σειρά του διαθέτει τα εξής υπο-συστήματα (Διάγραμμα 17):
  - *υποσύστημα σχεδιασμού της διαδρομής (Route Planning- RP)*,
  - *υποσύστημα επίγνωσης της κατάστασης (Situational Awareness-SA)*,
  - *υποσύστημα αποφυγής σύγκρουσης (Collision Avoidance-CA)* και τέλος
  - *υποσύστημα καθορισμού της κατάστασης του πλοίου (Ship State Definition-SSD).*

Τα υποσυστήματα αυτά διασυνδέονται μεταξύ τους, και με το σύστημα δυναμικής τοποθέτησης (Dynamic Positioning -DP) και το σύστημα ελιγμών.



Διάγραμμα 17. Αρχιτεκτονική αυτόνομου πλοίου AAWA (πηγή: AAWA 2016).

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η διαδικασία επίδρασης των αυτόνομων/έξυπνων πλοίων στις δραστηριότητες στον ναυτιλιακό κλάδο. Ο άξονας X απεικονίζει τις διάφορες φυσικές δραστηριότητες που εκτελούνται στο θαλάσσιο οικοσύστημα, ενώ ο άξονας Y παρουσιάζει τα τρία (3) αυξανόμενα στάδια της αυτονομίας: (α) αυξημένοι αισθητήρες και υποστήριξη αποφάσεων, (β) ανθρώπινη αυτονομία & (δ) πλήρως αυτόνομα πλοία. Οι έγχρωμοι κύκλοι παρουσιάζουν την ενοποιημένη γνώμη της ομάδας εμπειρογνομόνων (experts) σχετικά με την εξέλιξη του ναυτιλιακού κλάδου ως οικοσυστήματος, την επόμενη 5ετία & 15ετία (Negenborn et al., 2018).



Διάγραμμα 17. Επίπτωση αυτόνομων πλοίων στο ναυτιλιακό οικοσύστημα (πηγή: Negenborn et al., 2018).

Όσον αφορά τις αναγκαίες προϋποθέσεις για αυτόνομες λειτουργίες, πρέπει υπάρχουν τα εξής χαρακτηριστικά (Man et al., 2018; Negenborn et al., 2018):

- Ωριμότητα και αξιοπιστία της επίγνωσης κατάστασης του αντικειμένου.
- Διαθεσιμότητα επαρκών υποδομών δικτύου επικοινωνιών.
- Κοινή αρχιτεκτονική δεδομένων, διεπαφές και διακυβέρνηση για αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εταιρειών, εφαρμόσιμη σε μεγάλη κλίμακα.

- Ασφάλεια.
- Σχεδιασμός και δημιουργία κέντρου ελέγχου ακτής (SCC).
- Κανονιστικό πλαίσιο.
- Σαφής νομική ευθύνη σε περίπτωση εμποδίων και συμβάντων.

## ΔΕΥΤΕΡΟΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΝΑΥΤΙΛΙΑ 4.0

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το εννοιολογικό πλαίσιο της Ναυτιλίας 4.0, από τεχνολογική και επιχειρηματική πλευρά, όπως επίσης και οι μελλοντικές εξελίξεις με την μελλοντική εμφάνιση της Βιομηχανίας 5.0 και αντίστοιχα ο αντίκτυπος της στην Ναυτιλία 5.0.

#### 2.1 Ψηφιοποίηση (Digitalization) στην Ναυτιλία

Στην ναυτιλιακή βιομηχανία, ο όρος ναυτιλία αναφέρεται στην θαλάσσια μεταφορά εμπορευμάτων με πλοία (Munim, 2019). Η ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί επίσης συνώνυμο του παγκόσμιου εμπορίου, καθώς είναι ο σημαντικότερος παίκτης στην Βιομηχανία εμπορευμάτων (Struck, 2020). Το γεγονός ότι το 90% του παγκόσμιου εμπορίου διακινείται μέσω της θάλασσας, αναδεικνύει το ρόλο της ναυτιλιακής βιομηχανίας ως ραχοκοκαλιά της παγκόσμιας οικονομίας (Emad et al., 2021). Επιπλέον, η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει αντιμετωπίσει διάφορες προκλήσεις, όπως οι κοινωνικές, η κλιματική αλλαγή, η οικονομική και, κυρίως, ο ταχύς ρυθμός της τεχνολογικής ανάπτυξης, η οποία απαιτεί από τη βιομηχανία να είναι έτοιμη να εκλάβει αυτές τις προκλήσεις ως ευκαιρία και όχι ως απειλή (Zaman et al., 2017). Ως εκ τούτου, η νέα γενιά της Βιομηχανίας 4.0 με τις τεχνολογίες – πυλώνες της, όπως τα αυτόνομα πλοία στο χώρο της ναυτιλιακής – ναυπηγικής βιομηχανίας, έχουν τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις στον τομέα της ναυτιλίας (Gu et al., 2021).

Η διαδικασία ψηφιοποίησης (βασική προϋπόθεση στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση) στον θαλάσσιο τομέα δεν μπορεί να συμβεί από τη μια μέρα στην άλλη. Για παράδειγμα, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) ξεκίνησε την ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα το 2006 με σκοπό τη συλλογή, ανταλλαγή, ανάλυση και ενσωμάτωση δεδομένων με ηλεκτρονικά μέσα τόσο επί του πλοίου όσο και επί της ξηράς για την υποστήριξη των ανθρώπινων χειριστών, ωστόσο ποτέ δεν εφαρμόστηκε πλήρως (Kitada et al., 2018). Επιπλέον, οι συνεχείς αλλαγές στη ναυτιλία λόγω της ψηφιοποίησης θα απαιτήσει τροποποιήσεις στον τύπο και στα μεγέθη του πλοίου, την επάρκεια του πληρώματος, τη διαχείριση της κυκλοφορίας, τη μεταφορά διαδρομών, καθώς και των κανόνων και κανονισμών του IMO (Baldauf et al., 2018).

Ο αντίκτυπος της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης στη ναυτιλία μπορεί να παρατηρηθεί σε ολόκληρο τον κλάδο, συμπεριλαμβανομένων των λιμανιών, της ναυτιλίας, και των λειτουργιών και των υπηρεσιών τους (Sullivan et al., 2020). Η εφαρμογή της Βιομηχανίας 4.0 στη ναυτιλιακή βιομηχανία απαιτεί όλους τις τομείς να συνδεθούν και να αναπτυχθούν ταυτόχρονα. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί όχι ως πρόκληση αλλά ως ευκαιρία για τον τομέα της ναυτιλίας ο οποίος απαιτεί βελτιωμένη συνδεσιμότητα μεταξύ λιμένων και πλοίων. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι τα πλοία και οι λιμένες θα πρέπει να εξετάσουν τη διαδικασία μετασχηματισμού μέσω της ψηφιοποίησης (Quitau et al., 2018). Έτσι, η μεγαλύτερη συνδεσιμότητα στον τομέα της ναυτιλίας θα προσφέρει περισσότερες ευκαιρίες για την απασχόληση αυτόνομων και μη επανδρωμένων πλοίων στο μέλλον που θα προετοιμάσει την επόμενη βιομηχανική επανάσταση, τη βιομηχανία 5.0.

Ειδικότερα, ενώ όλες οι βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένης της ναυτιλίας, αγκαλιάζουν και σε ορισμένες περιπτώσεις αναγκάζονται από τις ανταγωνιστικές πιέσεις να εφαρμόσουν Βιομηχανία 4.0, ορισμένες βιομηχανίες εξετάζουν ήδη τον αντίκτυπο της Βιομηχανία 5.0. Στην βιομηχανία 4.0 η κύρια εστίαση είναι η ψηφιοποίηση, η οποία υιοθετεί έξυπνες μηχανές και συστήματα για την αυτοματοποίηση και την ανταλλαγή δεδομένων ή ακόμη και τον αλληλο έλεγχο, χωρίς την ανθρώπινη παρουσία. Ωστόσο, η κύρια εστίαση της Βιομηχανίας 5.0 είναι να επαναφέρει το μυαλό και το χέρι του ανθρώπου στο βιομηχανικό πλαίσιο (Mortson, 2018). Υπάρχουν διαφορετικά οράματα και θέματα σχετικά με τη βιομηχανία 5.0, αλλά το πιο δημοφιλές είναι η συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ, η οποία τονίζει ότι οι άνθρωποι και οι μηχανές πρέπει να συνεργάζονται. Ο στόχος είναι οι άνθρωποι να φέρνουν δημιουργικότητα και καινοτομίες και τα ρομπότ ως ευφυές σύστημα να εκτελούν το απαιτούμενο έργο (Demir et al., 2019).

Έτσι, ενώ το κύριο μέλημα της Βιομηχανίας 4.0 αφορά την αυτοματοποίηση, η Βιομηχανία 5.0 θα είναι μια συνέργεια μεταξύ ανθρώπων και αυτόνομων μηχανών" (Nahavandi, 2019, σ. 3). Η βιομηχανία 5.0 θα τοποθετήσει τον άνθρωπο πίσω στο βιομηχανικό πλαίσιο με έμφαση στην συνεργασία άνθρωπου/μηχανή (Rossi, 2018). Οι Sułkowski et al. (2021, σ. 16) δήλωσαν ότι "*Το μέλλον είναι σήμερα...*", η οποία αποτελεί μια σχετική προοπτική για τη ναυτιλία.

Για το μέλλον της ναυτιλίας, υπάρχει ζωτική ανάγκη να γνωρίζουμε τις διάφορες πτυχές της ναυτιλίας 4.0 ή της αυτόνομης ναυτιλίας στην εποχή της Βιομηχανίας 4.0. Η ψηφιοποίηση έχει οδηγήσει σε μια σειρά αλλαγών στις λειτουργίες των πλοίων,

την επάνδρωση και στην αυτοματοποίηση, οι οποίες συλλογικά θα ενισχύσουν την παραγωγικότητα στη ναυτιλία. Ο επόμενος πίνακας υπογραμμίζει την ανοδική ροή των καινοτομιών που σχετίζονται με τα πλοία που οδήγησαν σε επαναστάσεις στον κόσμο της ναυτιλίας (Emad et al., 2020).

Πίνακας 1. Οι επαναστάσεις στην Ναυτιλία (πηγή: Ema detal., 2020)

Shipping Revolution	Timeline	New Feature in Ship
Shipping 1.0	Around 1800	Steam engines
Shipping 2.0	Around 1910	Diesel engines
Shipping 3.0	Around 1970	Automation and computerised system
Shipping 4.0	Now	Digitalisation in all aspect of shipping

## 2.2 Πλαίσιο Ναυτιλίας 4.0

Στο ναυτιλιακό περιβάλλον, η καινοτομία αφορά μεγάλης κλίμακας διαμορφώσεις διασυνδεδεμένων φυσικών και ψηφιακών συστημάτων και υποδομών, που υποστηρίζουν την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων και την προσφορά νέων θαλάσσιων μεταφορικών υπηρεσιών. Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τα μαζικά δεδομένα και η τεχνολογία νέφους (cloud computing), περιλαμβάνουν τις μοντέρνες ναυτικές ψηφιακές τεχνολογίες, συγκεκριμένα το Shipping 4.0, όπου παρουσιάζουν τα ακόλουθα σχετικά χαρακτηριστικά (Demirkan et al., 2015; Agarwal and Dhar, 2014; Chen et. al., 2014; Manyika et al., 2011):

- ο κοινός εξοπλισμός μπορούν να αναγνωριστούν/εντοπιστούν μεμονωμένα αξιοποιώντας αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.
- οι θαλάσσιες εφοδιαστικές υποδομές εξαρτώνται από τεχνολογίες πολλαπλών δικτύων.
- ευφυείς υπηρεσίες, καθιστώντας το θαλάσσιο περιβάλλον υπηρεσιών έξυπνο, μέσω υπολογιστών.
- αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης μέσω νέων δυνατοτήτων επεξεργασίας με χρήση τεχνικών επεξεργασίας και υπολογισμού μαζικών δεδομένων (Big data), προσφέροντας νέες, προηγμένες δυνατότητες, όπως η block chain τεχνολογία και επιτρέπουν την προσφορά καινοτόμων έξυπνων ναυτιλιακών υπηρεσιών.

- η τεχνολογία νέφους(cloud computing) υποστηρίζει τις ανάγκες αποθήκευσης, ανάπτυξης και εφαρμογής της Ναυτιλίας 4.0 (Shipping 4.0) ως βοηθητική τεχνολογία.

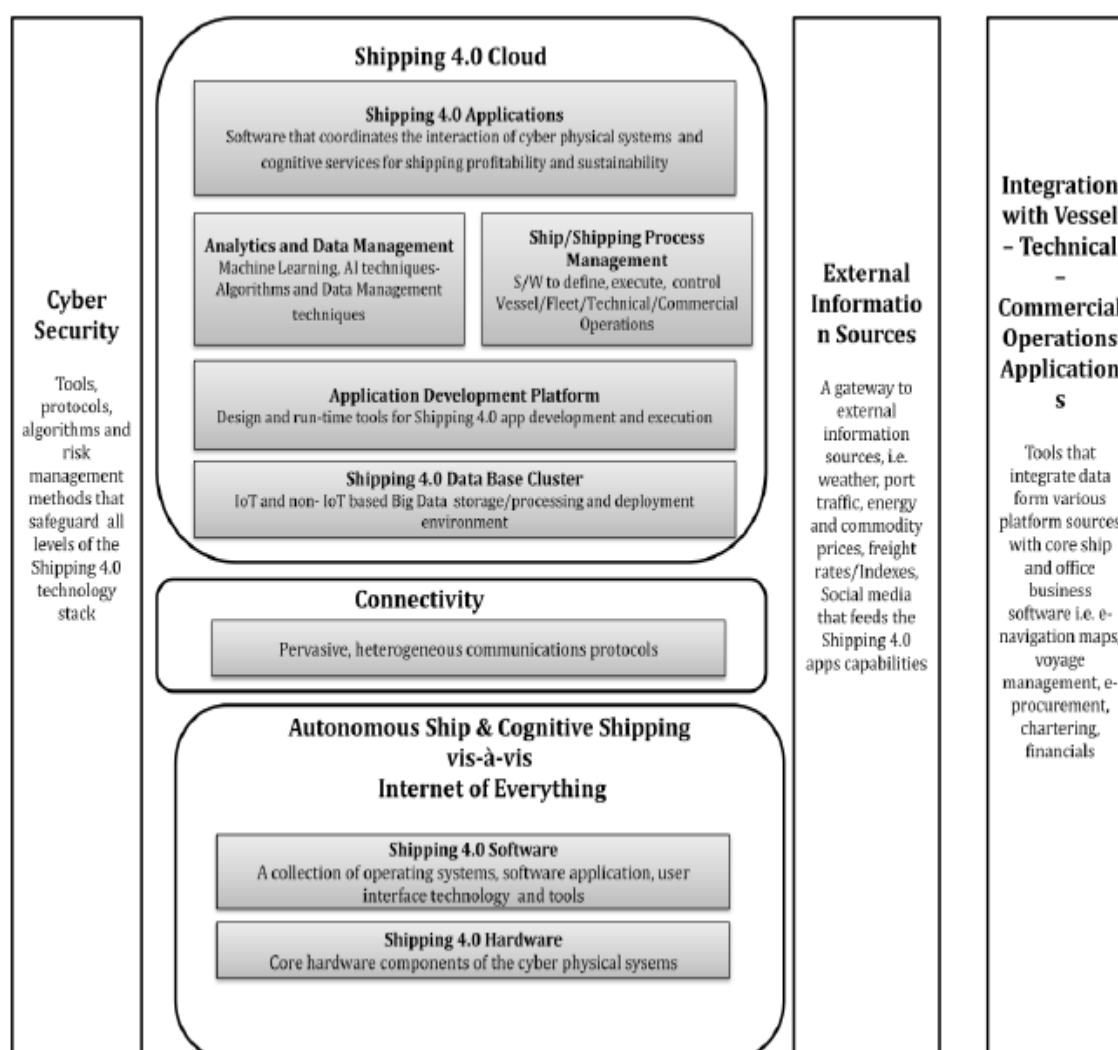
Επομένως, το Shipping 4.0 είναι μια συλλογή νέων και διεπιστημονικών τεχνολογιών, ενώ εισάγει την Ναυτιλία στην περίοδο του ψηφιακού μετασχηματισμού, όπου αποτυπώνει την διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για βέλτιστη συλλογή, επεξεργασία και δικτύωση δεδομένων. Το μέλλον της ναυτιλίας εξαρτάται κυρίως από τη διαδικασία του ψηφιακού μετασχηματισμού και προϋποθέτει κατάλληλα συστήματα για απόκτηση, μετάδοση, αποθήκευση και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η δια-σύνδεση και δικτύωση μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, με ελαχιστοποίηση λειτουργικού κόστους, με ταυτόχρονη αύξηση των εσόδων και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των μηχανών(Διάγραμμα 14) (Jokioinen et al., 2017; Chen et al., 2016; Lee et al., 2014).



Διάγραμμα 14. Τεχνολογίες της Ναυτιλίας 4.0 (πηγή: SINTEF 2017)

Επιπλέον, το περιβάλλον της Ναυτιλίας 4.0 μπορεί να υποβληθεί σε μοντελοποίηση, σύμφωνα με τις αρχιτεκτονικές πολλαπλών επιπέδων (στοίβα τεχνολογιών), που σημαίνει στην αναδιαμόρφωση πολλών στοιχείων λογισμικού και εξοπλισμού (π.χ. IoT, Big Data κλπ.). Οι δε Porter και Heppelmann, (2014), προτείνουν να γίνει προσαρμογή της στοίβας τεχνολογίας της Ναυτιλίας 4.0 (Shipping 4.0), που αποτελείται από τρία (3) θεμελιώδη επίπεδα: (i) το επίπεδο έξυπνου πλοίου, (ii) το

επίπεδο ψηφιακής συνδεσιμότητας και το (ii) Αποστολή 4.0 μέσω νέφους - επίπεδο πληροφοριών (Διάγραμμα 15)(Lambrou and Ota, 2017)



Διάγραμμα 15. Επίπεδα της στοίβας της τεχνολογίας της Ναυτιλίας 4.0 (πηγή: Porter and Herrpellmann, 2014).

Η τεχνολογία που στηρίζεται η Ναυτιλία 4.0(Shipping 4.0),εκτιμάται ότι διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στο σχηματισμό και τη λειτουργία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και, επομένως, στην καινοτομία των υπηρεσιών, καθώς οι πληροφοριακοί πόροι (συνδυάζονται και ανταλλάσσονται με νέους τρόπους που δημιουργούν νέες δυνατότητες κέρδους, αιφορίας, ασφάλειας και αποδοτικότητας. Οι ψηφιακές πλατφόρμες που στηρίζονται στο τεχνολογικό πλαίσιο της Ναυτιλίας 4.0, λειτουργούν ως βάση για τις ναυτιλιακές εταιρείες ώστε να αναπτύξουν προϊόντα, τεχνολογίες και υπηρεσίες συμπληρωματικά (Gawer and Cusumano, 2014). Επιπλέον, αποτελούν μια αναδυόμενη μορφή της έξυπνης ναυτιλίας με



προσφορά έξυπνων υπηρεσιών. Οι ψηφιακές θαλάσσιες υποδομές που "συλλέγουν, επεξεργάζονται, διανέμουν και χρησιμοποιούν πληροφορίες" υποστηρίζεται ότι "επιτρέπουν ριζικά νέους (εκ νέου) συνδυασμούς ψηφιακών και φυσικών συστατικών για α παράγουν νέα προϊόντα και υπηρεσίες" (Yoo et al. 2010). Στο επόμενο σχήμα φαίνονται όλες αυτές οι ψηφιακές υποδομές για την Ναυτιλία που επιτρέπουν τη δημιουργικότητα της ψηφιακής πλατφόρμας πάνω στην οποία πολλοί (ναυτικοί) οργανισμοί/εταιρείες μπορούν να καινοτομήσουν (Gawer and Cusumano, 2014; Orlikowski and Scott, 2015; Lambrou and Ota, 2017).

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται το πλαίσιο της Ναυτιλίας 4.0 αναφορικά με καινοτομία των ψηφιακών υπηρεσιών σε συνάρτηση με τέσσερις βασικούς παράγοντες (Orlikowski and Scott, 2015):

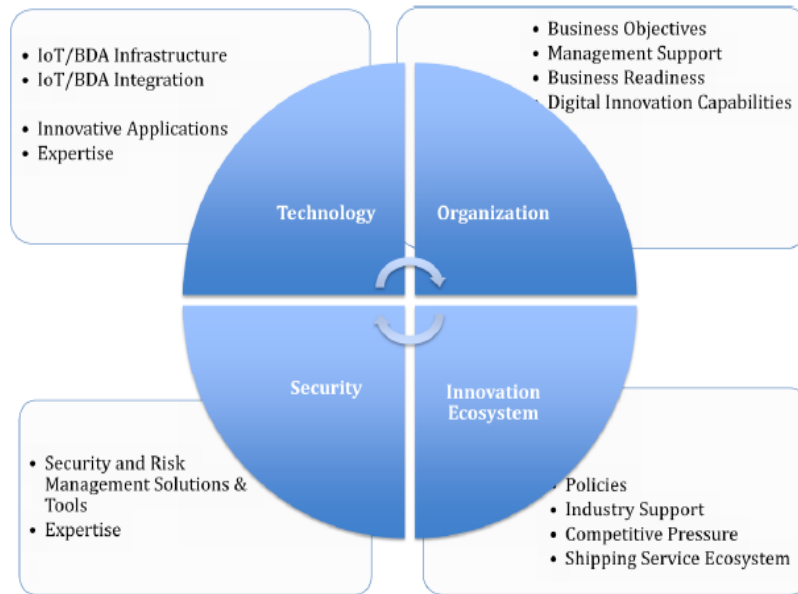
- γνωστικά συστήματα,
- ναυτικά κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS),
- ναυτιλιακές ψηφιακές υποδομές,
- οικοσύστημα ναυτιλιακών υπηρεσιών,



Διάγραμμα 16. Ναυτιλία 4.0 και Καινοτομία ναυτιλιακών ψηφιακών υπηρεσιών (πηγή:Lambrou and Ota, 2017)

Οι Lambrou και Ota (2017) εξειδικεύουν περαιτέρω για το περιβάλλον της Ναυτιλίας 4.0 σχετικά με τους παράγοντες τεχνολογικής αποδοχής (Διάγραμμα 17):

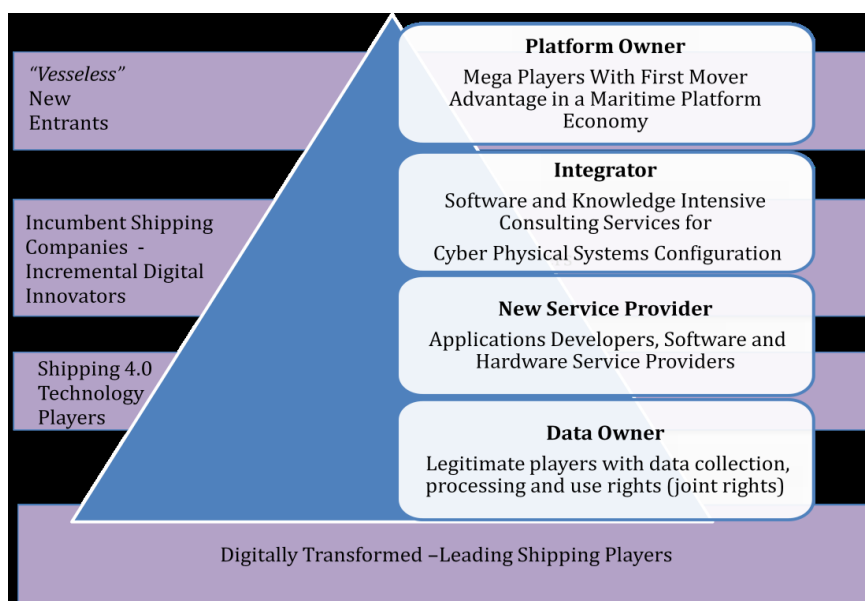
- Τεχνολογία (περιλαμβάνει τις σχετικές υποδομές).
- Επιχείρηση (σκοπός, στόχοι, ικανότητες κλπ.).
- Ασφάλεια (κίνδυνοι, εργαλεία διαχείρισης κλπ.).
- Οικοσύστημα καινοτομίας. Από περιλαμβάνει:
  - *Πολιτικές*: αφορά οργανωμένες πολιτικές σε διεθνές επίπεδο (IMO, ΟΗΕ), και περιφερειακό επίπεδο, για την επιτάχυνση της υιοθέτησης/προσαρμογής της τεχνολογίας κλπ. Τέτοιες πολιτικές θα περιλαμβάνουν συστάσεις στην επιχειρηματική κοινότητα για ενθάρρυνση, σχεδίαση, επένδυση και μεταφορά των λειτουργιών τους στο νέο πλαίσιο Ναυτιλία 4.0. Οι ειδικές πολιτικές για τον ψηφιακό μετασχηματισμό είναι σπουδαίας σημασίας, συμπεριλαμβανομένων πολιτικών μετάβασης του ναυτικού εργατικού δυναμικού στο νέο περιβάλλον αλλά και προτύπων τυποποίησης του νέου τύπου πλοίων λόγω της υιοθέτησης των νέων τεχνολογιών. Οι ναυτιλιακές εταιρείες αναμένεται ότι θα εξετάσουν τις αποτελέσματα και τους πιθανούς κινδύνους του υπό διαρκή βελτίωση / ενημέρωση, κανονιστικού πλαισίου.
  - *Βιομηχανική υποστήριξη*: αφορά την βοήθεια από εμπλεκόμενους παράγοντες/φορείς (π.χ. προμηθευτές, προγραμματιστές, σύμβουλους).
  - *Οικοσύστημα Υπηρεσιών Ναυτιλίας*: αφορά τη σχέση της νέας τεχνολογίας (π.χ. έξυπνη ναυτιλία, αυτόνομα πλοία) και του αντιπαρατιθέμενου οικοσυστήματος καινοτομίας, όπου μέσω αυτής, θα καθοριστούν οι νέοι κανόνες ανταγωνισμού στο περιβάλλον της Ναυτιλίας 4.0. Για παράδειγμα, καινούργιες ψηφιακές υπηρεσίες (π.χ. παροχή υπηρεσιών νέφους), θα ενσωματωθούν σε παραδοσιακούς και νεοεισερχόμενους παίκτες στο ναυτιλιακό επιχειρηματικό περιβάλλον.
  - *Ανταγωνιστική και κανονιστική πίεση*: αφορά την υιοθέτηση των τεχνολογιών της Ναυτιλίας 4.0 λόγω του ανταγωνισμού της αγοράς αλλά και κανονισμών και συμβάσεων σε διεθνές επίπεδο.



Διάγραμμα 17. Το πλαίσιο της Ναυτιλίας 4.0 και παράγοντες αποδοχής της (πηγή: Lambrou and Ota, 2017).

### 2.3 Επιχειρηματική πλευρά της Ναυτιλίας 4.0

Το επιχειρηματικό οικοσύστημα της ναυτιλίας χάρη στις νέες προσφερόμενες δυνατότητες της Ναυτιλίας 4.0, συνεπάγεται ένα καινούργιο σύνολο παικτών και ρόλων που αναλαμβάνονται, ως αποτέλεσμα αυτών εξελίξεων (Porter and Heppelmann, 2014). Έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα/πλαίσια ωριμότητας για τη βιομηχανία υπηρεσιών, αλλά η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ένας ιδιαίτερος κλάδος, που διαθέτει αρκετές διαφορές σε σχέση με την τυπική βιομηχανία υπηρεσιών (Διάγραμμα 18)(Clark and Vargo, 2014).



Διάγραμμα 18. Επιχειρηματικά Μοντέλα Ναυτιλίας 4.0 (πηγή: Lambrou and Ota 2017)

Πιο συγκεκριμένα, τα επιχειρηματικά μοντέλα περιλαμβάνουν όπως φαίνεται άλλωστε στο προηγούμενο διάγραμμα, τις ακόλουθες τέσσερις (4) ξεχωριστές κατηγορίες παραγόντων για κατάλληλες για την πραγματοποίηση επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, της Ναυτιλίας 4.0 (Ναυτιλία 4.0/Shipping 4.0) (Lambrou and Ota, 2017):

- *Νέοι νεοεισερχόμενοι “Vessels”*: αναμένεται να λειτουργήσουν νέες εταιρείες που θα αντιμετωπίσουν καινούργιες συνήθως μη εντοπισμένες και εντεινόμενες ναυτιλιακές ανάγκες με καινοτομία, αξιοποιώντας βασισμένα στη νέα τεχνολογία σχετικά επιχειρηματικά μοντέλα.
- *Παραδοσιακοί Παίκτες Ναυτιλίας - Αυξητικοί Καινοτόμοι*: αναμένεται να συμβούν διαφορετικές προσεγγίσεις διερεύνησης ή αξιοποίηση της Ναυτιλίας 4.0. Ένας μεγάλος αριθμός παραδοσιακών ναυτιλιακών εταιρειών μπορεί να υιοθετήσει μια προσεκτική, σταδιακή προσέγγιση στην υιοθέτηση της τεχνολογίας και των επιχειρηματικών μοντέλων, ανάλογα με τη θέση τους στις αγορές και τις εσωτερικές δυνατότητές τους.
- *Παίκτες τεχνολογίας*: οι μεγάλοι παίκτες τεχνολογίας που δραστηριοποιούνται ήδη στις ναυτιλιακές αγορές, προσαρμόζοντας κυρίως τις πλατφόρμες τους στις ιδιαιτερότητες του τομέα. Η κυρίαρχη προσέγγιση είναι η από κοινού ανάπτυξη πλατφορμών τεχνολογίας Ναυτιλία 4.0 με κυρίαρχους φορείς ναυτιλίας.
- *Κορυφαίοι παίκτες - Ριζοσπαστικοί καινοτόμοι*: Οι κορυφαίες ναυτιλιακές εταιρείες καινοτομούν με αξιοποίηση πρωτοποριακών χρήσεων των νέων τεχνολογιών, διασφαλίζοντας μια περίοπτη θέση στην νέα οικονομία της γνώσης.

Με την εισαγωγή νέων μοντέλων λόγω Ναυτιλίας 4.0, αναμένονται νέες ενδιαφέρουσες περιπτώσεις ρόλων που αναλαμβάνονται από τις προηγούμενες κατηγορίες παικτών της αγοράς. Δηλαδή: (α) νέες από καθιερωμένους φορείς τεχνολογίας, ή (β) "απο-υλοποίηση" - αποκλειστικά ψηφιακές δραστηριότητες που ξεκίνησαν από πρώην παραδοσιακούς ναυτιλιακούς παίκτες, ως συνέπεια μιας εμπειριστατωμένης επανεκτίμησης των πόρων / δεξιοτήτων / δυνατοτήτων / στρατηγικού προσανατολισμού των επιχειρήσεων ή οργανισμών (Chen et al., 2016; Clark and Vargo, 2014).

Επιπλέον, οι παραπάνω κατηγορίες παραγόντων εκτιμάται ότι θα λειτουργούν με δραστηριότητες και χαρακτηριστικά που ακολουθούν τις εξής διακριτικές κατηγορίες (Lambrou and Ota 2017):

- *Πλατφόρμα - Ιδιοκτήτες*: οι νέες αναδυόμενες ναυτιλιακές υποδομές και παρεχόμενα συστήματα υπηρεσιών, εκτιμάται ότι θα ακολουθήσουν ως ένα βαθμό τη καμπύλη εξέλιξης της τεχνολογίας, άλλων οικονομιών που είναι επικεντρωμένες στην πλατφόρμα της Ναυτιλίας 4.0. Αναμένεται η ανάπτυξη έξυπνων πλοίων και υπηρεσιών μεταφοράς από κυρίαρχους παίκτες στην τεχνολογία της Ναυτιλίας 4.0, θα τους δώσει το πλεονέκτημα ελέγχου πλήρως της αλυσίδας εφοδιασμού του συστήματος συστημάτων Shipping 4.0, ή αν υπάρξει μια πιο κατανεμημένη ανταγωνιστική βιομηχανική δομή, τότε θα επιτρέψει σε περισσότερους παίκτες να παρέχουν αγαθά (προϊόντα, υπηρεσίες) σε μια πλειάδα τεχνολογικών πλατφόρμων και ανοιχτών διεπαφών (API).
- *Ολοκληρωτές*: ένα πλήθος καινοτόμων υλοποιήσεων λειτουργικότητας και χαρακτηριστικών αξίας μπορούν να δοθούν σε πελάτες των υπηρεσιών Ναυτιλίας 4.0, σε μορφή, προσανατολισμένη στην εφαρμογή, ή ως υπηρεσία middle ware.
- *Νέοι πάροχοι υπηρεσιών*: δημιουργείται ένα πλήθος νέων υπηρεσιών που διαφοροποιούνται από υπηρεσίες επιπέδου νέφους, μέχρι το επίπεδο διασυνδεσιμότητας και συσκευών.
- *Κάτοχοι δεδομένων*: εφόσον ακολουθείται το κανονιστικό πλαίσιο για την κατοχή δεδομένων, τότε εκτιμάται ως μια προσοδοφόρα πηγή καινοτομίας, στηριζόμενη στη δημιουργία αναλυτικών στοιχείων και αξίας πρόβλεψης, για να ικανοποιηθούν όλες τις επιχειρηματικές δραστηριότητες και ανάγκες του περιβάλλοντος Ναυτιλία 4.0. Οι κατασκευαστές, οι ναυτιλιακές εταιρείες, οι οργανισμοί εκμετάλλευσης και οι μεγάλοι πάροχοι ψηφιακής τεχνολογίας, μπορούν να επιλέξουν να ακολουθήσουν μοντέλα προσανατολισμένα στην αποκλειστική ή κοινή ιδιοκτησία.

Τέλος, η Ναυτιλία 4.0 (Shipping 4.0) καθώς αφορά την επίδραση της Βιομηχανίας 4.0 (Industry 4.0) στον ναυτιλιακό κλάδο, θεωρείται από τους μελετητές ότι μπορεί να προκαλέσει μεγάλες αναταράξεις στον κλάδο αυτό. Αξιοποιώντας την ανάλυση SWOT σε σχέση στο δίπολο : Βιομηχανία 4.0 – Ναυτιλία 4.0 Shipping 4.0,

αποτυπώνονται τα αποτελέσματα βασισμένα στην βιβλιογραφία (Agarwal and Dhar,2014; Ahvenjärvi, 2016; Burmeistera et al., 2014;Bucak et al., 2019; Buiza-Camacho et al., 2016; Ferretti and Schiavone 2016;Gawer and Cusumano, 2014; Lambrou and Ota, 2017; HPA, 2018; Orlikowski and Scott, 2015;Jokioinen et al., 2017; Chen et al., 2016; Demirkan et al., 2015; Man et al., 2015; Martimo, 2017; Bucak et al. 2019):

Πίνακας 2. SWOT Ανάλυση

<p><b>ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ</b></p> <p>Λειτουργική ταχύτητα</p> <p>Ενσωμάτωση διαδικασιών</p> <p>Βελτιστοποίηση διαδρομής</p> <p>Ελαχιστοποίηση ανθρώπινων σφαλμάτων</p> <p>Μείωση εκπομπών άνθρακα από το πλοίο</p> <p>Παρακολούθηση Φόρτωση</p>	<p><b>ΑΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ</b></p> <p>Κόστος επένδυσης</p> <p>Έλλειψη ειδικευμένου προσωπικού</p> <p>Πρωτοβουλία ρομποτικής</p> <p>Έλλειψη νομικής υποδομής</p>
<p><b>ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ</b></p> <p>Νέα επαγγέλματα</p> <p>Πλεονέκτημα κόστους μονάδας</p> <p>Ελαχιστοποίηση ατυχημάτων</p> <p>Υψηλή απόδοση σε λιμένες</p>	<p><b>ΑΠΕΙΛΕΣ</b></p> <p>Ανεργία (σε μη ειδικευμένους εργαζόμενους ή λόγω αυτοματοποίησης)</p> <p>Κίνδυνος επίθεσης στον κυβερνοχώρο</p> <p>Κίνδυνος μείωσης της απόστασης μεταξύ της αγοράς και Κέντρα Παραγωγής</p> <p>Κίνδυνος μεταξύ εταιρικής ανταλλαγής δεδομένων</p>

## 2.4 Μελλοντικές Εξελίξεις

Οι τεχνολογικές εξελίξεις της Βιομηχανίας 4.0 έχουν αλλάξει την επιχειρησιακή αντίληψη και τις υπηρεσίες σε όλες τις βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένης της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Πράγματι, η τάση της Βιομηχανίας 4.0 στη ναυτιλιακή βιομηχανία εισήχθη από την αυτόνομη ναυτιλία. Στη συνέχεια, το αναδυόμενο πρότυπο αυτοματοποίησης στη ναυτιλιακή βιομηχανία έφερε διάφορες θετικές και αρνητικές προκλήσεις που μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό ζήτημα για τους ναυτικούς που έχουν λάβει άδεια για εργασία μέσω της ισχύουσας STCW για τα υπάρχοντα πλοία. Παρομοίως, η Ναυτιλία 4.0 ορίζεται ως "η ολοκληρωμένη

εφαρμογή ψηφιακών διαδικασιών και τεχνολογιών στο σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την κατασκευή, τη λειτουργία και την εξυπηρέτηση των πλοίων" (Sullivan et al., 2020, σ. 4). Για να ενσωματώσουμε την ανθρώπινη νοημοσύνη πίσω στο σύστημα ορίζεται το Maritime 5.0 ως η συνεργασία μεταξύ μη ανθρώπινων παραγόντων (ευφυής πράκτορας / πράκτορας TN) και ανθρώπων (ναυτικοί / ναυτικοί - χειριστές) για την εκτέλεση καθηκόντων σε όλα τα επίπεδα του θαλάσσιου χώρου από τον σχεδιασμό έως την ολοκληρωμένη λήψη αποφάσεων και τις επιχειρήσεις. Εκτιμάται ότι η αυγή της Βιομηχανίας 5.0 στο ναυτιλιακό τομέα θα είναι η επόμενη μελλοντική πρόκληση στην ναυτιλία (Πίνακας 3) (Shahbakhsh et al., 2020).

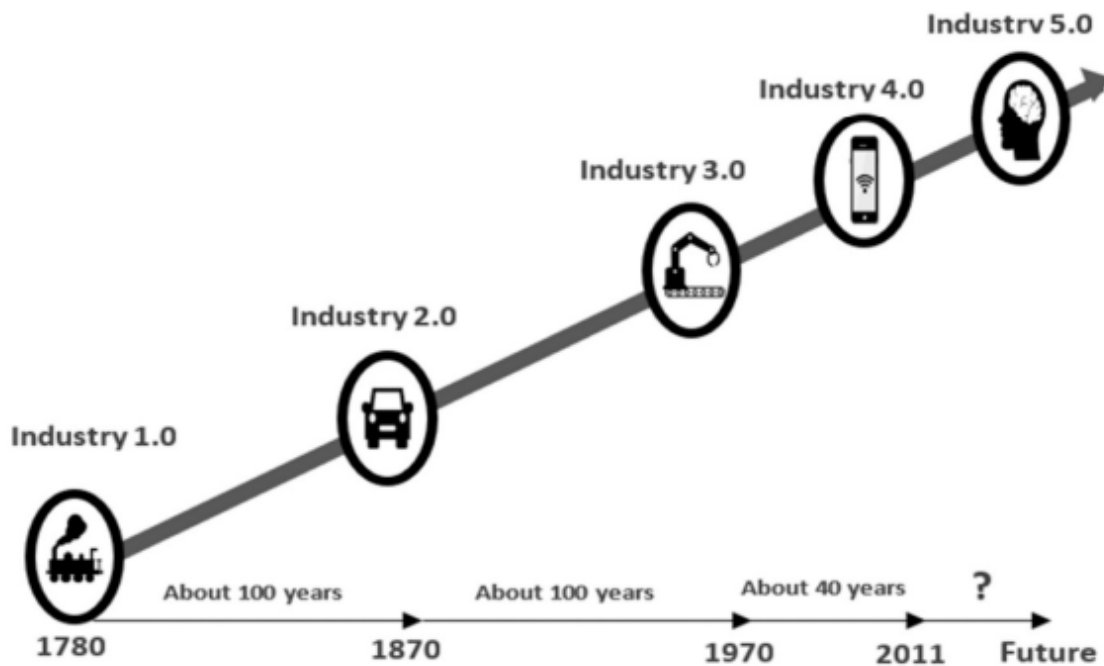
Πίνακας 3. Εννοιολογικό πλαίσιο Maritime/Shipping 5.0 (πηγή: Shahbakhsh et al., 2020)

Term	Definition
Maritime 5.0	Collaboration between non-human agents (intelligent agent) and seafarers/maritime operators to perform tasks in all levels of maritime space from design to integrated decision making and operation.
Shipping 5.0	Transformation of smart shipping to intelligent shipping systems with human intelligence at the core.
Seafarer 5.0 (Human intelligent in the system)	Ship management and operation through collaboration with non-human intelligent system.
Maritime Education and Training 5.0 (MET 5.0)	Direct and comprehensive response to the integration of human and non-human agent. Learning to develop core capabilities including teamwork and collaboration with non-human intelligent agent; innovation and creativity as a quick response to dynamic environment in maritime space; and synergistic adaptation to the continuous evolution of technologies.

Τα αυτόνομα πλοία προβλέπεται ότι θα ελαττώσουν τον κίνδυνο ατυχημάτων. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι τα ταξίδια μεγάλης διάρκειας έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην κοινωνική ζωή των ναυτικών. Προβλέπεται ότι οι ναυτιλιακές εταιρείες θα είναι πιο επωφελείς όσον αφορά την ασφάλεια από άλλους τύπους μεταφορών, ελέγχοντας τα πλοία τους από ένα κέντρο ελέγχου στη ξηρά. Μαζί με αυτόνομα πλοία, θα δημιουργηθούν νέοι επιχειρηματικοί τομείς, ενώ όλοι οι τομείς που συνδέονται με το νέο τεχνολογικό πλαίσιο θα πρέπει να ανανεωθούν και να αλλάξουν οι ίδιοι. Προβλήματα λογισμικού σε αυτόνομα πλοία μπορεί να προκαλέσουν το πλοίο να εγκαταλείψει τη διαδρομή και να προκαλέσει θαλάσσια ατυχήματα. Πιστεύεται ότι τα μη επανδρωμένα-αυτόνομα πλοία θα εκτεθούν σε ηλεκτρονικές και κυβερνοεπιθέσεις. Σε περίπτωση δυσλειτουργίας στο πλοίο, το κέντρο ελέγχου από ξηρά, μπορεί μερικές φορές να είναι ανεπαρκές (Ahvenjärvi, 2016; Burmeistera et al., 2014).

Μια άλλη σημαντική μελλοντική εξέλιξη θεωρούνται τα έξυπνα λιμάνια (*smart ports*), όπου έχουν μια θέση στη βιβλιογραφία με διαφορετικά ονόματα (π.χ. έξυπνα λιμάνια, ρομποτικά λιμάνια, αυτόνομα λιμάνια κ.λπ.). Αντίθετα, ο όρος Λιμάνι 4.0 (Port 4.0) αξιοποιείται από κορυφαίες λιμενικές αρχές, όπως για παράδειγμα, η

λιμενική αρχή του Αμβούργου (HPA), όπου χαρακτήρισε το λιμάνι τους ως Port 4.0. Τα έξυπνα λιμάνια αφορούν το βέλτιστο επίπεδο παραγωγικότητας των λιμανιών χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τη τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ), τα μαζικά δεδομένα (Big Data) και τη φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία κατά τη λειτουργία τους (HPA, 2018). Συνεπώς, σε αυτό το πλαίσιο, η Ναυτιλία 5.0, μέσω της προετοιμασίας ευφών ναυτιλιακών επιχειρήσεων ως πρόμη απάντηση σε μια διάγνωση της αιτίας της εφαρμογής της Ναυτιλίας 4.0, έχει τη δυνατότητα να αποτρέψει τα μελλοντικά εμπόδια και τις προκλήσεις των ερευνητών για την αντιμετώπιση των αναγκών των ναυτικών και των απαιτήσεων της αυτόνομης ναυτιλίας κατά το μεταβατικό στάδιο από τις τρέχουσες στις μελλοντικές βιομηχανικές επαναστάσεις (Shahbakhsh et al., 2020).



Διάγραμμα 19. Εξέλιξη των βιομηχανικών επαναστάσεων με στόχευση την Βιομηχανία 5.0 (πηγή: Shahbakhsh et al., 2020)



## ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

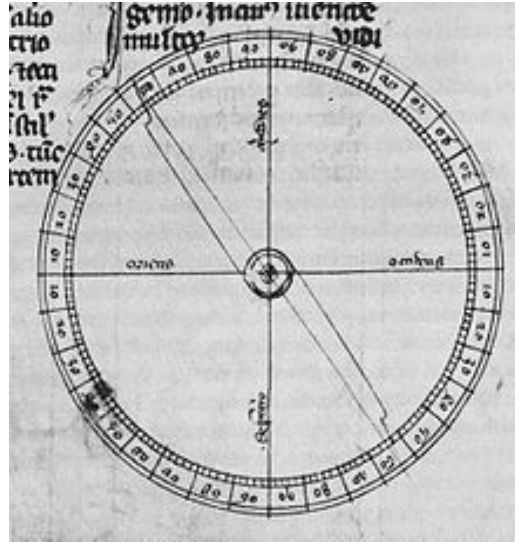
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συστήματα πλοήγησης ιστορικά και σε σχέση με την σημερινή τεχνολογική επανάσταση, όπως επίσης και το Navigation 4.0.

#### 3.1 Ιστορικό Πλαίσιο

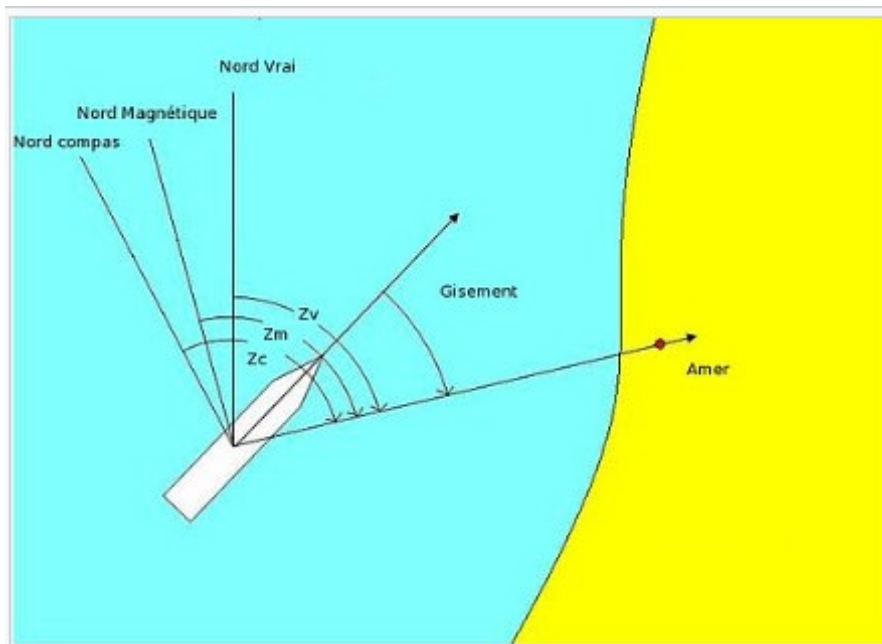
Στους αρχαίους χρόνους, η ανάγκη για ανακάλυψη νέων γεωγραφικών τοποθεσιών συνδυαστικά με τη μετανάστευση, ήταν η συνέπεια για ταξίδια αλλά και ανάπτυξη νέων εργαλείων και μεθόδων πλοήγησης των σκαφών στις θάλασσες και ωκεανούς. Διάφοροι λαοί στην αρχαιότητα, στο μεσαίωνα και στην αναγέννηση και στους μετέπειτα αιώνες (π.χ. Φοίνικες, Αρχαίοι Έλληνες, Ρωμαίοι, Πέρσες, Άραβες, Βίκινγκ κλπ.) διακρίθηκαν ως Εξερευνητές των θαλασσών και των ωκεανών. Για παράδειγμα, στη Μεσόγειο, αξιοποιήθηκαν διάφορες τεχνικές για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σκάφους (ναυτικό στίγμα). Στην Μινωική περίοδο της Κρήτης, αποτελεί ένα κλασικό παράδειγμα δυτικού πολιτισμού που αξιοποιούσε την ουράνια πλοήγηση, καθώς τα ιερά και τα παλάτια τους διαθέτουν τέτοια αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, που ευθυγραμμίζονται νοερά με τον ήλιο που ανατέλλει στις αντίστοιχες ισημερίες. Οι ναυτικοί έκανα χρήση των θέσεων συγκεκριμένων αστεριών (π.χ. αστερισμός της Μεγάλης Άρκτου) για τον προσανατολισμό του κάθε σκάφους τους. Ιστορικά, τα πρώτα όργανα πλοήγησης ήταν τα αστέρια καθώς είχαν το ρόλο ενός σταθερού οδηγού κατά την νυχτερινή πλοήγηση. Μετά τον 3<sup>ο</sup> αιώνα Π.Χ. διάφοροι λαοί όπως οι αρχαίοι Έλληνες, οι Φοίνικες, οι Άραβες, οι Βίκινγκς και αργότερα οι Κινέζοι, που αποτελούσαν κατεξοχήν ναυτικούς λαούς, άρχισαν να αναπτύσσουν τα πρώτα όργανα προσανατολισμού και πλοήγησης, όπως (Cardwell, 2004; North 2000; VanLoon, 1960; Χαρλαύτη, 2001; Kieve, 1973):

- *Πυξίδα* (Εικόνα 3), αποτελεί το σημαντικότερο "ναυτιλιακό βοήθημα πλοήγησης" με το οποίο μετρούνται και πραγματοποιούνται οι πορείες των πλοίων και οι διοπτρεύσεις (Διάγραμμα 20). Η μαγνητική πυξίδα θεωρείται ένα από τα παλαιότερα όργανα στη ναυσιπλοΐα που η προέλευση της δεν είναι ξεκάθαρη. Θεωρείται ότι οι Καρχηδόνιοι πρώτοι την χρησιμοποίησαν κατά την εκστρατεία του *Αννίβα* το 203π.Χ. στην Ιταλία (Ρωμαϊκή περίοδος).

Άλλοι μελετητές υποστηρίζουν ότι προήλθε από την Κίνα, και την εισήγαγε από εκεί ο Μάρκο Πόλο στην Ιταλία, κατά τον 13ο αιώνα. Συγκεκριμένα, μια μαγνητική βελόνη επιπλέουσα σε δοχείο νερού, συνιστούσε την αρχαιότερη πυξίδα.



Εικόνα 3. Σχέδιο πυξίδας από το σύγγραμμα *Epistola de magnete* του 1269 (πηγή: Wikipedia)



Διάγραμμα 20. Σχεδιάγραμμα διαφόρων διοπτύσεων του σημείου Amer. Zc: Διόπτυση πυξίδας, Zm: Μαγνητική διόπτυση, Zv: Αληθής διόπτυση, και Gisement: Σχετική διόπτυση (πηγή: Wikipedia)

- *Αστρολάβος* (Εικόνα 4), αποτελεί ένα εργαλείο που προβλέπει τις θέσεις του ήλιου της σελήνης, των πλανητών των άστρων και των δορυφόρων. Με τη βοήθεια του μπορεί να βρεθεί η ώρα εφόσον είναι γνωστό το γεωγραφικό

μήκος (Διάγραμμα 21) και πλάτος ή αντίστροφα. Η εφεύρεσή του πραγματοποιήθηκε από τον Έλληνα αστρονόμο και μαθηματικό *Απολλώνιο τον Περγαιό*, και λίγο αργότερα από τον *Ίππαρχο*, κατά τον 2ο αι. π.Χ. Αρχικά είχε σχήμα σφαίρας (ονομαζόμενος αστρολάβος *Ίππαρχου*), ενώ κατά τον 8<sup>ο</sup> μέχρι 10<sup>ο</sup> αι. Μ.Χ., ο αστρολάβος πήρε μια σχεδόν επίπεδη μορφή από τους Άραβες (ο πρώτος επίπεδος αστρολάβος κατασκευάστηκε κατά τον 8<sup>ο</sup> αιώνα από τον Πέρση μαθηματικό *Fazari*) που περιλάμβανε έναν κύκλο και ένα κινητό βραχίονα, που καθόριζε το ύψος των ουράνιων σωμάτων. Από την Ισπανία (περίοδος της ισλαμικής κυριαρχίας), διαδόθηκε στην Ευρώπη τον 11<sup>ο</sup> αιώνα Μ.Χ. και αξιοποιήθηκε στην ναυσιπλοΐα μέχρι τον 18<sup>ο</sup> αι. Αργότερα, αντικαταστάθηκε από τον εξάντα στην ναυτιλία.

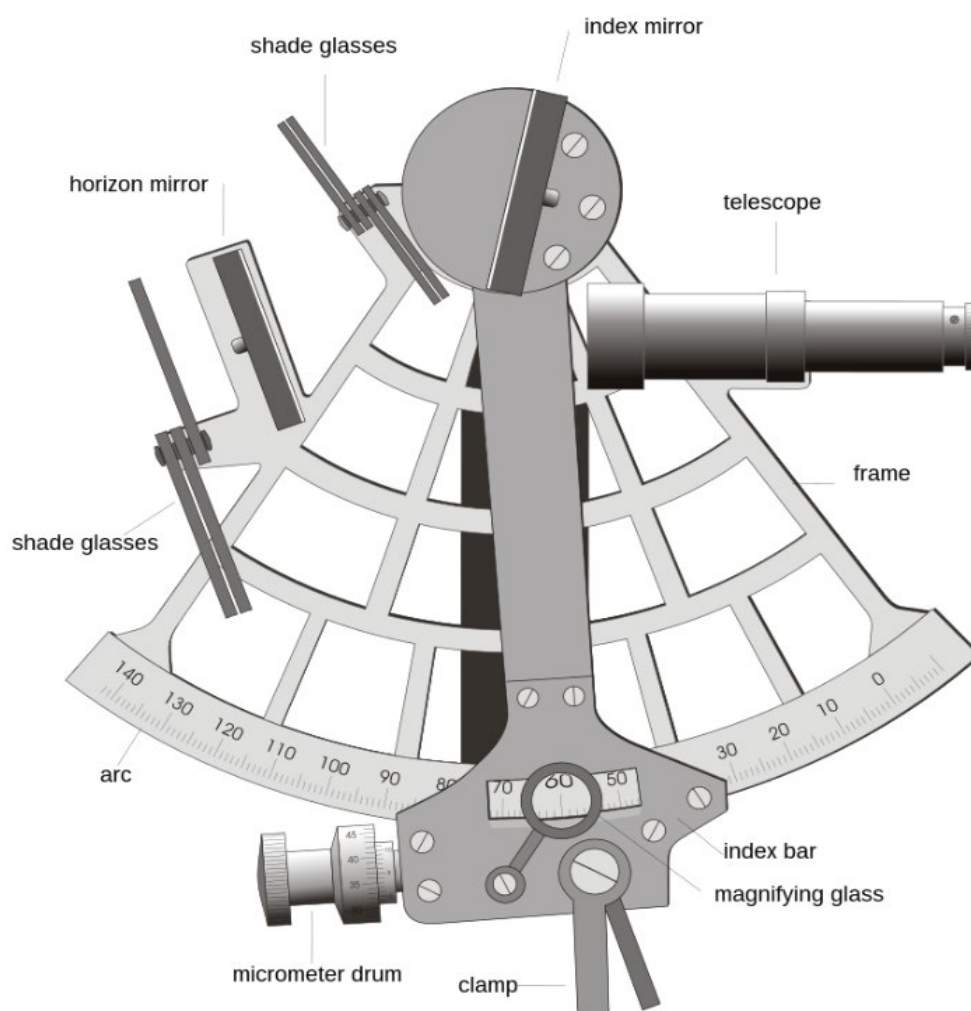


Εικόνα 4. Αρχαίος Αστρολάβος, Αγγλία, 1388 (πηγή: wikipedia)



Διάγραμμα 21. Παγκόσμιος χάρτης που το λ φαίνεται μεν στις κάθετες γραμμές (μεσημβρινοί) αλλά προσδιορίζεται επί των οριζοντίων (παράλληλοι), αρχής γενομένης από τον Μεσημβρινό Γκρίνουιτς (πηγή: Wikipedia)

- *Εξάντας* (Διάγραμμα 22), αφορά ένα γωνιομετρικό όργανο, που θεωρείται και αστρονομικό. Αξιοποιείται στη ναυσιπλοΐα, για τη μέτρηση υψών ουρανίων σωμάτων, και ιδιαίτερα στη μέτρηση της γωνίας (ύψους) ενός ουράνιου σώματος. Ιστορικά, κατασκευάστηκε στην αρχή μια συσκευή παρόμοια του εξάντα, που ονομάστηκε *οκτάντας*, και εφευρέθηκε το 1731. Ο εξάντας εφευρέθηκε, ως μετεξέλιξη του οκτάντα, από τον Άγγλο αξιωματικό του Ναυτικού J.Campbell το 1757. Ο εξερευνητής J. Cook τον αξιοποίησε πλήρως για να βρει το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της θέσης του πλοίου του, και ειδικότερα στη χαρτογράφηση της Νέας Ζηλανδίας.



Διάγραμμα 22. Εξαρτήματα Εξάντα (πηγή: Wikipedia)

- *Λειμενοδείκτες*, καλούνται ως πορτολάνα, ή πορτολάνος, ή πορτουλάνος (από την ιταλική λέξη portolano & portulano) και αποτελεί ναυτιλιακό βοήθημα, βιβλίο, για πλοήγηση, που περιλαμβάνει συνοπτικά



λεπτομερείς ναυτικούς χάρτες όρμων, λιμένων, διαύλων κ.λπ. με ειδικές οδηγίες για τους ναυτιλλόμενους (Εικόνα 5). Στην αρχή είχαν ευρεία χρήση, αλλά σταδιακά άρχισαν να παραμερίζονται, ενώ στη σημερινή εποχή ονομάζονται έτσι οι ειδικοί ναυτικοί χάρτες μεγάλης κλίμακας. Ο γνωστότερος αρχαίος πορτολάνος ήταν ο "Χάρτα Πιζάνα" (Πιζάνιος Χάρτης), που απεικονίζει τη Μεσόγειο με τους κυριότερους λιμένες κατά την εποχή των Σταυροφοριών.



Εικόνα 5. Πορτολάνο του Βισκόντε Μαγιόλο (*Visconte Maggiolo*), παραγωγής 1541 (πηγή: Wikipedia)

Αντίστοιχα, όσον αφορά τις πρώτες επικοινωνίες στη ναυσιπλοΐα, η πρώτη ασύρματη επικοινωνία επιτεύχθηκε τον χειμώνα του 1901 από τον Ιταλό *G. Marconi* και αποτέλεσε την έναρξη της ηλεκτρονικής επιστήμης (Εικόνα 6). Ο *Marconi* καλείται ως εφευρέτης της ασύρματης τηλεγραφίας (ασύρματη επικοινωνία), ενώ συχνά αναφέρεται ως εφευρέτης του ραδιοφώνου. Επίσης, στις αρχές του 19ου αιώνα υπήρξε η πρώτη επικοινωνία μεταξύ δυο αμερικανικών πλοίων που είχαν ανάμεσα τους απόσταση τριάντα ναυτικά μίλια (New York & Massachusetts), με την εφεύρεση του τηλεγράφου. Μετά από ένα έτος πραγματοποιήθηκε το πρώτο υπερατλαντικό μήνυμα (το γράμμα 'S') ασύρματα από την Κορνουάλλη της Αγγλίας σε στρατιωτική βάση των ΗΠΑ, σε μία απόσταση >3400 χλμ. Χιλιομέτρων (Cardwell, 2004; Van Loon, 1960; Kieve, 1973).



Εικόνα 6. Ο *Marconi*(1874-1937), εφευρέτης της ασύρματης τηλεγραφίας (Βραβείο Νόμπελ Φυσικής, 1909) (πηγή:Wikipedia)

Ωστόσο, η χρήση των τηλεπικοινωνιών στη Ναυτιλία εφαρμόστηκε καθολικά στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όταν άρχισε να γίνεται εκπομπή σημάτων ανά ώρα για να τηρηθούν οι ακριβείς χρόνοι των πλοίων κατά την πλεύση τους. Ο λόγος ήταν ότι εκείνη την εποχή ο προσδιορισμός της θέσης των πλοίων γινόταν σύμφωνα με την αστρονομία και είχε συνήθως μια απόκλιση περίπου τέσσερα δευτερόλεπτα. Αλλά η χρήση της ασύρματης επικοινωνίας ελαχιστοποίησε το σφάλμα αυτό σε μικρότερο του ενός δευτερολέπτου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις που επήλθαν κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα σφράγισαν την ανάπτυξη της ναυτιλίας και ιδιαίτερα τη διαδικασία πλοήγησης. Η λεγόμενη *4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση (4IR)*, ήδη επηρεάζει σημαντικά την καθημερινή ρουτίνα των ανθρώπων, ενώ κάνει τα πρώτα δυναμικά βήματα στη ναυτιλία και στην ναυτική πλοήγηση. Επιπλέον, για μερικούς μελετητές θεωρείται πιο σημαντική από την «επανάσταση του ατμού» στη ναυτιλία του 19<sup>ου</sup> αιώνα, με το πέρασμα από το πανί στο κάρβουνο. Μια εξέλιξη που έδωσε τεράστια ώθηση στη ναυτιλία, αύξησε τις ταχύτητες, αύξησε τη χωρητικότητα των πλοίων, ενίσχυσε την ασφάλεια και τροποποίησε τη ζωή των πληρωμάτων. Πλέον υπάρχει η δυναμική εισαγωγή του αυτοματισμού, της ρομποτικής και των επικοινωνιών στη ναυτιλιακή βιομηχανία (Ψαραύτης, 2006; Νούτσος, 2020; Kieve,1973).

### 3.2 Επαναστατικές Αλλαγές

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση προκαλεί σημαντικές αλλαγές ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία, σε όλους τους τομείς της οικονομίας και κοινωνίας (Παυλόπουλος, 2019; Παπακωνσταντίνου, 2020; Νούτσος, 2020). Η τρίτη τεχνολογική Επανάσταση ξεκίνησε με την δημιουργία των μικροεπεξεργαστών και των λογισμικών υψηλού επιπέδου, με τους μικροεπεξεργαστές να έχουν την δυνατότητα αναγνώρισης και επεξεργασίας ψηφιακού σήματος σε 0 και 1. Το 1971 η Intel παρουσίασε το πρώτο εμπορικό μικροεπεξεργαστή (IC4004 με 2.300 transistor), ενώ το 1981, η εταιρεία IBM κυκλοφόρησε τον προσωπικό υπολογιστή IBM που αποτέλεσε ένα βασικό πρότυπο για πολλά μοντέλα που ακολούθησαν. Το 1984 η εταιρεία Apple κυκλοφόρησε τον προσωπικό υπολογιστή *Macintosh*, με ένα πολύ φιλικό σύστημα διεπαφής (*friendly GUI*), ενώ το 1989 υπήρξε η έναρξη δημιουργίας του *World Wide Web – Web* (σύστημα διασυνδεδεμένων πληροφοριών με χρήση περιεχομένου πολυμέσων) στο *CERN*. Σήμερα, στην αυγή της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, η Intel (2020) ανακοίνωσε ότι θα χρησιμοποιήσει κόμβους επεξεργαστών μεγέθους μόλις πέντε (5) νανόμετρων (nm) (Παπακωνσταντίνου, 2020; Νούτσος, 2020).

Στο χώρο της ναυτιλίας και κατ' επέκταση της ναυτικής πλοήγησης, υπήρξαν σημαντικές αλλαγές, όπως (Harlaftis and Theotokas, 2009; Larson and Chang, 2016; Lyridis et al., 2005; Miorandi et al., 2012; Papoutsidakis et al., 2017; Steernberg and Forget, 2007):

- *ECDIS (Ηλεκτρονικά Συστήματα Απεικόνισης Χαρτών και Πληροφοριών)*. Αποτελεί μια επαναστατική αλλαγή όπου βελτιώνει την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Η ωφέλεια από το ECDIS αναδεικνύονται μέσω των στρατηγικών ηλεκτρονικής πλοήγησης που εξελίσσονται. Το ECDIS, αποτελεί τη γέφυρα προς την ναυτιλία χωρίς παραδοσιακούς χάρτες (*paperless Shipping*) και το ορόσημο προς την ψηφιακή / ευφυή ναυτιλία.
- *Προσδιορισμός θέσης μέσω GPS, συνδυαστικά με το ECDIS και με χρήση ραντάρ (Radar)*. Η νέα διαδικασία προκαλεί επανάσταση στην ναυσιπλοΐα. Αυξάνεται η ακρίβεια και αξιοπιστία της πλοήγησης των πλοίων με τη συνδυαστική χρήση όλων αυτών των εργαλείων. Ωστόσο, υπάρχει κριτική και συζήτηση σχετικά με την υπερβολική εμπιστοσύνη στις δυνατότητες του GPS&ECDIS. Η συζήτηση αφορά τον προσδιορισμό του “ελέγχου

επαλήθευσης” της θέσης (στίγμα) του πλοίου παίρνει μια εντελώς νέα τροπή με την έλευση της ενιαίας χρήσης δεκτών GPS/GLONASS συνδυαστικά με άλλα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης.

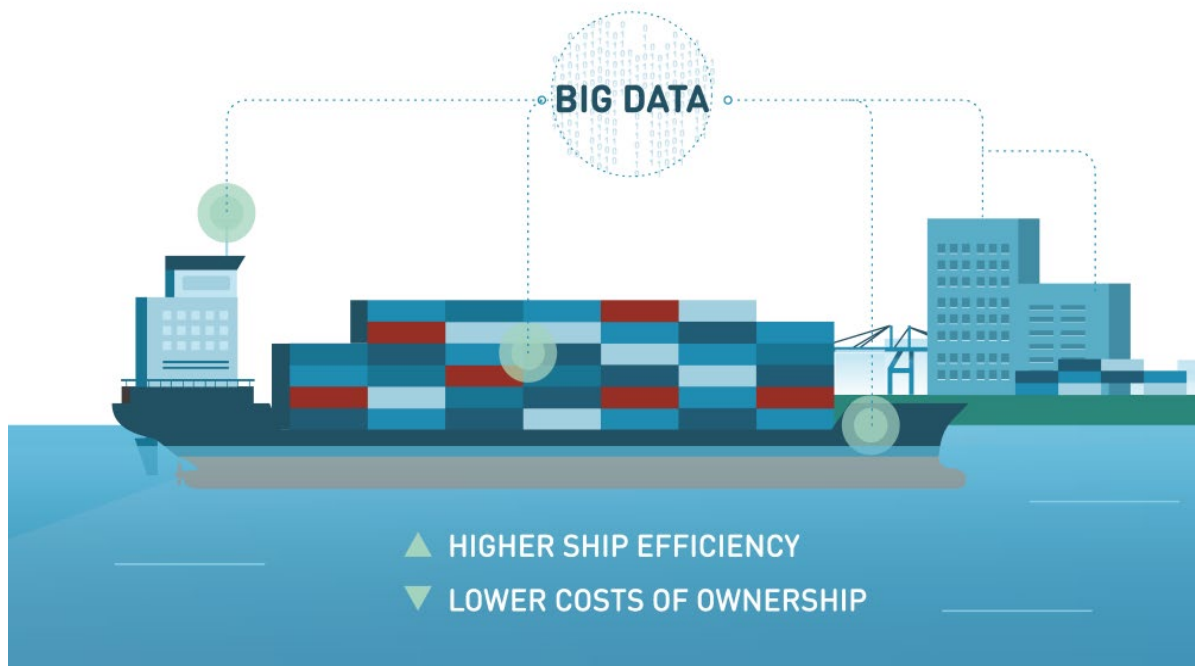
- *Ηλεκτρονική πλοήγηση ( E-Navigation)*. Αφορά ένα πλαίσιο που οριοθέτησε ο ΙΜΟ που αποτελεί ένα πολύ δυναμικό στόχο, ενώ η εξέλιξη επιφέρει διάφορες προκλήσεις στο πεδίο της συλλογής, ενσωμάτωσης και ανάλυσης των δεδομένων. Επιπλέον, η διαδικασία αλληλεπίδρασης των επαγγελματιών της θάλασσας με την ηλεκτρονική πλοήγηση, εμφανίζει μια σειρά από προκλήσεις που θα πρέπει να εξεταστούν, ενώ το ρίσκο είναι υπαρκτό, αφού καινούργιος εξοπλισμός και συστήματα διαρκώς σχεδιάζονται και αναπτύσσονται. Η δε διαχείριση των συναγερμών (*alarm*) αποτελεί το πλέον κρίσιμο χαρακτηριστικό. Ευρύτερα, το E-Navigation αποτελεί το επόμενο βήμα για τη ναυσιπλοΐα του μέλλοντος.
- *Τεχνολογική Εξέλιξη με ραγδαίους ρυθμούς*. Η εισαγωγή του διαδικτύου και χαμηλού κόστους συστημάτων επικοινωνίας, είχε ως συνέπεια την αύξηση του όγκου ανταλλαγής δεδομένων στα πλοία. Το Διαδίκτυο αποτελεί πλέον την βάση της τεχνολογίας επικοινωνίας στην ναυτιλία. Ωστόσο, υπάρχουν τεράστια περιθώρια βελτίωσης της ταχύτητας και του κόστους, το οποίο διατηρείται σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα. Επίσης, η διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων αποτελεί πλέον πραγματικότητα στην ναυτιλία (Big Data)(Εικόνα 7). Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των “μαζικών δεδομένων” είναι πολύ σημαντικά και η όποια καθυστέρηση της επένδυσης σε αυτόν τον νέο τομέα, αποτελεί τροχοπέδη για την ανάπτυξη της ναυτιλιακής βιομηχανίας.
- *Επιπτώσεις στο εργασιακό πλαίσιο των ναυτικών*. Οι νέες τεχνολογίες αλλάζουν το πλαίσιο εργασίας της γέφυρας του πλοίου και των μελών που την απαρτίζουν. Για παράδειγμα, οι συνέπειες στην – παραδοσιακή- προσδοκία της παρουσίας του Καπετάνιου στη γέφυρα και το κανονιστικό πλαίσιο σχετικά με τις ευθύνες των πλοηγών δημιουργούν νέα ζητήματα προς διερεύνηση. Επιπλέον, βασικό ζήτημα είναι τα επίπεδα επάνδρωσης εν πλω και οι διεθνείς συμβάσεις που θα ισχύουν ανάμεσα στα διάφορα κράτη. Επιπρόσθετα, η παραδοσιακή ιεραρχία στο πλοίο και ο παραδοσιακός τρόπος διεύθυνσης του στυλ “το πλοίο μου ανήκει, θα κάνετε ό,τι σας πω”, έχει



ξεπεραστεί στη σημερινή κατάσταση. Η καταγγελία δυσλειτουργιών, οι διαδικασίες καταφυγής στη σύμβαση και τα διαφανή συστήματα διαχείρισης, έχουν επιφέρει ριζικές αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας των πλοίαρχων και των εταιρειών στη διαχείριση των πληρωμάτων.

- *Κυβερνοασφάλεια.* Η χρήση των νέων τεχνολογιών και του προκαλεί ζητήματα ασφάλειας, δηλ. ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Η εμπειρία από την ψηφιοποίηση άλλων βιομηχανικών κλάδων φανερώνει "...ότι απαιτείται συνεχής παρακολούθηση κρίσιμων συστημάτων οποιασδήποτε υποδομής ζωτικής σημασίας για την ανίχνευση μιας απειλής σε πραγματικό χρόνο.....". Αυτή η νέα κατάσταση οδηγεί τις εταιρείες στην δημιουργία ειδικού τμήματος πληροφοριών ασφάλειας και διαχείρισης συμβάντων (SIEM), ή την ανάθεση σε εξωτερικούς εργολάβους (outsourcing) το έργο της διαχείρισης της ασφάλειας των ψηφιακών τεχνολογιών και συστημάτων. Επίσης, η διασφάλιση της ασφάλειας αφορά την προστασία τόσο των συσκευών όσο και των υπηρεσιών Διαδικτύου των Πραγμάτων (ΔτΠ, IoT) από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση εσωτερικά ή εξωτερικά. Η ασφάλεια στοχεύει στην προστασία των υπηρεσιών, των πόρων, των δεδομένων & πληροφοριών, τόσο κατά τη μεταφορά/μετάδοση, όσο και στην αποθήκευση. Τα τρία βασικά προβλήματα αφορούν: την εμπιστευτικότητα δεδομένων, την ιδιωτικότητα και την εμπιστοσύνη. Το πρώτο πρόβλημα εκτιμάται ως ένα θεμελιώδες πρόβλημα για τον εξοπλισμό και τις υπηρεσίες. Στο περιβάλλον του Διαδικτύου, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε δεδομένα. Αυτό προϋποθέτει την αντιμετώπιση δύο κρίσιμων πτυχών: (α) μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης & εξουσιοδότησης και (β) μηχανισμός ελέγχου και διαχείρισης ταυτότητας (IdM). Το κάθε σύστημα ή συσκευή του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), έτσι ώστε να είναι σε θέση να επαληθεύει ότι η κάθε οντότητα (πρόσωπο ή σύστημα / συσκευή) έχει την εξουσιοδότηση για προσβασιμότητα σε μία υπηρεσία. Η εξουσιοδότηση βοηθά στον προσδιορισμό της αναγνώρισης παρέχει στο πρόσωπο ή στο σύστημα / συσκευή, για να λάβει μια υπηρεσία. Ο έλεγχος της προσβασιμότητας σημαίνει τον έλεγχο αυτής σε πόρους με τη χορήγηση ή την άρνηση των μέσων αξιοποιώντας μια ευρεία σειρά κριτηρίων. Επιπρόσθετα, το *απόρρητο* αποτελεί σημαντικό ζήτημα λόγω της καθολικότητας χρήσης του Διαδικτύου. Οι φορείς διασυνδέονται και τα

δεδομένα μεταδίδονται και ανταλλάσσονται από το διαδίκτυο, καθιστώντας την ιδιωτική ζωή του χρήστη (π.χ. ναυτικό) ένα ευαίσθητο θέμα. Η προστασία της ιδιωτικής ζωής, καθώς και θέματα ασφάλειας δεδομένων, αποτελούν ανοικτά θέματα έρευνας προς εξέταση. Η δε εμπιστοσύνη διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην υλοποίηση ασφαλούς επικοινωνίας εντός ενός περιβάλλοντος Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη δύο διαστάσεις εμπιστοσύνης στο διαδίκτυο: (α) εμπιστοσύνη στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ οντοτήτων και (β) εμπιστοσύνη στο σύστημα από την πλευρά των χρηστών. Γενικά, η εμπιστοσύνη μεταξύ χρήστη και υπηρεσιών, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός αποτελεσματικού μηχανισμού προσδιορισμού της εμπιστοσύνης σε ένα δυναμικό και συνεργατικό περιβάλλον ΔτΠ (IoT).



Εικόνα 7. Μαζικά Δεδομένα (Big Data) και Ναυτιλία (πηγή: Wikipedia)

### 3.3 Νέα Συστήματα Υποβοήθησης της Πλοήγησης

Με την νέα τεχνολογική επανάσταση, νέα συστήματα που βοηθούν την πλοήγηση, προκάλεσαν μια «επανάσταση» στη γέφυρα του πλοίου και στην ναυτική πλοήγηση. Πιο συγκεκριμένα, τα σημαντικότερα είναι τα ακόλουθα:

- *ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)*. Διαδραματίζει

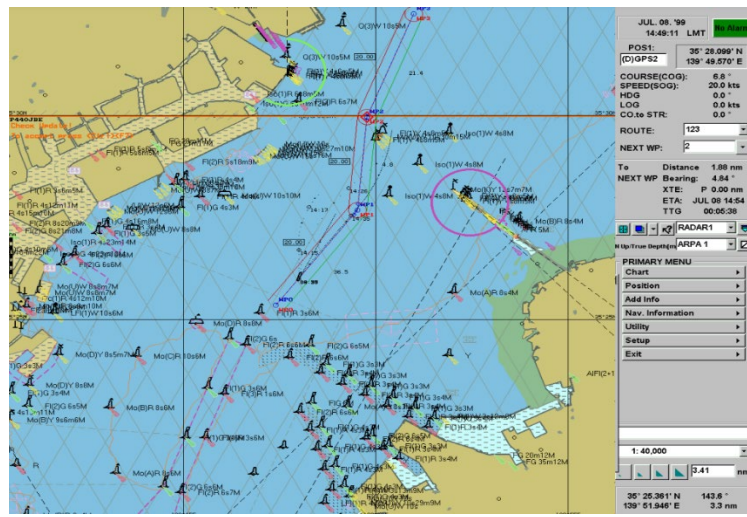
κεντρικό ρόλο στην πλοήγηση ενός πλοίου σήμερα, συνδυάζοντας βαθυμετρικά, ναυσιπλοϊκά και υδρομετεωρολογικά δεδομένα σε έναν χώρο (Jincan and Maoyan, 2015; Pillich and Buttgenbach, 2001). Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική πλοήγηση ενός πλοίου, καθιστώντας τη βάρδια στη γέφυρα ευκολότερη και ασφαλέστερη με τη μείωση του φόρτου εργασίας του πλοηγού, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση (Porathe et al., 2013; Tsou, 2016). Το σύστημα ECDIS μπορεί επίσης να ενσωματωθεί με άλλα ναυτιλιακά συστήματα, όπως το AIS και το ARPA, για την παρακολούθηση και την αποφυγή πιθανών περιοχών προσάραξης κατά τη διάρκεια ελιγμών πλοήγησης και αποφυγής σύγκρουσης. Ωστόσο, οι κατάλληλες ρυθμίσεις της συσκευής και των σχετικών συναγερμών είναι ζωτικής σημασίας για τον σκοπό αυτό (Turna and Oztürk, 2020). Επιπλέον, το ECDIS μπορεί να βοηθήσει στην εύρεση ενός κατάλληλου "παραθύρου πλοήγησης", όπου ένα σκάφος μπορεί να πλέει σε απαιτητικά ύδατα σε κρίσιμες υδρο μετεωρολογικές συνθήκες (Pillich et al., 2003). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σήμερα, με την παρουσία των ολοένα και πιο πολυσύχναστων δρομολογίων και λιμένων παγκοσμίως (Sepehri et al., 2022). Ειδικότερα, το σύστημα ηλεκτρονικών χαρτών (ECDIS) διευκολύνει το πλήρωμα πλοήγησης ενός πλοίου να εντοπίζει και να πλοηγείται καθορισμένους προορισμούς και διαδρομές. Σύμφωνα με τους Xiaoxia και Chaohua (2002), οι χάρτινοι χάρτες μπορεί να αντικατασταθούν από ηλεκτρονικά συστήματα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS) που πληρούν τις απαιτήσεις της SOLAS. Εκτός από την ενίσχυση της ναυτικής ασφάλειας, οι αυτοματοποιημένες δυνατότητες του ECDIS, όπως ο σχεδιασμός διαδρομών, η παρακολούθηση διαδρομών, ο αυτόματος υπολογισμός ETA και η ενημέρωση του ENC, συμβάλλουν σημαντικά, ελαχιστοποιώντας τον φόρτο του πλοηγού. Επίσης, το ECDIS καταγράφει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για μεταγενέστερη μελέτη, εκτός από την προφανή πλεονεκτήματα στην πλοήγηση και την ασφάλεια. Το ECDIS χρησιμοποιεί ένα στοιχείο GPS για τον ακριβή εντοπισμό τη θέση σας στο νερό (Šakan et al., 2019). Η συμμόρφωση του ECDIS με τη διεθνή ναυτιλιακή Οργανισμό (IMO) βοηθά επίσης στην αξιοπιστία του συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη. Σύμφωνα με το Zaghoul (2014), εκτός από την παρουσίαση πληροφοριών από το ραντάρ, τον καιρό, τις συνθήκες

πάγου και τις αυτόματη αναγνώριση πλοίων, το ECDIS συνδυάζει δεδομένα από πίνακες παλίρροιας και οδηγίες πλεύσης. Το ECDIS έχει εξελιχθεί από ένα ψηφιακό σύστημα απεικόνισης χαρτών στη ραχοκοκαλιά της ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας. Η δε προώθηση του ECDIS αποτέλεσε σημείο καμπής στον τομέα της ναυτιλίας, σηματοδοτώντας τη μετάβαση στην ψηφιακή ναυσιπλοΐα (Weintrit, 2012). Από τον Ιούλιο του 2018 η πλήρης εγκατάσταση του ECDIS στα περισσότερα πλοία, οδήγησε στην μετάβαση από τους χάρτινους στους ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες (Svilicic et al., 2020). Καθώς οι άνθρωποι είναι υπεύθυνοι για τα περισσότερα ατυχήματα, το ECDIS δημιουργήθηκε για να κάνει τη διαφορά. Παρόλα αυτά, αρκετές περιπτώσεις καταδεικνύουν ότι η νέα τεχνολογία δημιουργεί τρομερές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν. Τα ατυχήματα μπορεί να προκύψουν από απρόσεκτη χρήση του ECDIS- ως εκ τούτου, η νοοτροπία των χειριστών

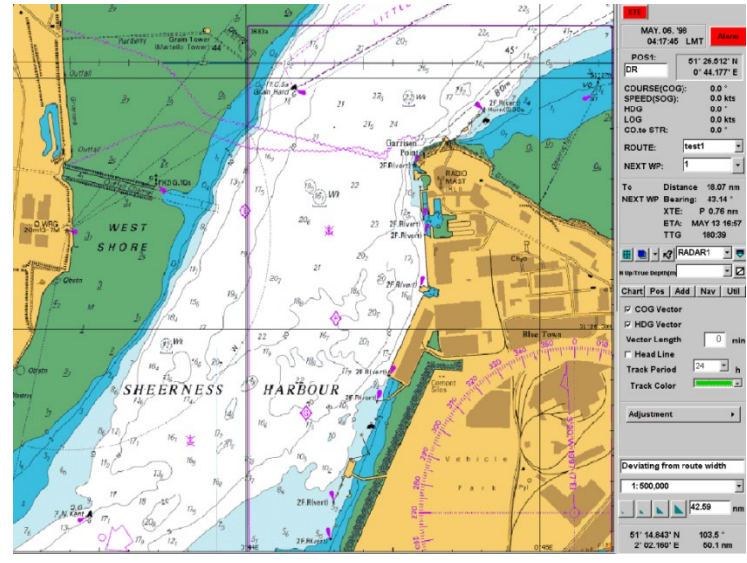
πρέπει να αλλάξει. Εκτός από τις ναυτιλιακές του δυνατότητες, ένα ECDIS περιέχει ένα σύστημα που βασίζεται σε ένα υπολογιστικό σύστημα πληροφοριών που εμφανίζει τη θέση του πλοίου σχετικά με την περιβάλλουσα θαλάσσια περιοχή σε πραγματικό χρόνο. Ο Jurdziński (2018) αναφέρει ότι το σύστημα ECDIS λειτουργεί αναλύοντας δεδομένα αισθητήρων (σύστημα θέσης, AIS, ημερολόγιο, πυξίδα, ραντάρ, NAVTEX κ.λπ.) και εμφανίζει τα ευρήματα σε μια οθόνη χάρτη. Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ECDIS, οι πληροφορίες στους χάρτινους χάρτες μπορούν να προβληθούν ψηφιακά, αλλά αυτό δεν είναι το μόνο που παρέχει για τη ναυσιπλοΐα. Το ECDIS χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς (ψηφιακούς) ναυτικούς χάρτες (ENC) αντί των πιο συμβατικών χάρτινων χαρτών, οι οποίοι τελικά θα καταργηθούν σταδιακά. Στο ECDIS, η τρέχουσα θέση του πλοίου εμφανίζεται με σχεδόν συνεχείς ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο σε έναν χάρτη (Blindheim and Johansen, 2021). Για τον προγραμματισμό της πορείας του πλοίου στον ηλεκτρονικό χάρτη, το "ποντίκι" και ο δρομέας του υπολογιστή ή ένα κανονικό αλφαριθμητικό πληκτρολόγιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αντί να χρησιμοποιούνται χάρτινοι χάρτες, το σχέδιο διέλευσης μπορεί να αποθηκεύεται στον μνήμη του συστήματος, η οποία παρέχει τη σχεδιασμένη διαδρομή όταν ανακαλείται και εκτελείται. Λόγω της ψηφιακής φύσης, έχει σχεδιαστεί σε ένα συνεχές σύνολο διαγραμμάτων.

Όπως συζητήθηκε από τον Lehtola κ.ά. (2020), καθώς το πλοίο προχωρά κατά μήκος του δρομολογίου του, η θέση του πλοίου στους χάρτινους χάρτες θα έπρεπε να μεταφερθεί στον επόμενο χάρτη της σειράς. Όπως οι χάρτινοι χάρτες και η χαρτογράφηση με το χέρι, το σύστημα μπορεί να λάβει εντολή να παράγει χαρτογραφημένες θέσεις σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Άλλες παράμετροι πλοήγησης, όπως η μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση από την προγραμματισμένη διαδρομή, τα περιγράμματα βάθους ασφαλείας, οι αφίξεις σε καθορισμένα σημεία πορείας, οι αλλαγές πορείας κ.λπ. μπορούν να προγραμματιστούν στο σύστημα ECDIS. Ο αξιωματικός βάρδιας ή ο πλοηγός ειδοποιείται με οπτικό και ηχητικό σήμα συναγερμού εάν ξεπεραστούν συγκεκριμένα όρια ή εάν το σκάφος πλησιάσει τα προκαθορισμένα σημεία πορείας ή τοποθεσίες. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει επιβάλει σε όλα τα εμπορικά πλοία που πλέουν στη θάλασσα, να είναι εξοπλισμένα με ECDIS. Όσον αφορά τους αναγνωρισμένους ναυτικούς χάρτες (*Official nautical charts*), αυτοί προσφέρονται σε δύο μορφές στο ECDIS: (α) *Electronic navigational charts (ENC)* (Εικόνα 8) & (β) *Raster navigational charts (RNC)* (Εικόνα 9). Η πρώτη κατηγορία είναι τύπου Vector, όπου το κάθε σημείο περιλαμβάνει πλήθος δεδομένων, επιτρέποντας στο κάθε χρήστη να τις αξιοποιούν με πιο "έξυπνο" τρόπο. Η ψηφιακή πληροφορία αποτελείται από γραμμές-διανύσματα (vectors) που περιλαμβάνει πολλά επίπεδα πληροφορίας, μετασχηματίζοντας τον ηλεκτρονικό χάρτη σε μια Βάση Δεδομένων. Σε αυτούς τους χάρτες η ψηφιακή πληροφορία είναι πολύ-επίπεδη και μπορεί να συνδυασθεί με άλλες πληροφορίες (π.χ. φωτογραφίες, κείμενα). Έτσι, η πληροφορία τύπου vector αξιοποιείται για να εμφανίσει διαφορετικά μεταξύ τους θέματα πάνω σε ένα ενιαίο χάρτη. Οι χάρτες τύπου ENC και οι ανανεώσεις τους εκδίδονται από τις Εθνικές Υδρογραφικές Υπηρεσίες και παρέχονται στα πλοία σε CDs ή μέσω συστημάτων επικοινωνίας. Συγκεκριμένα, η πληροφορία ENC (S-57) μεταφορτώνεται στο ECDIS σε ειδική περιοχή αποθήκευσης, που καλείται *ENC database*. Εάν η μορφή πληροφορίας δεν μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία, μετασχηματίζεται σε διαφορετική μορφή μέσω ενός μεταφραστή (compiler) που καλείται *System ENC (SENC)*. Αυτό έχει ως συνέπεια να φορτωθεί η μετασχηματισμένη πληροφορία σε ξεχωριστή περιοχή αποθήκευσης, την *SENC data base*,

προσβασιμη από το λογισμικό τουECDIS. Η δε δεύτερη κατηγορία χαρτών (*RNC, Raster Nautical Charts*), αφορά ηλεκτρονικές φωτογραφίες που τις συνθέτει σε ένα μεγάλο πλέγμα από pixels (κουκίδες) με ανάλυση συνήθως *100 X 100 (100 X 100 pixels ανά ίντσα)*. Αποτελεί ένα γρήγορο, εύκολο και χαμηλού κόστους δημιουργία ενός ηλεκτρονικού χάρτη, που αφορά ουσιαστικά σκαναρισμένες επιφάνειες παραδοσιακών χαρτών, με τα ίδια σύμβολα και κείμενα. Έχει δυνατότητα της προβολής της θέσης του πλοίου πάνω στο χάρτη, χωρίς τη δυνατότητα προειδοποίησης επικείμενου κινδύνου. Όλες οι πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε ένα χάρτη με ίδια δομή (*format*) και στο ίδιο επίπεδο (*layer*), χωρίς να προσφέρεται η δυνατότητα στον αξιωματικό φυλακής να τις διαχειριστεί ξεχωριστά, ως ανεξάρτητες και αυτόνομες πληροφορίες. Επίσης, μπορεί να περιλαμβάνουν χρωματισμό.



Εικόνα 8. ENCχάρτης(πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/KEEP)



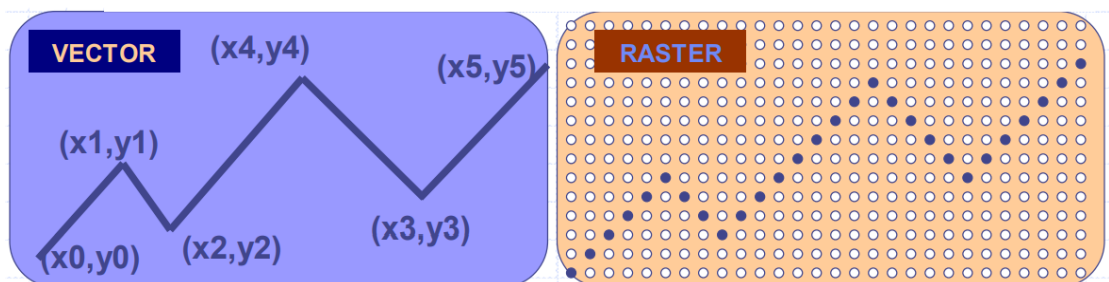
Εικόνα 9. RNCχάρτης (πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/KEEΠ)

Τεχνολογικά, το ECDISείναι ένα σύστημα *CBT* (*Computer-based technology*) που δεν αφορά αποκλειστικά μια παρουσίαση εικόνων δύο διαστάσεων (2D picture), αλλά τον συνδυασμό γεωγραφικών πληροφοριών με συνοδευτικό κείμενο. Για παράδειγμα, ένας φάρος(lighthouse)απεικονίζεται με το σύμβολο ενός πύργου (tower symbol), παρέχοντας πλήθος πληροφοριών που τον αφορούν (π.χ. χρώματα, ύψος, ιστορικό). Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η σύγκριση μεταξύ των δύο μορφών ηλεκτρονικών χαρτών.

Πίνακας 4. Σύγκριση Χαρτών ENC–RNC (πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/KEEΠ)

	<b>VECTOR Chart</b>	<b>RASTER Chart</b>
Chart consist of	<b>Group of Lines Stored as DATA</b>	<b>Group of dots(pixel) Stored as IMAGE</b>
Chart production	<b>Digitizing Paper chart</b>	<b>Scanning Paper chart</b>
Electronic Size of chart	<b>Small , Short time to load</b>	<b>10 times bigger than Vector chart</b>
Appearance to Navigator's eye	<b>Specified image by IHO (Not same as paper chart)</b>	<b>Same image as paper chart</b>
Generation of Grounding Alarm	<b>AVAILABLE (Automatic)</b>	<b>LIMITTED (Manual entry)</b>
Changing Chart Scale	<b>FREE *</b>	<b>LIMITTED</b>
Information of chart symbol	<b>Selective Intelligent data available by popup windows</b>	<b>Nothing more than As appeared on Chart</b>
Chart available	<b>ENC, C-map</b>	<b>ARCS</b>

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η οπτική σύγκριση της διάρθρωσης των δύο τύπων ηλεκτρονικών χαρτών:

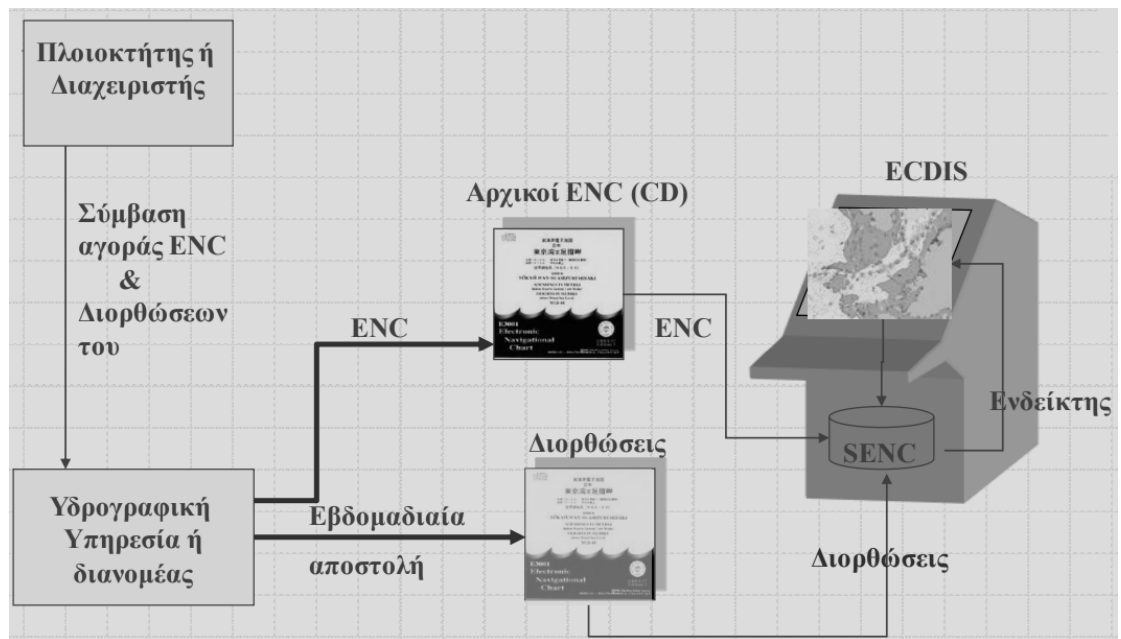


Διάγραμμα 23. Σύγκριση ENC – RNC(πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/KEEΠ)

Στον επόμενο διάγραμμα φαίνεται η διαδικασία διόρθωσης ενός χάρτη ENC. Φαίνεται η δυνατότητα «αυτοματοποιημένης» διεργασίας διόρθωσης η οποία πραγματοποιείται μέσω ψηφιακής τεχνολογίας (υπολογιστής ECDIS,

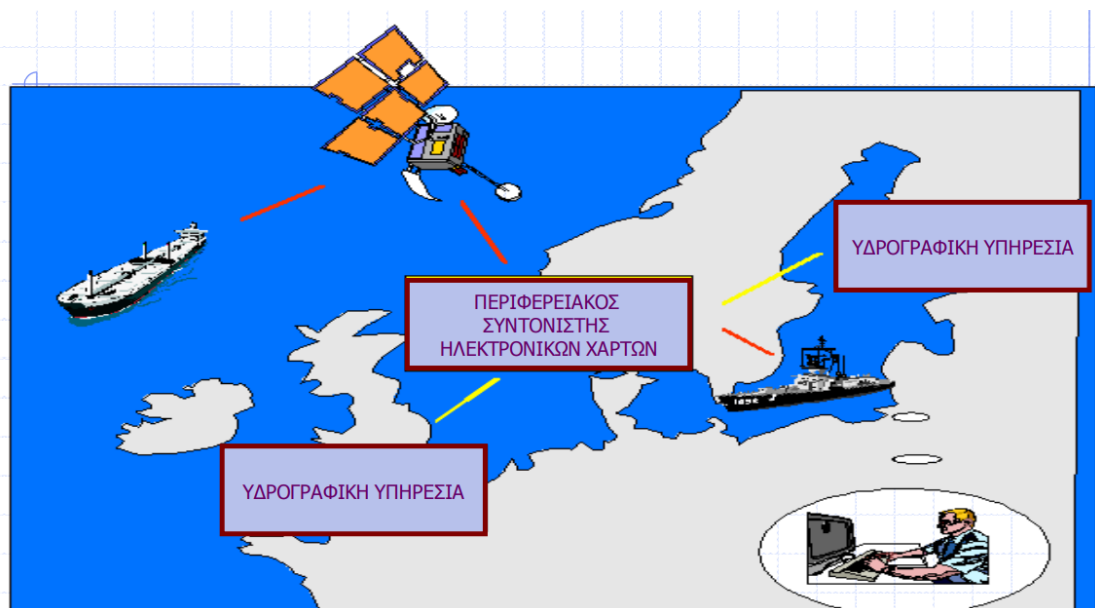


Data Base):



Διάγραμμα 24. Διόρθωση ή ενημέρωση ενός τυπικούENC(πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/ΚΕΕΠ)

Τέλος, στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η δυνατότητα ενημέρωσης ενός χάρτη τύπου ENC μέσω δορυφόρου:



Διάγραμμα 25. Ενημέρωση ενός τυπικούENC μέσω δορυφόρου - PRIMAR(πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/ΚΕΕΠ)

Ολοκληρώνοντας, τα πλεονεκτήματα του ECDIS (Εικόνα 10)μπορεί να είναι τα ακόλουθα (Рудык, 2019):

- ενημερωμένοι χάρτες και ναυτική βιβλιογραφία, καθώς και μια προσιτή



πηγή για προετοιμασία του ταξιδιού, όπου μειώνει το άγχος του πλοηγού.

- Οι χάρτες και τα έγγραφα μπορούν να αναθεωρηθούν με μικρή προσπάθεια. Όσοι διαθέτουν επαρκή εμπειρογνωμοσύνη ως πλοηγοί μπορεί να θυμούνται τον χρόνο που δαπανήθηκε για τη διόρθωση χαρτών και δημοσιεύσεων. Πριν από την έλευση του ECDIS (άυλη ναυσιπλοΐα), το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου του αξιωματικού ναυσιπλοΐας αναλώνονταν στη διόρθωση χαρτών.
- Οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να ενημερώνονται χωρίς περιορισμούς.
- Με την πλοήγηση σε πραγματικό χρόνο μπορεί να εκτιμηθεί να εκτιμηθεί η τρέχουσα κατάσταση καλύτερα με μεγαλύτερη ακρίβεια. Ο χάρτης του συστήματος ECDIS απεικονίζει την ακριβή θέση του σκάφους.
- Η παρακολούθηση της διαδρομής είναι απλή και ο αξιωματικός φυλακής μπορεί να παρακολουθεί όλα όσα χρειάζεται.



Εικόνα 10. Τυπική κονσόλα ECDIS (πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/ΚΕΕΠ)

- *RADAR*: Είναι ένα σύστημα ραδιοεντοπισμού που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για τον προσδιορισμό της απόστασης (εμβέλεια), της γωνίας (αζιμούθιο) και της ακτινικής ταχύτητας των αντικειμένων σε σχέση με την τοποθεσία. Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση αεροσκαφών,

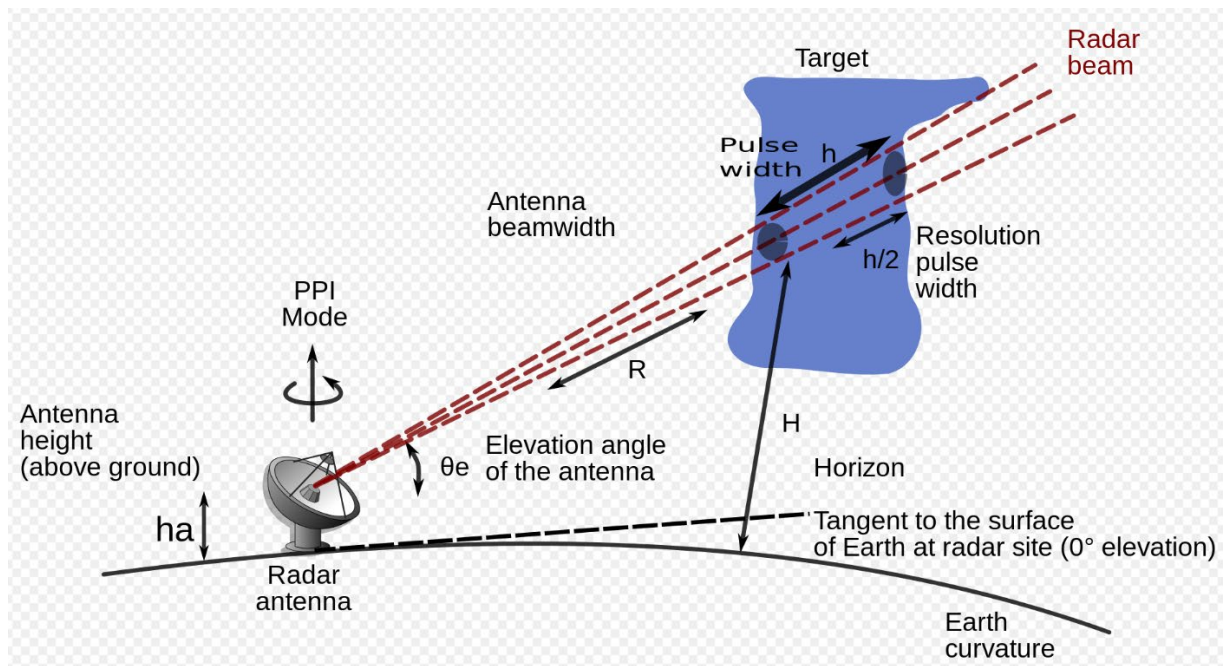
πλοίων, διαστημοπλοίων, κατευθυνόμενων πυραύλων και οχημάτων, καθώς και για τη χαρτογράφηση καιρικών σχηματισμών και εδάφους. Ένα σύστημα ραντάρ αποτελείται από έναν πομπό που παράγει ηλεκτρομαγνητικά κύματα στο πεδίο των ραδιοκυμάτων ή των μικροκυμάτων, μια κεραία εκπομπής, μια κεραία λήψης (συχνά χρησιμοποιείται η ίδια κεραία για εκπομπή και λήψη) και έναν δέκτη και επεξεργαστή για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των αντικειμένων (Διάγραμμα 26). Τα ραδιοκύματα (παλμικά ή συνεχή) από τον πομπό ανακλώνται από τα αντικείμενα και επιστρέφουν στον δέκτη, δίνοντας πληροφορίες για τη θέση και την ταχύτητα των αντικειμένων. Όσον αφορά την ναυτιλία, οι αξιωματικοί βάρδιας στη γέφυρα ενός πλοίου, θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με την χρήση του (Εικόνα 11). Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ναυτικών ραντάρ: *Radar X-BAND & Radar S-BAND*. Όταν είναι σε χρήση το ραντάρ για προσδιορισμό θέσης και παρακολούθησης, οι ναυτικοί πρέπει να ελέγχουν συνεχώς: (α) τη συνολική απόδοση του ραντάρ, (β) την ταυτότητα των σταθερών στόχων που είναι υπό παρακολούθηση, (γ) τα σφάλματα άλλων οργάνων (π.χ. γυροπυξίδα), (δ) την ακρίβεια των μεταβλητών δακτυλίων απόστασης (variable range markers - VRM) & σταθερών δακτυλίων (fix derange rings), και (ε) ορθή θέση των παράλληλων περιθωρίων (parallel index lines). Η παρουσία ηλεκτρονικού χάρτη (π.χ. ENC) συνδυαστικά με το ραντάρ, διευκολύνει στο σχεδιασμό πάνω στο ραντάρ ενός θαλάσσιου ταξιδιού (Διάγραμμα 27). Επίσης, είναι διαθέσιμοι διαρκώς οι τοπικοί χάρτες μεγάλης κλίμακας. Επιπλέον, Οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να παρέχουν σημαδούρες, όρια διαύλων, ζώνες διαχωρισμού κυκλοφορίας και αγκυροβόλια, χρησιμοποιώντας διάφορα σχήματα και σύμβολα. Ο κάθε χάρτης θα πρέπει να παρουσιάζεται στην οθόνη του ραντάρ με σωστό γεωγραφικό προσανατολισμό. Οποιοδήποτε σφάλμα στον υπολογισμό της θέσης ενός σκάφους που αξιοποιείται στο ραντάρ ή σφάλμα στην ακρίβεια του ηλεκτρονικού χάρτη μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα για την πλοήγηση. Τέλος, όσον αφορά το *Ραντάρ αυτόματης υποτύπωσης (ARPA, Automatic Radar Plotting Aid)* αυτό προσφέρει μια σειρά αυτόματων λειτουργιών αποφυγής σύγκρουσης. Για την χρήση του, απαιτούνται διαρκείς περιοδικοί έλεγχοι με χρήση των ενσωματωμένων τεχνικών αυτοδιάγνωσης (built-in operational test facilities). Μπορεί να δημιουργήσει ίχνη

χρησιμοποιώντας επαφές radar. Το σύστημα μπορεί να υπολογίσει την πορεία, την ταχύτητα και το πλησιέστερο σημείο προσέγγισης(CPA) του αντικειμένου που παρακολουθείται, γνωρίζοντας έτσι αν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης με το άλλο πλοίο ή την ξηρά. Η δε ανάπτυξη του ARPA ξεκίνησε μετά το 1956, όταν το ιταλικό υπερωκεάνιο *SS Andrea Doria* συγκρούστηκε με το *MS Stockholm* σε πυκνή ομίχλη και βυθίστηκε στα ανοικτά των ανατολικών ακτών των ΗΠΑ. Τα ραντάρ ARPA άρχισαν να εμφανίζονται τη δεκαετία του '60, με την ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής (Εικόνα 12). Το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο ARPA παραδόθηκε στο φορτηγό πλοίο *MV Taimyr* το 1969 και κατασκευάστηκε από την *Nor control*, που σήμερα ανήκει στην *Kongsberg Gruppen*. Τα ραντάρ ARPA είναι πλέον διαθέσιμα ακόμη και για μικρά σκάφη αναψυχής. Ειδικότερα, με την βοήθεια και των νέων συστημάτων λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης, μια τυπική λειτουργία ARPA παρουσιάζει την τρέχουσα κατάσταση και χρησιμοποιεί την τεχνολογία των υπολογιστών για την πρόβλεψη μελλοντικών καταστάσεων. Ένα ARPA αξιολογεί τον κίνδυνο σύγκρουσης και επιτρέπει στον χειριστή να δει τους προτεινόμενους ελιγμούς από το δικό του πλοίο. Συνήθως παρέχονται οι ακόλουθες λειτουργίες:

- Παρουσίαση ραντάρ πραγματικής ή σχετικής κίνησης.
- Αυτόματη απόκτηση στόχων καθώς και χειροκίνητη απόκτηση.
- Ψηφιακή ανάγνωση των αποκτηθέντων στόχων που παρέχει πορεία, ταχύτητα, απόσταση, διόπτευση, πλησιέστερο σημείο προσέγγισης (CPA) και χρόνο μέχρι το CPA (TCPA).
- Δυνατότητα απεικόνισης πληροφοριών εκτίμησης σύγκρουσης απευθείας στον Δείκτη Θέσης Σχεδίου (PPI), χρησιμοποιώντας διανύσματα (αληθινά ή σχετικά) ή μια γραφική απεικόνιση Προβλεπόμενης Περιοχής Κινδύνου (PAD).
- Δυνατότητα εκτέλεσης δοκιμαστικών ελιγμών, συμπεριλαμβανομένων αλλαγών πορείας, αλλαγών ταχύτητας και συνδυασμένων αλλαγών πορείας/ταχύτητας.
- Αυτόματη σταθεροποίηση εδάφους για σκοπούς πλοήγησης. Το ARPA επεξεργάζεται τις πληροφορίες του ραντάρ πολύ ταχύτερα από το συμβατικό ραντάρ, αλλά εξακολουθεί να υπόκειται στους ίδιους περιορισμούς. Τα δεδομένα ARPA είναι τόσο ακριβή όσο και τα δεδομένα

που προέρχονται από εισόδους όπως το γυροσκόπιο και το ημερολόγιο ταχύτητας.

Συνοψίζοντας το ARPA αποτελεί ένα σύστημα υποστηρικτικής πλοήγησης που ανιχνεύει το αριθμό σκαφών εντός μιας ακτίνας. Βοηθά στην αποφυγή σύγκρουσης με υπολογισμό της εγγύτητας σκαφών με βάση την είσοδο από ναυτικά δεδομένα.



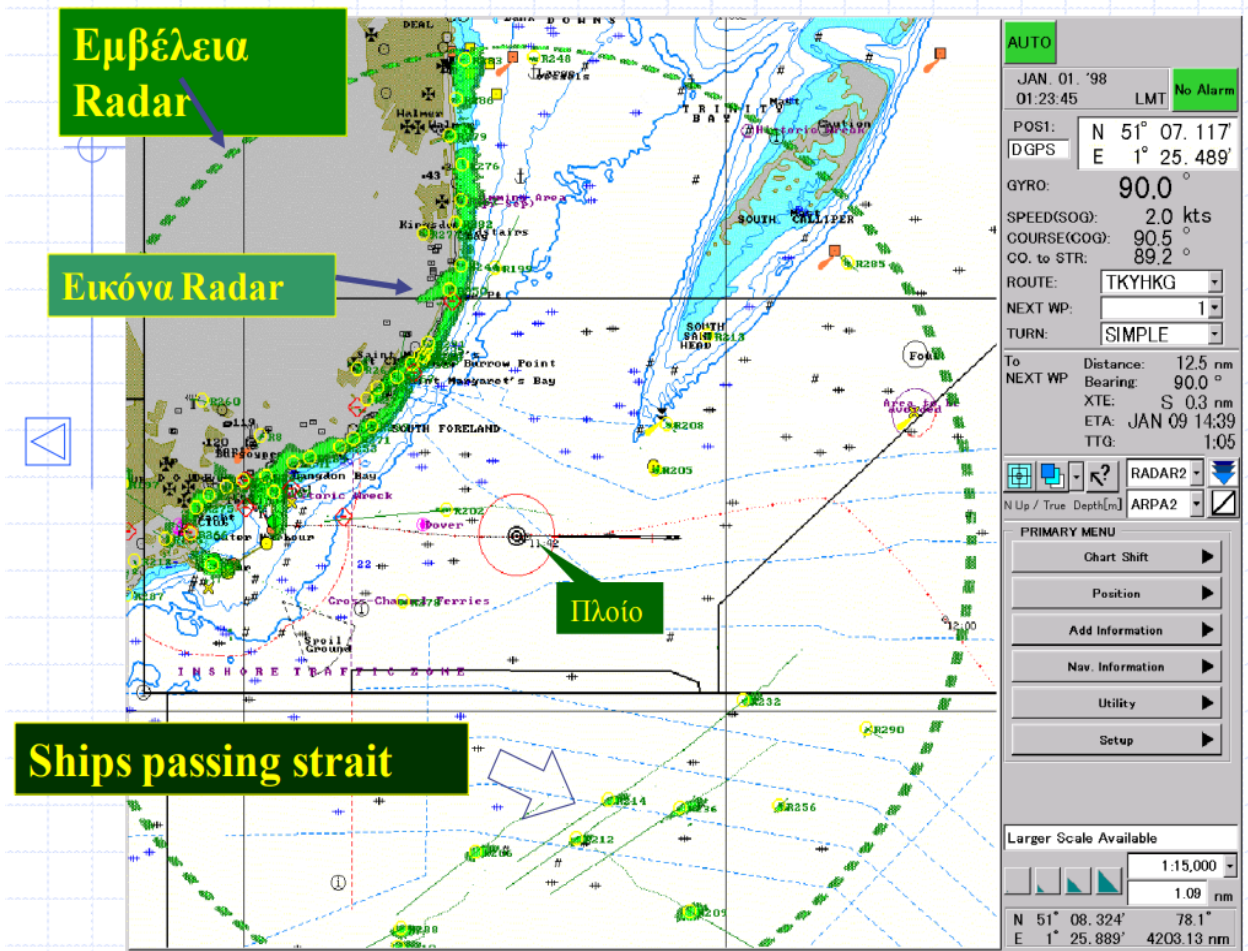
Διάγραμμα 26. Λειτουργία Radar (πηγή: Wikipedia)



Εικόνα 11. Κονσόλα ναυτικού Radar (πηγή: Wikipedia)



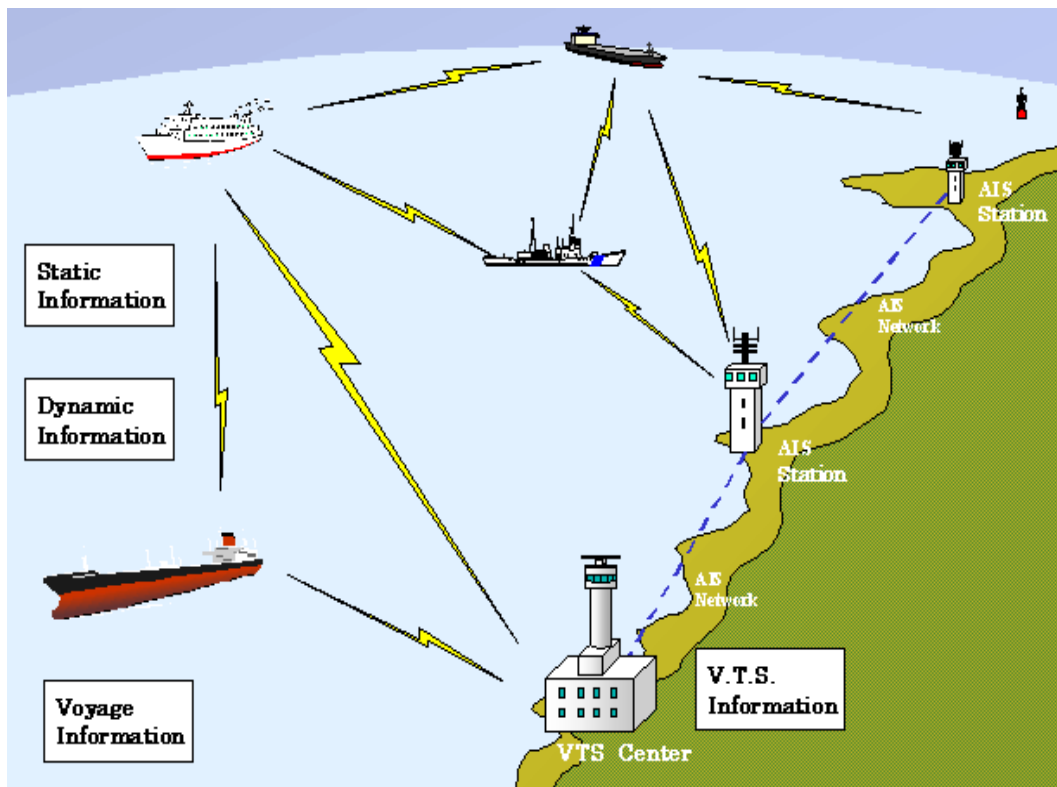
Εικόνα12. Κονσόλα ARPA (πηγή: Wikipedia)



Διάγραμμα 27. Λειτουργία με ενσωματωμένη εικόνα RADAR(πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/ΚΕΕΠ)



- Σύστημα Αυτόματης Αναγνώρισης (*Automatic Identification System - AIS*). Ως σύστημα πρέπει να ικανοποιεί τις τρεις (3) εξής απαιτήσεις (Εικόνα 13): (α) επικοινωνίες μεταξύ πλοίων για αποφυγή σύγκρουσης, (β) δυνατότητες Εθνικών Αρχών για αναγνώριση πλοίων στα χωρικά τους ύδατα και (γ) εργαλείο VTS.

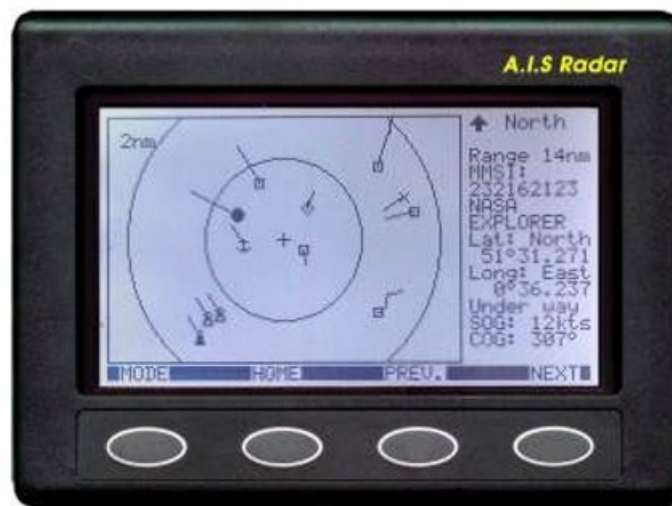


Εικόνα13. Γενική Εικόνα AIS (πηγή: Wikipedia)

Το AIS είναι ένα σύστημα αυτόματης παρακολούθησης που αξιοποιεί πομποδέκτες στα πλοία και χρησιμοποιείται από τις υπηρεσίες κυκλοφορίας πλοίων (VTS). Όταν γίνεται χρήση δορυφόρων για την ανίχνευση σημάτων AIS, χρησιμοποιείται ο όρος Satellite-AIS (S-AIS). Οι πληροφορίες AIS συμπληρώνουν τις πληροφορίες του ARPA, το οποίο εξακολουθεί να αποτελεί την βασική μέθοδο αποφυγής σύγκρουσης για τη μεταφορά των υδάτων. Οι πληροφορίες που παρέχονται από τον AIS (π.χ. μοναδική ταυτοποίηση, η θέση, η ταχύτητα κλπ.), μπορούν να εμφανιστούν σε οθόνη-κονσόλα ή σε ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης και πληροφοριών χάρτη (ECDIS). Το AIS προορίζεται να βοηθήσει στην παρακολούθηση της ναυτιλιακής κίνησης. Το AIS ενσωματώνει έναν τυποποιημένο πομποδέκτη VHF με ένα σύστημα εντοπισμού θέσης, όπως ένα δέκτη GPS, με άλλους

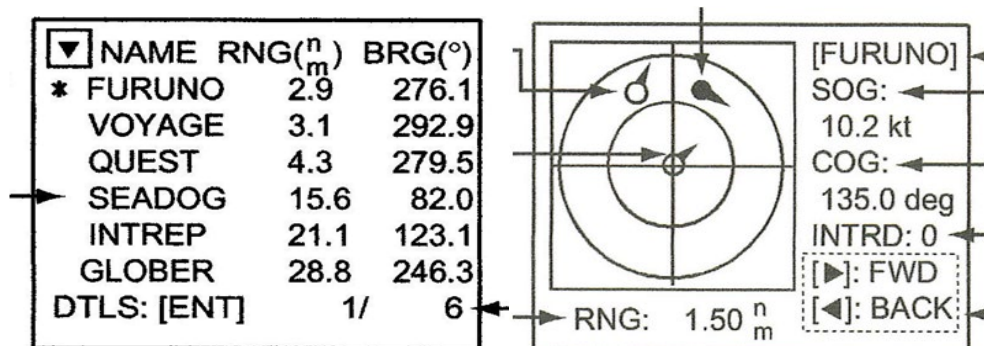
ηλεκτρονικούς αισθητήρες πλοήγησης. Τα σκάφη που είναι εξοπλισμένα με πομποδέκτες AIS για να μπορούν να παρακολουθούνται από σταθμούς βάσης AIS που βρίσκονται κατά μήκος ακτογραμμών ή, όταν βρίσκονται εκτός σειρών επίγειων δικτύων, μέσω ενός διαρκώς αυξανόμενου αριθμού δορυφόρων που είναι εφοδιασμένοι με ειδικούς δέκτες AIS. Η δε Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (SOLASIMO) απαιτεί να εγκατασταθεί το AIS σε πλοία με χωρητικότητα >300 GT και όλα τα επιβατηγά πλοία ανεξαρτήτως μεγέθους. Το AIS, στοχεύει στο να επιτρέψει στα πλοία να παρακολουθούν τη θαλάσσια κυκλοφορία στην ευρύτερη περιοχή τους. Αυτό προϋποθέτει πομποδέκτη AIS VHF που παρέχει προβολή τοπικής κίνησης σε οθόνη υπολογιστή ή ειδική κονσόλα, με δυνατότητα AIS, ενώ μεταδίδει πληροφορίες για το ίδιο το πλοίο σε άλλους δέκτες AIS. Οι λιμενικές αρχές ή άλλες σχετικές υπηρεσίες / υποδομές μπορούν να είναι εξοπλισμένες μόνο με δέκτες AIS, για να μπορούν να προβάλλουν την ναυτική κίνηση χωρίς να χρειάζεται να μεταδίδουν τη δική τους τοποθεσία. Το σύστημα AIS αναπτύχθηκε από τις τεχνικές επιτροπές του IMO ως τεχνολογία αποφυγής συγκρούσεων μεταξύ σκαφών στη θάλασσα. Οι τεχνολογικές εξελίξεις πρόσφεραν τις δυνατότητες δημιουργία του μέσω της μετάδοσης εικόνας σε πραγματικό χρόνο (real time). Τα πρότυπα AIS περιλαμβάνουν μια ποικιλία αυτόματων υπολογισμών που στηρίζονται στις αναφορές θέσης, όπως το πλησιέστερο σημείο προσπέλασης (CPA) και οι συναγερμοί, αλλά οι δέκτες AIS περιορίζονται στην περιοχή VHF, δηλ. σε μια ζώνη 10 μέχρι 20 ναυτικά μίλια. Η Ακτοφυλακή των ΗΠΑ έχει προτείνει το AIS να αντικαταστήσει το racon (ραδιοφωνικοί φάροι) που χρησιμοποιούνται σήμερα για ηλεκτρονικά βοηθήματα πλοήγησης. Συνοψίζοντας, το AIS είναι ένα σύστημα που παρέχει τη δυνατότητα στο πλοίο αλλά και στα κέντρα ελέγχου θαλάσσιας κυκλοφορίας στη Ξηρά, να ελέγχουν και να παρακολουθούν τα πλοία της περιοχής. Τα πλοία που διαθέτουν AIS, με συνέπεια εκπέμπουν διαρκώς τη θέση τους, την πορεία, την ταχύτητα και άλλες ζωτικές πληροφορίες μέσω ειδικών καναλιών VHF. Τα παραπλέοντα πλοία γίνονται δέκτες αυτών των πληροφοριών και εφόσον υπάρχει σύστημα ECDIS μπορούν να προβάλλονται αυτές οι πληροφορίες σε αυτό, όπως άλλωστε μπορούν να προβληθούν και σε ARPA ή να καταγραφούν σε Αυτόματο Καταγραφέα Ταξιδιού (VDR), αν

υπάρχει τέτοια πρόβλεψη. Άλλωστε, τα κέντρα VTS γίνονται δέκτες και διαχειρίζονται τις ίδιες ακριβώς πληροφορίες. Επιπλέον, το AIS μπορεί να διαχειρίζεται παράλληλα πάνω από 4500 μηνύματα (SMS) ανά λεπτό σε δύο συχνότητες και ανανεώνει τις πληροφορίες ανά 2 δευτερόλεπτα. Κάθε κινητός σταθμός AIS έχει την ικανότητα να είναι δέκτης για δύο κανάλια, ενώ κάθε στόχος στην οθόνη του AIS μεταφράζεται σε πολλές πληροφορίες που εμφανίζονται είτε με τη μορφή κειμένου είτε με ειδικά σύμβολα. Οι πληροφορίες περιλαμβάνουν όπως το μέγεθος του πλοίου, τη θέση του, την ονομασία του, τον νηογνώμονα κ.α. Χάρη στις πληροφορίες αυτές μπορεί να κληθεί οποιοδήποτε πλοίο μέσω VHF ή μέσω οποιασδήποτε άλλης συσκευής GMDSS.



Εικόνα14. Τυπική κονσόλα AIS (πηγή: Wikipedia)

Οι στόχοι πάνω σε κονσόλα AIS εμφανίζονται διάφορες μορφές, όπως φαίνονται στην επόμενη εικόνα:



Εικόνα15. Κονσόλα AIS με κείμενο & γραφικά ως απεικόνιση (πηγή: Wikipedia)



Τέλος, στους επόμενους πίνακες φαίνονται κατηγορίες δεδομένων που διακινούνται από ένα τυπικό σταθμό AIS και οροθετούνται στις εξής κατηγορίες:

- Μόνιμα δεδομένα
- Δυναμικά δεδομένα
- Δεδομένα σχετικά με το θαλάσσιο ταξίδι
- Δεδομένα σχετικά με την ασφάλεια ταξιδιών

Πίνακας 5. Στατικά Δεδομένα σταθμού AIS (πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/KEEΠ)

<b>MMSI / Διεθνές Διακριτικό Σήμα / Όνομα πλοίου</b>	Call Sign Όλοι οι σταθμοί πλοίων υποχρεούνται να φέρουν ΔΔΣ ( <u>call sign</u> ). Σχηματίζεται συνήθως από 4 χαρακτήρες (πχ SXJN).  MMSI  Για την χρήση του DSC απαιτούνται τα <u>MMSIs</u> (Maritime Mobile Service Identities). Τα MMSIs των πλοίων σχηματίζονται από 9 αριθμούς, εκ των οποίων οι 3 πρώτοι δείχνουν την εθνικότητά του.
<b>Είδος πλοίου</b>	WIG (Υδροπτερυγο), Passenger (Επιβατηγό), Tanker (Δεξαμενόπλοιο), Bulk carrier (Φορτηγό χύδην φορτίου), HSC (High Speed Craft) κλπ
<b>Αριθμός IMO</b>	Από το 1996 (Δ.Σ. SOLAS, Κεφ. XI) η ταυτότητα IMO είναι υποχρεωτική (mandatory) για όλα τα πλοία.  Ο αριθμός IMO αποτελείται από τα γράμματα IMO και τον αριθμό Lloyd (7ψήφιος) που δίνεται στο πλοίο κατά την ναυπήγησή του.
<b>Μήκος - πλάτος</b>	Οι διαστάσεις του πλοίου
<b>Θέση κεραίας GPS</b>	Απολύτως απαραίτητη η ακριβής θέση της κεραίας GPS (στην πλώρη ή στην πρύμνη, δεξιά ή αριστερά).

Πίνακας 6. Δεδομένα σχετικά με το θαλάσσιο ταξίδι από σταθμό AIS (πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/KEEΠ)

<b>Βύθισμα</b>	Το βύθισμα του πλοίου.
<b>Επικίνδυνο φορτίο</b>	DG: Dangerous Goods. HS: Harmful Substances. <u>MP: Marine Pollutants.</u> (Αν απαιτείται από την Εθνική Αρχή.
<b>ΕΤΑ / προορισμός</b>	Οι πληροφορίες αυτές είναι στην κρίση του πλοιάρχου.
<b>Σχεδιασμός ταξιδιού (Route Plan)</b>	Τα waypoints που θα ακολουθήσει το πλοίο (προαιρετικά).

Επιπρόσθετα, η συνολική λειτουργία του AIS συνοψίζεται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 7. Βασικές Λειτουργίες σταθμού AIS (πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/KEEΠ)

<b>Αυτόνομα (Autonomous and continuous)</b>	Διαρκής λειτουργία σε κάθε γεωγραφική περιοχή
<b>Με εντολές (Assigned)</b>	Εκπομπή δεδομένων σε τακτή βάση (χρονική) με ελεγχόμενες εκπομπές από λιμενικές υπηρεσίες σε περιοχές VTS
<b>Με αίτηση (Polling)</b>	Απόκριση σε τυχόν "ερώτηση" άλλου πλοίου ή λιμενικής υπηρεσίας ή οργανισμού

- *Ραδιοεπικοινωνίες.* Χάρη στις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις κάθε πλοίο σύμφωνα με τον IMO πρέπει να διέπεται από τους κανόνες του Παγκόσμιου Ναυτιλιακού Συστήματος Κινδύνου και Ασφάλειας (*Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS*) το οποίο υιοθετήθηκε υποχρεωτικά στην ναυτιλία το 1999. Με την υιοθέτηση του, η συνεχής ακρόαση σε συχνότητες κινδύνου και ασφάλειας παρέχει έγκαιρη πληροφόρηση. Οι λειτουργικές απαιτήσεις του *GMDSS* είναι οι ακόλουθες
  - *Να εκπέμπει συναγερμούς κινδύνου στην κατεύθυνση “πλοίο-ξηρά” (ship-to-shore), με δυο τουλάχιστον ξεχωριστά και ανεξάρτητα μέσα, αξιοποιώντας διαφορετική υπηρεσία ραδιοεπικοινωνιών.*

- Να εκπέμπει και να λαμβάνει συναγερμούς κινδύνου στην κατεύθυνση “Πλοίο-Πλοίο” (*ship-to-ship*).
- Να λαμβάνει συναγερμούς κινδύνου στην κατεύθυνση “ Ξηρά-Πλοίο” (*shore-to-ship*).
- Να πραγματοποιεί επικοινωνίες Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (*SAR Coordination Communications*).
- Να πραγματοποιεί επικοινωνίες “Περιοχής Συμβάντος” (*On Scene Communications*).
- Να πραγματοποιεί επικοινωνίες “Γέφυρα – προς - Γέφυρα” (*Bridge-to-Bridge*).
- Να εκπέμπει και να λαμβάνει σήματα για εντοπισμό (*Homing*).
- Να εκπέμπει και να λαμβάνει “Πληροφορίες Ναυτικής Ασφαλείας” (*Maritime Safety Information - MSI*).
- Να διαχειρίζεται γενικές ραδιοεπικοινωνίες (*General communications*).

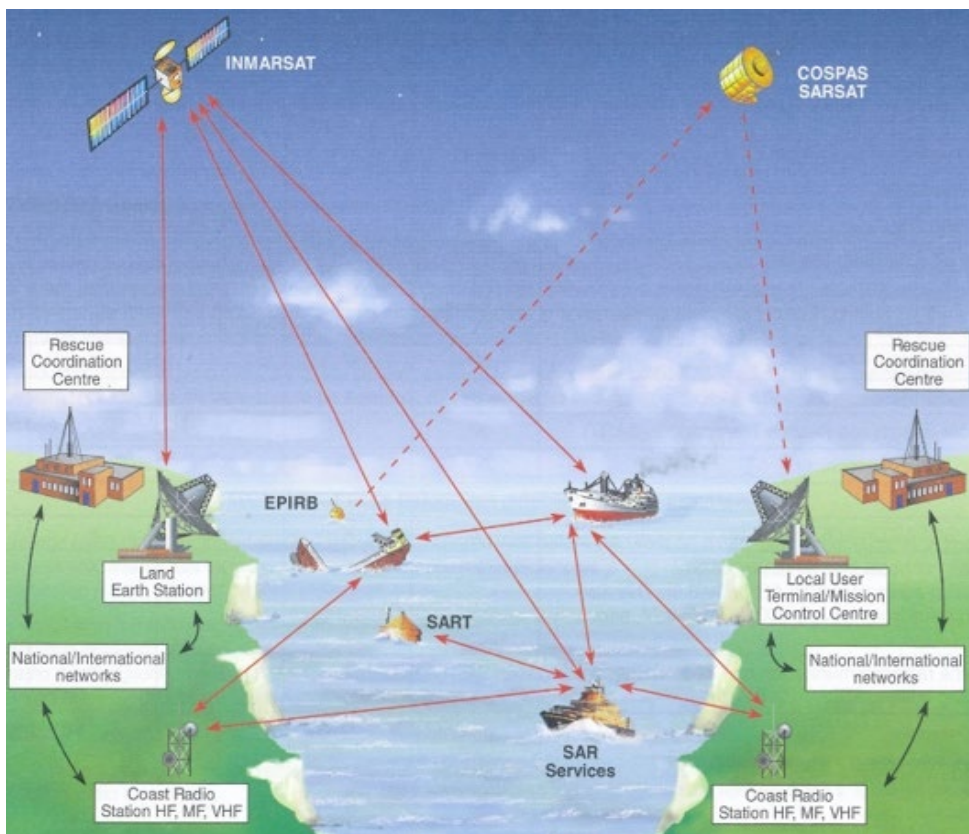
Το GMDSS αποτελείται από διάφορα συστήματα, άλλα παλιάς τεχνολογίας και άλλα νεότερης τεχνολογίας. Το σύστημα προορίζεται για την υλοποίηση των εξής λειτουργιών: (α) προειδοποίηση (συμπεριλαμβανομένου του προσδιορισμού θέσης της μονάδας σε κίνδυνο), (β) συντονισμός αναζήτησης και διάσωσης, (γ) εντοπισμός (μετακίνηση), (δ) εκπομπές πληροφοριών για την ασφάλεια στη θάλασσα, (ε) γενικές επικοινωνίες και επικοινωνίες γέφυρας-γέφυρας. Οι συγκεκριμένες απαιτήσεις ραδιο-πλοήγησης εξαρτώνται από την περιοχή λειτουργίας του πλοίου, ενώ προσφέρει πληθώρα μέσων συναγερμού κινδύνου και πηγές ενέργειας έκτακτης ανάγκης. Οι δε βασικοί τύποι εξοπλισμού που αξιοποιούνται στην GMDSS είναι εξής:

- Εκπομπή ραδιοφάρου που υποδεικνύει την επείγουσα θέση (*EPIRB*) (ραδιοφωνικός σηματοδότης έκτακτης ανάγκης 406 MHz, ενός στοιχείου του GMDSS που σχεδιάστηκε για να λειτουργεί με το σύστημα Cospas-Sarsat).
- *NAVTEX* (διεθνές αυτοματοποιημένο σύστημα για την άμεση διανομή πληροφοριών για την ασφάλεια στη θάλασσα (*MSI*), το οποίο περιλαμβάνει προειδοποιήσεις πλοήγησης, προβλέψεις καιρού και προειδοποιήσεις καιρού, ειδοποιήσεις έρευνας και

διάσωσης και παρόμοιες πληροφορίες στα πλοία).

- ο Δορυφορικό σύστημα παροχής υπηρεσιών (από το 2018,ο αποκλειστικός πάροχος δορυφορικών υπηρεσιών GMDSS είναι το INMARSAT, αν και, το σύστημα δορυφόρων Iridium / HIBLEO 2, βρίσκεται στη διαδικασία υποβολής αίτησης για να γίνει επίσης φορέας παροχής υπηρεσιών GMDSS).

Συνοψίζοντας, ένα σύστημα GMDSS μπορεί να περιλαμβάνει υποδομή ραδιοτηλεφώνων υψηλής ευκρίνειας (HF) και radio telex, με κλήσεις που εκκινούν με ψηφιακή επιλεκτική κλήση (DSC)(Εικόνα 16).Η εγκατάσταση GMDSS σε πλοία περιλαμβάνει μία συσκευή εντοπισμού και διάσωσης (δύο σε πλοία >500 GT) που καλούνται αναμεταδότες ραντάρ αναζήτησης και διάσωσης (SART), που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό σωστικών σκαφών ή δυσχερειών πλοίων. Επίσης, ο IMO εισήγαγε ψηφιακές επιλεκτικές κλήσεις (DSC) στα θαλάσσια συστήματα MF, HF και VHF ως τμήμα του συστήματος GMDSS.



Εικόνα16. Χρήση συστήματος GMDSS(πηγή: Wikipedia)

- Καταγραφέας δεδομένων ταξιδιού (*Voyage Date Recorder – VDR / S-VDR*).

Αφορά μια συσκευή αυτόματης και διαρκούς καταγραφής δεδομένων σχετικά με την κατάσταση των συσκευών του πλοίου, με στόχο τη διευκόλυνση των ερευνών για τον προσδιορισμό των αιτιών ενός ατυχήματος του πλοίου (Εικόνα 17). Οι συσκευές VDRs πρέπει να διαχειρίζονται συνεχώς τα δεδομένα που παίρνουν από συσκευές του πλοίου. Για παράδειγμα, το S-VDR διαχειρίζεται σε διαρκή βάση πληροφορίες από εξωτερικές συσκευές που τις προωθεί για τελική καταγραφή σε ειδική συσκευή (final recording medium) που βρίσκεται ενσωματωμένη σε προστατευτικό θαλαμίσκο (capsule). Το S-VDR δεν χρειάζεται να αποθηκεύει όλα τα δεδομένα που διαχειρίζεται ένα VDR αλλά αποκλειστικά εκείνα τα δεδομένα που συνδέονται με τη θέση και την κίνηση του πλοίου. Τα δεδομένα που αποθηκεύονται είναι τα εξής:

Πίνακας 8. Βασικά Δεδομένα καταγραφής σε ένα S-VDR (πηγή: Ηλεκτρονικοί χάρτες YEN/ΚΕΕΠ)

<b>Ημερομηνία - ώρα</b>	Από εξωτερική πηγή ή ενσωματωμένο ρολόϊ.
<b>Θέση πλοίου</b>	Από σύστημα ηλεκτρονικής ναυτιλίας (πχ GPS).
<b>Ταχύτητα</b>	Είτε SOG (speed over ground) είτε SOW (Speed over water) ανάλογα με τον εξωτερικό αισθητήρα (GPS ή δρομόμετρο). Υπάρχει ένδειξη για τη μέθοδο καταγραφής.
<b>Πορεία</b>	Από την πυξίδα του πλοίου
<b>Ομιλίες γέφυρας</b>	Από μικρόφωνα εγκατεστημένα στη γέφυρα.
<b>Ραδιοεπικοινωνίες</b>	Επικοινωνίες μέσω VHF
<b>Πληροφορίες από Radar και Ecdis</b>	Πρόκειται για ηλεκτρονικό σήμα από ραντάρ στο οποίο περιέχονται οι πληροφορίες της οθόνης του ραντάρ όπως παρουσιάζονται κατά την ώρα του ατυχήματος: range (εμβέλεια), marks (κύκλοι), plotting symbols (σύμβολα σε μορφή γραφικών), maps (χάρτες), <u>voyage plan</u> (σχεδιασμός ταξιδιού), κλπ.
<b>Πληροφορίες από AIS</b>	Η συσκευή AIS μπορεί να συνδεθεί στο S-VDR αν δεν μπορεί να καταγραφεί η πληροφορία από ραντάρ (λόγω ασυμβατότητας).

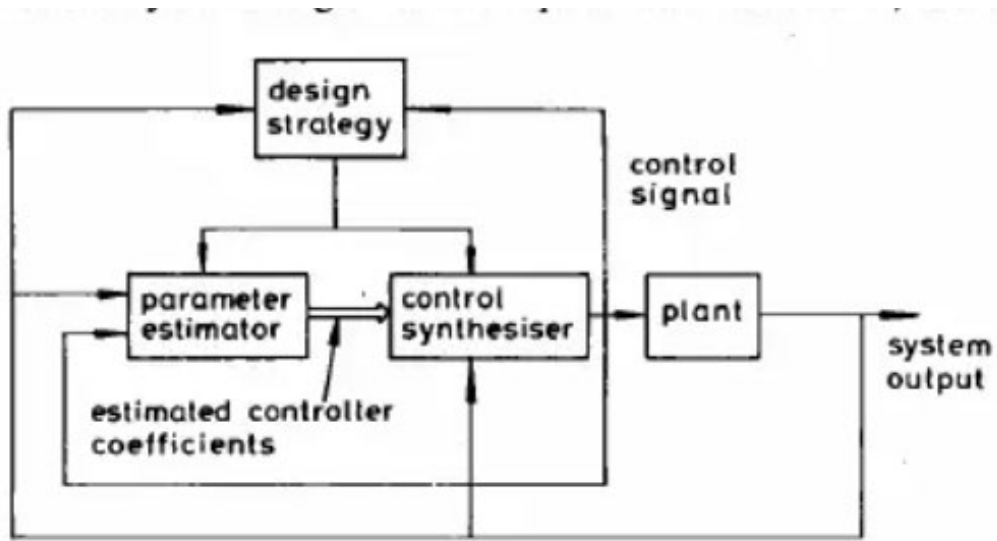


Εικόνα17. Συσκευή S-VDR(πηγή: Wikipedia)

- *Αυτόματος πιλότος (automatic pilot)*. Αποτελεί μηχανισμό ελέγχου που στοχεύει στη διατήρηση ενός πλοίου στην πορεία του. Ομάδα αισθητήρων (sensors) παρέχουν πληροφόρηση για τον έλεγχο του πλοίου προς αποφυγή εκτροπής από την πορεία του, ενώ αποστέλλει εντολή στο πηδάλιο διόρθωσης της πορείας. Πιο συγκεκριμένα, ο ρόλος του είναι η διατήρηση της ορισθείσας πορείας και μπορεί να λειτουργήσει είτε σαν αυτόνομο σύστημα είτε μέσα από ένα ολοκληρωμένο σύστημα γέφυρας (*integrated bridge system*)(Εικόνα 18). Στο Διάγραμμα 28 φαίνεται ένα τυπικό σύστημα ελέγχου της πλοήγησης:

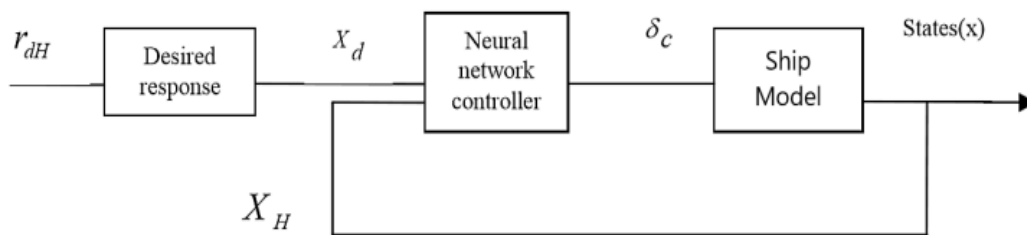


Εικόνα17. Θέση Αυτόματου Πιλότου Γέφυρας Πλοίου (πηγή: <https://www.isalos.net/2021/03/asfalis-nafsiplioia-ta-systimata-pidaliouchias-kai-schedio-ektaktis-anagkis/>)



Διάγραμμα 28. Σύστημα ελέγχου αυτόματου πιλότου (πηγή: Lim and Forsythe, 1983)

Η νέα τεχνολογική επανάσταση προσφέρει νέα δυναμικά μέσα για την σχεδίαση πιο αξιόπιστων αυτόματων πιλότων. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται το σύστημα ελέγχου ενός αυτόματου πιλότου με αξιοποίηση νευρωνικών δικτύων (τεχνητή νοημοσύνη – 4<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση – Ναυτιλία 4.0 – έξυπνη ναυτιλία) (Fossen, 2011; Miller et al., 1995).

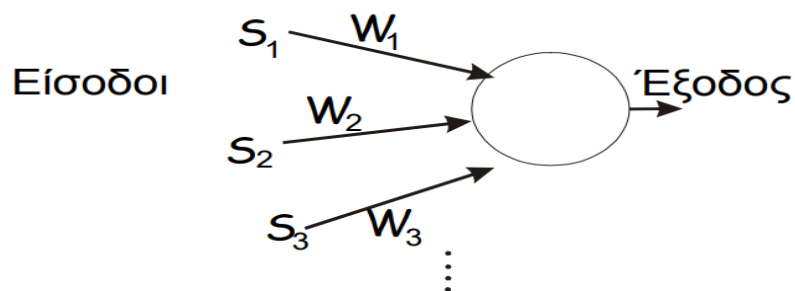


Διάγραμμα 29. Αυτόματος πιλότος βασισμένος σε νευρωνικά δίκτυα (πηγή: Fossen, 2011)

Τα νευρωνικά δίκτυα (neural nets) έχουν αναπτυχθεί μεταπολεμικά ως κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης. Η έμπνευση εδράζεται στην βιολογία. Στην βιολογία κάθε νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό μονάδων, που καλούνται νευρώνες(neurons). Ο νευρώνας αποτελεί τη στοιχειώδη ανεξάρτητη μονάδα του δικτύου. Οι νευρώνες επεξεργάζονται πληροφορίες διαρκώς, λαμβάνοντας και αποστέλλοντας ηλεκτρικά σήματα σε άλλους νευρώνες (Διάγραμμα 30). Από την άλλη τα τεχνητά

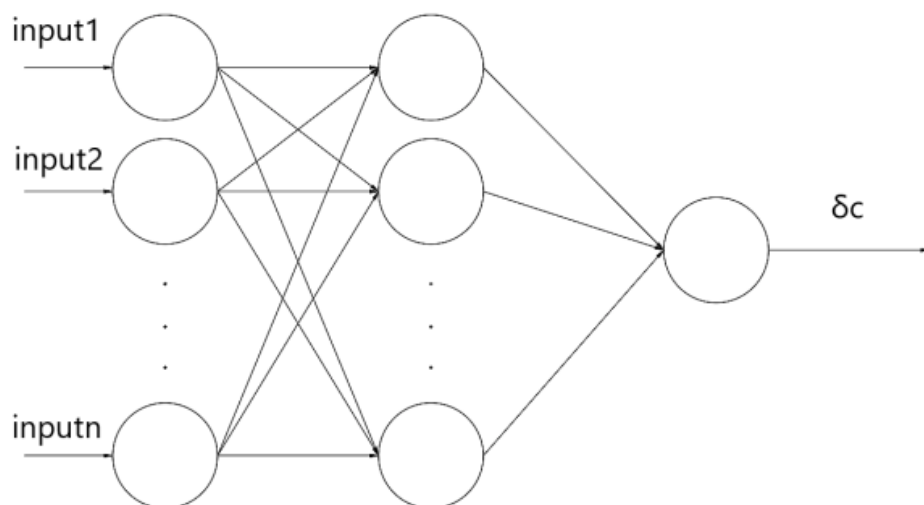


νευρωνικά δίκτυα, στοχεύουν στην εκτέλεση ορισμένων διεργασιών, όπως για παράδειγμα η αναγνώριση εικόνων, εφόσον εκπαιδευθεί κατάλληλα. Κάθε δίκτυο δέχεται ορισμένες εισόδους και αποδίδει ορισμένες εξόδους (input-output). Η εκπαίδευση πραγματοποιείται με την εισαγωγή μιας ομάδας από πρότυπα στο δίκτυο, αντιπροσωπευτικά ή παρεμφερή με το στόχο που έχουμε. Αυτό συνεπάγεται ότι παρέχονται στο δίκτυο ως είσοδοι, κάποια πρότυπα που είναι γνωστά πια είναι η έξοδος στο δίκτυο(γνωστός ο στόχος)(Anderson, 1995; Kohonen, 1987; Haykin, 1999; Bose and Liang, 1996).



Διάγραμμα 30. Ένας τεχνητός νευρώνας (ο κύκλος) με πολλές εισόδους ( $s_1, s_2, s_3, \dots$ ), αντίστοιχα βάρη ( $w_1, w_2, w_3, \dots$ ), και μία έξοδο(πηγή: Haykin,1999)

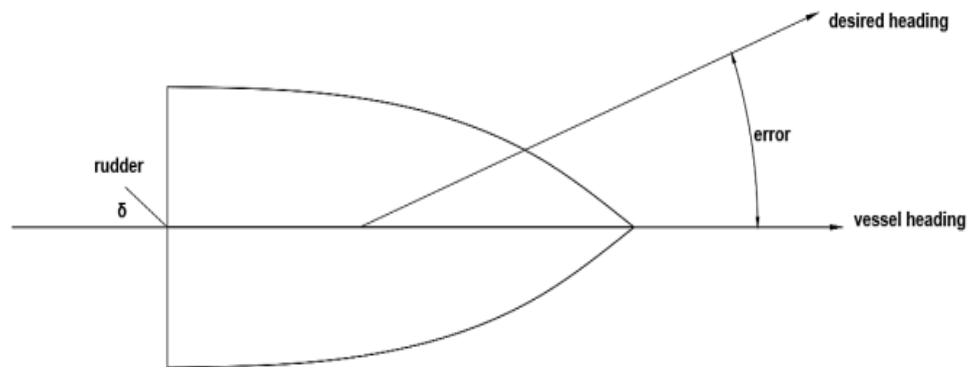
Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν την ικανότητα να απομνημονεύουν ένα μεγάλο μέγεθος δεδομένων, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να "μάθουν" την πραγματικότητα και υπολογίζουν τη γωνία του πηδαλίου ανάλογα με την εκάστοτε κατάσταση (Miller et al., 1995).



Διάγραμμα 31. Αρχιτεκτονική Νευρωνικού Δικτύου (πηγή:Miller et al., 1995)



Ο ελεγκτής πρέπει να παράγει τη γωνία πηδαλίου η οποία θα εισαχθεί στον ενεργοποιητή, ώστε το σκάφος ακολουθήσει την επιθυμητή διαδρομή. Η επιθυμητή διαδρομή είναι προκαθορισμένη και ο ελεγκτής συνεχώς υπολογίζει το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής και της επιθυμητής πορείας, όπως απεικονίζεται στο Διάγραμμα 32.

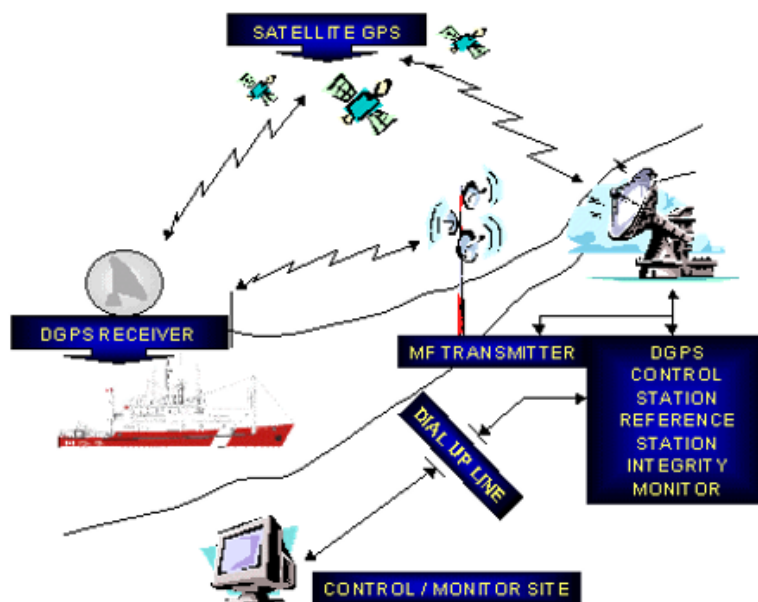


Διάγραμμα 32. Κατεύθυνση σκάφους (πηγή:Milleretal., 1995)

- *Ηλεκτρονικά συστήματα Εντοπισμού Θέσης.* Ένα τέτοιο σύστημα αξιοποιεί τις ιδιότητες των ραδιοκυμάτων για τον καθορισμό της θέσης ενός σκάφους. Στην ναυτιλία χρησιμοποιείται το *Παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα ναυσιπλοΐας (Global navigation satellite system (GNSS)*, που αποτελεί μια γενική έννοια (umbrellaterm) που περιγράφει ένα παγκόσμιο ενοποιημένο σύστημα, που στοχεύει στο προσδιορισμός θέσης και στη μέτρηση του χρόνου με υψηλή ακρίβεια. Έτσι, τα συστήματα GPSαποτελούν υποσύστημα του GNSSκαι ως αυτόνομα συστήματα, προσφέρουν προσδιορισμό θέσης. Όμως το GNSS θα πρέπει επιπλέον να προσφέρει:
    - Πληροφορία σε πραγματικό χρόνο (Real time navigation in formation).
    - Δυνατότητα ελέγχου ορθότητας υπολογισμών (Autonomous integrity checking).
    - Μεγάλη ακρίβεια για ασφαλή ναυτιλία (Accuracy sufficient for safe navigation)
- Ο δε IMO απαιτεί:
- Παροχή ασφαλούς ναυσιπλοΐας σε εισόδους λιμένων και επικίνδυνα ύδατα

- Υποστήριξη από τοπικά ραδιοβοηθήματα, εφόσον η περιοχή δεν μπορεί να καλυφθεί με διαφορετικό τρόπο.
- Να υπάρχει ανά πλοίο ένας δέκτης.
- Απεριόριστη πρόσβαση χρηστών.
- Αξιοπιστία και χαμηλού κόστους.

Τα συστήματα GPS αξιοποιούνται από απεριόριστο αριθμό χρηστών χωρίς οικονομική επιβάρυνση (free of charges) υπόκεινται όμως σε δυσλειτουργίες και πιθανόν σε παύση (failure) χωρίς να διαθέτουν ικανότητα προειδοποίησης του χρήστη για το επικείμενο πρόβλημα. Η αρχιτεκτονική του περιλαμβάνει τα εξής συστήματα GPS (δορυφορική κάλυψη): (α) το αμερικανικό GPS, (β) το ρωσικό GLONASS, (γ) το Ευρωπαϊκό GALILEO, και (δ) το Κινεζικό BEIDOU. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η χρήση του GPS, όπου σταθμοί ξηράς εκπέμπουν προς διαφορικούς δέκτες (differential receivers) προσφέροντας διαφορικό σήμα που οδηγεί σε υπολογισμούς μεγάλης ακρίβειας:



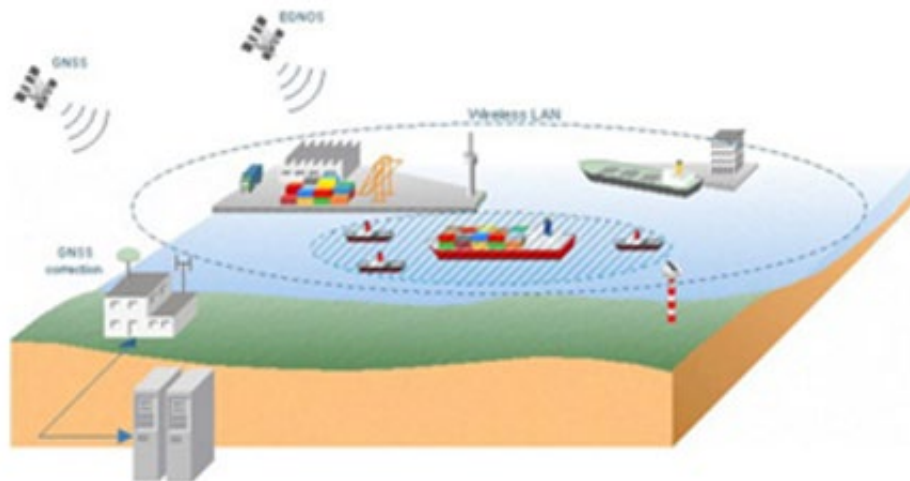
Διάγραμμα 33. GPSλειτουργία (πηγή: Wikipedia)

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το ρωσικό σύστημα GLONASS, ενώ ακολουθεί η εικόνα με το ίδιο σύστημα που αφορά την αρκτική πλοήγηση. Το σύστημα GLONASS διατηρήθηκε, εκσυγχρονίστηκε και άρχισε να λειτουργεί

με δορυφόρους "GLONASS-K". Σήμερα υπάρχουν δύο υφιστάμενα λειτουργικά παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης: GPS και GLONASS.



Εικόνα18. Σύστημα GLONASS(πηγή:Wikipedia)



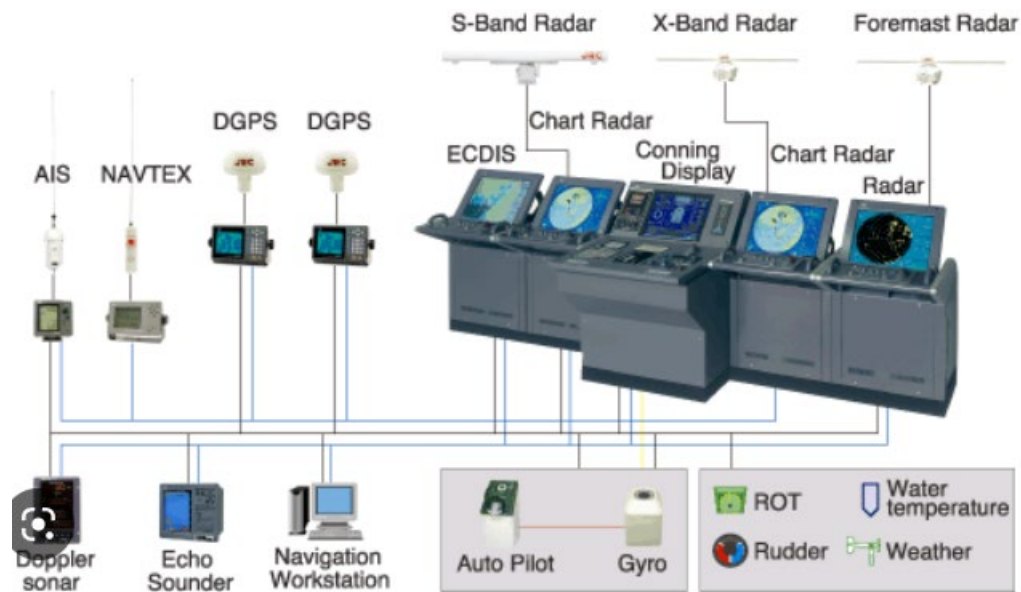
Εικόνα19. Σύστημα GLONASS Ρωσικά Λιμάνια στην Αρκτική (πηγή:Wikipedia)

### 3.4 Ενοποιημένα Συστήματα Γέφυρας (Integrated Bridge Systems, IBS)

Η νέα τεχνολογική επανάσταση οδήγησε στην δημιουργία νέων συνθηκών στην γέφυρα του πλοίου. Ο νέος εξοπλισμός που προέκυψε από τις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις δημιούργησε την ανάγκη για ενοποίηση και ενιαία παρακολούθηση – εποπτεία όλων των συστημάτων μιας γέφυρας. Η στόχευση ήταν η αύξηση της αξιοπιστίας της ναυσιπλοΐας με βελτιστοποίηση των πλόων, αποφυγή συγκρούσεων και παράλληλη γενική διαχείριση του πλοίου σε μέγιστο βαθμό απόδοσης. Αυτό συνεπάγεται ο αξιωματικός βάρδιας σε μια τυπική γέφυρα, να μπορεί να παρακολουθεί (monitoring) την ευρύτερη περιοχή που πλέει το σκάφος, να σχεδιάζει την πορεία, να επικοινωνεί με το έξω κόσμο ή να μεταδίδει σύνολα δεδομένων, να ελέγχει τις μηχανές του πλοίου και το φορτίο. Όλοι αυτοί οι στόχοι οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός νέου συστήματος ελέγχου στη γέφυρα που να μπορεί να πραγματοποιείται συλλογή δεδομένων για την υλοποίηση των παραπάνω καθηκόντων.

Ο *IMO*, ορίζει ένα ενοποιημένο σύστημα γέφυρας (*IBS*) ως ένα σύνολο διασυνδεδεμένων συστημάτων που έχουν ως σκοπό την άμεση και ταυτόχρονη πρόσβαση σε δεδομένα & πληροφορίες που έχουν προέλευση από πολλές και διαφορετικές πηγές (*αισθητήρες*) και τη διαχείριση και αξιολόγησή αυτών. Ο απώτερος στόχος είναι η αύξηση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας με παράλληλη άνοδο της αποδοτικότητας διαχείρισης κάθε πλοίου.

Ένα τυπικό *IBS* περιλαμβάνει όλες τις συσκευές (υλικό) και τα λογισμικά εργαλεία που συνοδεύουν αυτές τις συσκευές και το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης γέφυρας (Εικόνα 20). Επειδή υπάρχουν στο εμπόριο πολλά τέτοια συστήματα, το βασικό κοινό στοιχείο τους είναι ο συνδυασμός συσκευών ναυσιπλοΐας και επικοινωνιών σε μια ενιαία κονσόλα ή διεπαφή οθόνης (*interface*), κατάλληλη για τη διαχείριση της γέφυρας του πλοίου από τον αρμόδιο αξιωματικό βάρδιας.



Εικόνα20. Τυπικό Σύστημα IBS με διασύνδεση συσκευών γέφυρας (πηγή:<http://maritimeknowledge.blogspot.com/2015/12/ibsintegrated-bridge-system.html>)

Οι νηογνώμονες έχουν θέσει κάποιες συστάσεις σχετικά με τους επιτρεπόμενους τύπους IBS, χωρίς να υπάρχει κάποια μορφή υποχρεωτικότητα:

- 'NAVI' - Lloyd's Register (LR),
- 'WI-OC' - Det Norske Veritas,
- 'NAV-OC' - Germanischer Lloyd (GL),
- 'OMBO' - American Bureau of Shipping (ABS).

Ουσιαστικά ένα IBS σύστημα αφορά μια μεθοδολογία δικτύωσης συσκευών / συστημάτων του πλοίου σε ένα ενιαίο σύστημα, παρέχοντας υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας. Για να επιτευχθεί η πλοήγηση του πλοίου μέσω μιας θέσης και από ένα άτομο, προϋποθέτει θέση εργασίας, σύμφωνα με εργονομικούς κανονισμούς, έτσι ώστε ο κάθε αξιωματικός βάρδιας (φυλακής) εκτελεί όλα τα καθήκοντά του ασφαλώς και αποδοτικά. Επιπλέον, η σχεδίαση ενός τυπικού IBS θα πρέπει επίσης να προβλέπει την παράλληλη εργασία δύο ατόμων (operators). Επιπρόσθετα, το IBS έχει σύστημα συναγερμού για προειδοποίηση επικίνδυνων καταστάσεων. Οι δε βασικοί αισθητήρες ενός τυπικού IBS συστήματος:

- Ραντάρ που παρέχει συναγερμούς ναυτιλιακής κυκλοφορίας.
- Αυτόματο πιλότο, γυροσκόπιο και πυξίδα.
- συστήματα διόρθωσης θέσης (position-fixing systems), τα οποία παρέχουν συναγερμούς σχετικά με τη θέση (εφόσον χρειαστεί).

Επίσης, μπορεί να διασυνδεθούν με τον κεντρικό συναγερμό ενός τυπικού IBS, συστήματα όπως:

- ECDIS,
- Πηδάλιο,
- Πίνακας διανομής/Παροχής Ενέργειας (power distribution panel)

Η κεντρική οθόνη (διεπαφή) πρέπει να βρίσκεται στο κέντρο της γέφυρας, στο εμπρός μέρος (conning position) για να προσφέρεται άμεσα ένα σύνολο πληροφοριών και κατά τη διάρκεια του θαλάσσιου ταξιδιού και κατά την πρόσδεση του πλοίου στην αποβάθρα. Από την κεντρική θέση ο αρμόδιος αξιωματικός βάρδιας ή ο καπετάνιος θα πρέπει να διαθέτει πρόσβαση στο σύνολο των αισθητήρων για να μπορεί να υποβληθεί σύγκριση στα δεδομένα.

### **3.5 Το Πλαίσιο της Ηλεκτρονικής Πλοήγησης (e-Navigation)**

Ο IMO ενέκρινε το στρατηγικό σχέδιο εφαρμογής της ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας (SIP) το 2014. Το σχέδιο αυτό, μεταξύ άλλων, βασίζεται στην εκτίμηση της επίδρασης των εφαρμογών ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας στη μείωση των ατυχημάτων ναυσιπλοΐας, συμπεριλαμβανομένων των συγκρούσεων και των προσaráξεων των πλοίων που εμπίπτουν στην Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) κατά περίπου 65%. Ωστόσο, τα κράτη μέλη του IMO είναι υπεύθυνα για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την αποτελεσματική κυκλοφορία των πλοίων σε διεθνές αλλά και σε εθνικό επίπεδο (Baldauf and Hong, 2016).

Πιο συγκεκριμένα, η ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα (e-Navigation) είναι μια στρατηγική που αναπτύχθηκε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO), για να επιφέρει αυξημένη ασφάλεια της ναυσιπλοΐας στην εμπορική ναυτιλία μέσω της καλύτερης οργάνωσης των δεδομένων στα πλοία και στην ξηρά και της καλύτερης ανταλλαγής δεδομένων και επικοινωνίας μεταξύ των πλοίων και του πλοίου και της ξηράς. Η ιδέα ξεκίνησε όταν οι ναυτιλιακές αρχές από επτά κράτη ζήτησαν από την Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας του IMO να προσθέσει την ανάπτυξη μιας στρατηγικής ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας στα προγράμματα εργασίας των υποεπιτροπών NAV και COMSAR του IMO. Στη συνέχεια, ομάδες εργασίας σε τρεις υποεπιτροπές (NAV, COMSAR και STW) με επικεφαλής τη Νορβηγία, ανέπτυξαν ένα σχέδιο εφαρμογής της στρατηγικής (SIP). Τα κράτη μέλη του IMO και ορισμένοι διακυβερνητικοί και

μη κυβερνητικοί οργανισμοί συνέβαλαν στις εργασίες, όπως ο Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός (IHO), η Comité International Radio Maritime (CIRM), η Διεθνής Ένωση Αρχών Φάρων (IALA), το Διεθνές Ναυτιλιακό Επιμελητήριο (ICS), το Βαλτικό και Διεθνές Ναυτιλιακό Συμβούλιο (BIMCO) και η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC). Ιστορικά, η ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα ξεκίνησε από μια κοινή πρόταση, στην οποία συμμετείχαν η Ιαπωνία, οι Νήσοι Μάρσαλ, η Ολλανδία, Νορβηγία, Σιγκαπούρη, Ηνωμένο Βασίλειο και ΗΠΑ, προς την MSC του IMO κατά την όγδοη πρώτη συνεδρίασή της (MSC 81/23/10). Κατόπιν αυτής της πρότασης, η υποεπιτροπή NAV ανέπτυξε μια "Στρατηγική για την ανάπτυξη και εφαρμογή της ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας (NAV 54/25 Παράρτημα 12)" και "Χρονοδιάγραμμα για την εφαρμογή της προτεινόμενης στρατηγικής για την ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα (NAV 54/25 Παράρτημα 13)", σε συνεργασία με την υποεπιτροπή COMSAR και με τη σχετική συμβολή που παρέχεται

ιδίως από την IALA και τον IHO. Η στρατηγική και το χρονοδιάγραμμα εγκρίθηκαν από την MSC, όπως ορίζεται στην MSC85/26 Add 1 (παράρτημα 20) και MSC 85/26. Add.1 (παράρτημα 21), αντίστοιχα. Μέσω αυτών, ο IMO είχε συμφωνήσει για τον ορισμό και τους βασικούς στόχους της ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας που εξακολουθούν να ισχύουν και σήμερα (Baldauf and Hong, 2016).

Η αρχική στρατηγική ηλεκτρονικής πλοήγησης αναπτύχθηκε με βάση την καθοδήγηση του χρήστη και όχι ως τεχνολογική μεθοδολογία. Ως εκ τούτου, η βασική ιδέα των λύσεων ηλεκτρονικής πλοήγησης θα μπορούσε να είναι να αποφεύγονται οι αστοχίες του συστήματος που, π.χ., προκαλούν καθυστερήσεις επειδή το πλοίο κρίνεται ακατάλληλο, να αποφεύγονται απώλειες της βασικής καλής ναυτικής τέχνης από τα πληρώματα, αποφυγή της ακατάλληλης αντικατάστασης του ανθρώπινου παράγοντα από την τεχνολογία και την υποβάθμιση της διαχείρισης των πόρων της γέφυρας. Αντίθετα, η ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα ενθαρρύνει τις βέλτιστες πρακτικές των πληρωμάτων (MSC 85/26 Add.1. Παράρτημα 20) (Baldauf and Hong, 2016).

Με βάση τις εκτεταμένες ανάγκες των χρηστών και αναλύσεων των κενών που υπάρχουν, προσδιορίστηκαν λύσεις ηλεκτρονικής πλοήγησης για την ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών, οι οποίες αντικατοπτρίζουν κυρίως τις ανησυχίες που αντιμετωπίζονται συχνότερα κατά την καθημερινή εργασία ρουτίνας, καθώς και τα προβλήματα που μπορούν να προκαλέσουν ατυχήματα. Επιπλέον, οι λύσεις αυτές αντικατοπτρίζουν τις ανησυχίες για τη βελτίωση της ασφάλειας των πλοήγησης, όπως



δείχνουν τα ακόλουθα παραδείγματα (Baldauf and Hong, 2016; Baldauf et al., 2015; Schröder-Hinrichs et al., 2012):

- S1. βελτιωμένος, εναρμονισμένος και φιλικός προς το χρήστη σχεδιασμός γεφυρών πλοίου.
- S2. μέσα για τυποποιημένες και αυτοματοποιημένες αναφορές.
- S3. βελτιωμένη αξιοπιστία, ανθεκτικότητα και ακεραιότητα του εξοπλισμού των γεφυρών και των πληροφοριών ναυσιπλοΐας.
- S4. ενσωμάτωση και παρουσίαση των διαθέσιμων πληροφοριών σε γραφικές οθόνες που λαμβάνονται μέσω εξοπλισμού επικοινωνίας.
- S9. βελτιωμένη επικοινωνία του υπηρεσιών VTS.

Σε ένα δεύτερο βήμα, τα αποτελέσματα των διαφόρων δραστηριοτήτων συγχωνεύθηκαν σύμφωνα με τις διαδικασίες που σκιαγραφείται στο επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 34. Διαδικασία προσδιορισμού RCOs (Πηγή: (Πηγή: Παράρτημα 1 της NAV 59/6, σελ. 20)

Ο σκοπός αυτής της διαδικασίας ήταν να προσδιοριστούν απτές και διαχειρίσιμες επιλογές ελέγχου των κινδύνων(RCOs) για τις οποίες τα αποτελέσματα της ανάλυσης αναγκών και ελλείψεων των χρηστών και των ιεραρχημένων λύσεων συγχωνεύτηκαν και συσχετίστηκαν με την ανάλυση δεδομένων ατυχημάτων. Στους δύο επόμενους πίνακες φαίνεται η λίστα των Χαρτοφυλακίων Ναυτιλιακών Υπηρεσιών (XNY), από το παράρτημα 7 της NCSR 1/28 και οι RCO:

Πίνακας 9. Κατάλογος Χαρτοφυλακίων Ναυτιλιακών Υπηρεσιών (XNY)(πηγή: Baldauf and Hong, 2016)

MSPs	Services	Responsible Service Provider
1	VTS Information Service (IS)	VTS Authority
2	Navigational Assistance Service (NAS)	National competent VTS Authority, Coastal or Port Authority
3	Traffic Organization Service (TOS)	
4	Local Port Service (LPS)	Local Port/Harbour Operator
5	Maritime Safety Information Service (MSI)	National Competent Authority (NCA)
6	Pilotage service	Pilot Authority/Pilot Organization
7	Tugs Service	Tug Authority
8	Vessel Shore Reporting	NCA, Shipowner, Operator, Master
9	Tele-medical Assistance Service (TMAS)	National Health Organization
10	Maritime Assistance Service (MAS)	Coastal or Port Authority/Organization
11	Nautical Chart Service	National Hydrographic Authority/ Organization
12	Nautical Publications Service	National Hydrographic Authority/ Organization
13	Ice Navigation Service	National Competent Authority Organization
14	Meteorological Information Service	National Meteorological Authority/WMO/ Public Institutions
15	Hydrographic and Environmental Information Service	National Hydrographic and Meteorological Authorities
16	Search and Rescue Service	SAR Authorities

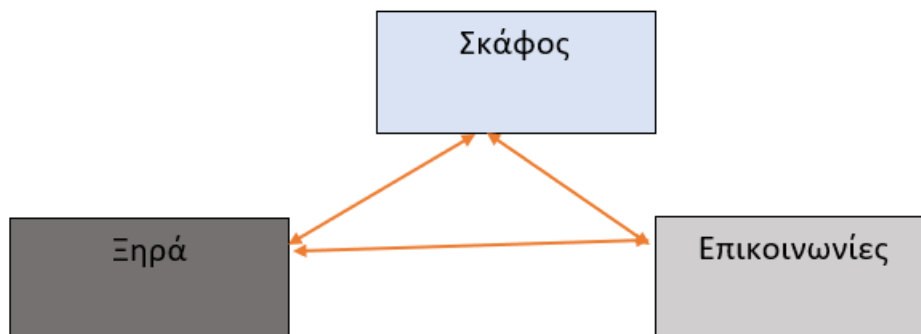
Πίνακας 10. RCOs (πηγή: Baldauf and Hong, 2016)

Rank	RCOs		PLL reduction	PLL reduction of total
1	RCO 7	Bridge and workstation layout standardization	2.1E-04	14%
2	RCO 1	Integration of navigation information and equipment including improved software quality assurance	1.7E-04	11%
3	RCO 2	Bridge alert management	1.5E -04	10%
4	RCO 3	Automated and standardized ship-shore reporting	1.3E-04	8%
5	RCO 4	Improved reliability and resilience of on board PNT systems	1.2E-04	8%
6	RCO 5	Standardized mode	1.1E-04	7%
7	RCO 6	Improved shore-based services	1.1E-04	7%
Total				65%

Το *όραμα* της ηλεκτρονικής πλοήγησης ενσωματώνεται στις ακόλουθες γενικές προσδοκίες για τα στοιχεία επί του σκάφους, στην ξηρά και στις επικοινωνίες<sup>1</sup> (Διάγραμμα 35):

<sup>1</sup> MSC\85\26-Add-1.doc

- *Επί του σκάφους.* Συστήματα πλοήγησης που επωφελούνται από την ενσωμάτωση αισθητήρων του πλοίου, υποστηρικτικές πληροφορίες, μια τυποποιημένη διεπαφή χρήστη και ένα ολοκληρωμένο σύστημα για διαχείρισης ζωνών φύλαξης και συναγερμών. Τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου συστήματος θα περιλαμβάνουν, την ενεργό συμμετοχή του ναυτιλλομένου στη διαδικασία της πλοήγησης για την πραγματοποίηση της αποστολής του/της με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο, αποτρέποντας παράλληλα την απόσπαση της προσοχής και την κόπωση.
- *Στην ξηρά.* Η διαχείριση της κυκλοφορίας των πλοίων και των σχετικών υπηρεσιών από την ξηρά θα πρέπει να είναι ενισχυμένη μέσω της καλύτερης παροχής, του συντονισμού και της ανταλλαγής ολοκληρωμένων δεδομένων σε μορφές που θα είναι ευκολότερα κατανοητές και θα χρησιμοποιούνται από τους φορείς εκμετάλλευσης στην ξηρά για τη υποστήριξη της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των σκαφών.
- *Επικοινωνίες.* Μια υποδομή που παρέχει εξουσιοδοτημένη απρόσκοπτη μεταφορά πληροφοριών επί του σκάφους μεταξύ πλοίων, μεταξύ πλοίου και ξηράς και μεταξύ αρχών ξηράς και άλλων μερών με πολλά συναφή οφέλη.



Διάγραμμα 35. Όραμα ηλεκτρονικής πλοήγησης

Οι βασικοί στόχοι της έννοιας της ηλεκτρονικής πλοήγησης είναι οι εξής<sup>2</sup>:

- διευκόλυνση της ασφαλούς ναυσιπλοΐας των σκαφών, λαμβάνοντας υπόψη τα υδρογραφικά δεδομένα, τις μετεωρολογικές και ναυτιλιακές πληροφορίες και τους κινδύνους,
- διευκολύνει την παρατήρηση και τη διαχείριση της κυκλοφορίας των πλοίων από τις παράκτιες/παράκτιες εγκαταστάσεις, όπου ενδείκνυται,

<sup>2</sup> MSC\85\26-Add-1.doc

- διευκολύνουν τις επικοινωνίες, συμπεριλαμβανομένης της ανταλλαγής δεδομένων, μεταξύ πλοίου προς πλοίο, πλοίου προς ξηρά, ξηρά προς πλοίο, ξηρά προς ξηρά και άλλων χρηστών,
- παρέχει ευκαιρίες για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών και της εφοδιαστικής,
- υποστηρίζουν την αποτελεσματική λειτουργία της αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών και της έρευνας και διάσωσης.
- επιδεικνύουν καθορισμένα επίπεδα ακρίβειας, ακεραιότητας και συνέχειας κατάλληλα για ένα κρίσιμο επίπεδο για την ασφάλεια συστήματος,
- ενσωματώνουν και παρουσιάζουν πληροφορίες επί του σκάφους και στην ξηρά μέσω ενός συστήματος ανθρώπου-μηχανής.
- διεπαφή που μεγιστοποιεί τα οφέλη της ασφάλειας πλοήγησης και ελαχιστοποιεί τυχόν κινδύνους σύγχυσης ή παρερμηνείας εκ μέρους του χρήστη,
- ενσωμάτωση και παρουσίαση πληροφοριών επί του σκάφους και στην ξηρά για τη διαχείριση του φόρτου εργασίας των χρηστών, παρακινώντας και εμπλέκοντας παράλληλα τον χρήστη και υποστηρίζοντας τη λήψη αποφάσεων,
- ενσωματώνει τις απαιτήσεις εκπαίδευσης και εξοικείωσης των χρηστών καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης και υλοποίησης,
- διευκολύνει την παγκόσμια κάλυψη, τα συνεπή πρότυπα και ρυθμίσεις και την αμοιβαία συμβατότητα και διαλειτουργικότητα του εξοπλισμού, των συστημάτων, και των επιχειρησιακών διαδικασιών, ώστε να αποφεύγονται πιθανές συγκρούσεις μεταξύ των χρηστών- και
- υποστηρίζουν την επεκτασιμότητα, ώστε να διευκολύνουν τη χρήση από όλους τους δυνητικούς θαλάσσιους χρήστες.

Τα κύρια οφέλη της ηλεκτρονικής πλοήγησης αναμένεται να είναι τα ακόλουθα<sup>3</sup>:

- βελτίωση της ασφάλειας, μέσω της προώθησης προτύπων ασφαλούς ναυσιπλοΐας που υποστηρίζονται από:
  - βελτιωμένη υποστήριξη αποφάσεων που επιτρέπει στους ναυτιλλόμενους και τις αρμόδιες αρχές στην ξηρά να επιλέγουν σχετικές αδιαμφισβήτητες πληροφορίες σχετικές με τις επικρατούσες συνθήκες,

---

<sup>3</sup> MSC\85\26-Add-1.doc

- μείωση των ανθρώπινων σφαλμάτων μέσω της παροχής αυτόματων δεικτών, προειδοποιήσεων και μεθόδων ασφαλείας,
- βελτιωμένη κάλυψη και διαθεσιμότητα σταθερής ποιότητας Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών (ENCs),
- εισαγωγή τυποποιημένου εξοπλισμού με λειτουργία S-Mode\*, αλλά χωρίς να περιορίζεται η δυνατότητα των κατασκευαστών να καινοτομούν,
- αυξημένη ανθεκτικότητα του συστήματος πλοήγησης, που οδηγεί σε βελτιωμένη αξιοπιστία και ακεραιότητα,
- καλύτερη ενσωμάτωση των συστημάτων πλοίου και ξηράς- που οδηγεί σε καλύτερη αξιοποίηση όλων των ανθρώπινων πόρων,
- καλύτερη προστασία του περιβάλλοντος τόσο με:
  - τη βελτίωση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, όπως προαναφέρθηκε, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο συγκρούσεων και προσαράξεων και των συναφών διαρροών και ρύπανσης,
  - τη μείωση των εκπομπών με τη χρήση βέλτιστων διαδρόμων και ταχυτήτων και
  - της βελτίωσης της ικανότητας και της χωρητικότητας στην αντιμετώπιση και το χειρισμό καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, όπως οι πετρελαιοκηλίδες,
- αυξημένη ασφάλεια με την ενεργοποίηση της λειτουργίας αθόρυβης λειτουργίας για την ξηρά για την επιτήρηση και τον έλεγχο του τομέα,
- υψηλότερη αποδοτικότητα και μειωμένο κόστος που επιτυγχάνεται με
  - παγκόσμια τυποποίηση και έγκριση τύπου του εξοπλισμού που ενισχύεται από μια ταχεία διαδικασία διαχείρισης αλλαγών (σε σχέση με τα τεχνικά πρότυπα για τον εξοπλισμό),
  - αυτοματοποιημένες και τυποποιημένες διαδικασίες υποβολής εκθέσεων, που οδηγούν σε μείωση των διοικητικών εξόδων,
  - βελτιωμένη αποδοτικότητα της γέφυρας που επιτρέπει στους φύλακες να μεγιστοποιούν το χρόνο για τη διατήρηση κατάλληλης επιφυλακής και την υιοθέτηση των υφιστάμενων ορθών πρακτικών, π.χ. τη χρήση περισσότερων από μία μεθόδους για την εξακρίβωση της θέσης του πλοίου- και

- ενσωμάτωση των ήδη υπάρχοντων συστημάτων, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της αποτελεσματικής και συνεκτικής χρήση νέου εξοπλισμού που ανταποκρίνεται σε όλες τις απαιτήσεις των χρηστών,
- βελτίωση της διαχείρισης του ανθρώπινου δυναμικού με την ενίσχυση της εμπειρίας και του κύρους των της ομάδας γέφυρας.

## ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης, καθώς και οι προκλήσεις που παρουσιάζονται για τον ναυτιλιακό κλάδο.

#### 4.1 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΓΟΡΑ

Η *τέταρτη βιομηχανική επανάσταση* βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη και σε συγγενείς τεχνολογίες και επιστημονικά πεδία (π.χ. μαζικά δεδομένα, IoT κ.α.) που προκαλούν μεγάλες προκλήσεις και ευκαιρίες. Ήδη, η ρομποτική στην ευφυή διάσταση της, όπως τα bots και άλλες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης, έχουν πλέον εισαχθεί στην οικονομία και αγορά ευρύτερα. Σύμφωνα με έκθεση της McKinsey, άνω των 50 εκατομμυρίων θέσεων πλήρους απασχόλησης και πάνω από 1,7 τρισ. δολ. σε αμοιβές συνδέονται με λειτουργίες, που υπάρχει η δυνατότητα αυτοματοποίησης στις κυριότερες από άποψη μεγέθους οικονομίες της Ευρώπης (δηλ. Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία, Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο). Σύμφωνα με μελέτη του Μαστρογεωργίου για την χρονική περίοδο 2010-14, υπάρχει η εκτίμηση ότι η μέση αύξηση των πωλήσεων σε ρομποτικά συστήματα προσέγγισε το 17% το χρόνο, το δε έτος 2014, οι πωλήσεις είχαν σημαντική άνοδο κατά 29%, τη μεγαλύτερη καταγεγραμμένη ετήσια άνοδο μέχρι τότε, με τους προμηθευτές εξαρτημάτων για οχήματα και τη βιομηχανία ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών ειδών να είναι οι κύριες εστίες πωλήσεων<sup>4</sup>.

Παράλληλα, η διαρκώς δημογραφική ελάττωση του ενεργού εργατικού πληθυσμού επιδρά την οικονομική ανάπτυξη. Η βιομηχανική αυτοματοποίηση μπορεί ως ένα βαθμό να εξισορροπήσει κάποιες δημογραφικές τάσεις (πιέσεις). Ωστόσο, η παγκόσμια οικονομία βρίσκεται σε στάδιο ουσιαστικού ψηφιακού μετασχηματισμού, καθώς τα κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS) πλέον ενοποιούν την φυσική, την ψηφιακή και την βιολογική διάσταση. Σε ιστορικό πλαίσιο, δεν έχει εμφανισθεί άλλη τέτοια περίοδος, όπου να περιλαμβάνει τόσες πολλές τεχνικές και οικονομικές

---

<sup>4</sup>Λακασάς, Α. (2018). Επιπτώσεις της Τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. <https://www.kathimerini.gr/society/946828/epiptoseis-tis-tetartis-viomichanikis-epanastasis/>.



δυνατότητες αλλά και κινδύνους (κοινωνικές ανισότητες, ανεργία κλπ.). Όμως, στο παρελθόν έχει συμβεί να διαψευστούν οι εξαγγελίες περί μιας νέας τεχνολογικής επανάστασης (Schwab, 2015). Για παράδειγμα, τη δεκαετία του '90 η "Νέα Οικονομία" που στηρίζονταν στη πληροφορική τεχνολογία (IT), στην βιοτεχνολογία και στις επικοινωνίες, θεωρήθηκε ότι θα (Μαυρουδέας, 2019):

- υπάρξει μεγάλη άνοδος της παραγωγικότητας.
- εξάλειψη των οικονομικών κύκλων.
- δημιουργία μίας διατηρήσιμης σταθερής μεγέθυνση.

Επιπλέον, η νέα οικονομία συνοδεύθηκε από τεράστια άνοδο των χρηματιστηρίων (π.χ. δείκτης NASDAQ), που όπως, οι προβλέψεις για περαιτέρω άνοδο διαψεύστηκαν οικτρά με πολλές χρεωκοπίες εταιρειών και οικονομιών εκείνη την περίοδο(π.χ. κατάρρευση χρηματιστηρίων και δεικτών ιδιαίτερα για τις εταιρείες νέων τεχνολογιών – φούσκα .COM, ασιατική κρίση κοκ.) (Διάγραμμα 36) (Μαυρουδέας, 2019):

- Έτος 2001: κατάρρευση της φούσκας του dot.com.
- Εκδήλωση κυκλικών διακυμάνσεων στην αγορά και οικονομία.
- Εμφάνιση της μεγάλης δημοσιονομική και χρηματοπιστωτικής κρίσης του 2007-8 (πρώτα στις ΗΠΑ με την φούσκα των ακινήτων και τα τραπεζικά δάνεια και ακολούθως την κρίση δημόσιου χρέους στην Ν. Ευρώπη – Ελλάδα, Πορτογαλία, Ιταλία κλπ.).



Διάγραμμα 36. Ο Δείκτης NASDAQ για την χρονική περίοδο: 1983-2018 (πηγή: Μαυρουδέας 2019)

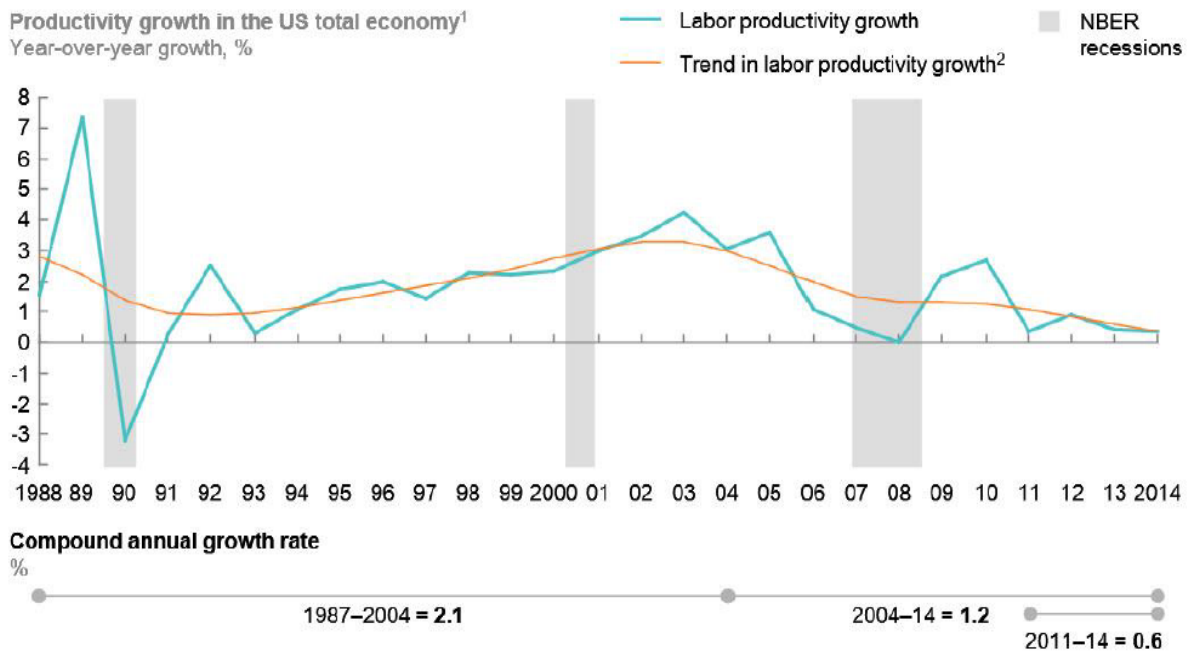
Η νέα οικονομία τελικά δεν βοήθησε στην άνοδο της παραγωγικότητας στην οικονομία των ΗΠΑ που είναι η κορυφαία στον κόσμο. Καταρχήν, εκτιμήθηκε ότι θα

ίσχυε το παράδοξο της *παραγωγικότητας* του Solow (1987), που το περιγράφει ως "...μπορείς να δεις τους υπολογιστές παντού εκτός από τις στατιστικές *παραγωγικότητας*...". Όμως, από τα μέσα της δεκαετίας του '70 και ως τα μέσα της δεκαετίας του '90, η άνοδος της παραγωγικότητας, ήταν ελάχιστη. Εφόσον, πραγματοποιηθούν κάποιες συγκεκριμένες και αναγκαίες προσαρμογές (αξιοποίηση υπολογιστών, οικονομικός κύκλος, αλλαγή διαδικασιών μέτρησης), η αύξηση της εργασιακής παραγωγικότητας, σε διάκριση από την *συνολική παραγωγικότητα συντελεστών* (*total factor productivity*) που υπολόγισε ο Solow,(1987) παρουσιάζεται στον κλάδο μαζικής παραγωγής ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Παρ όλες τις προσπάθειες των υποστηρικτών της *Νέας Οικονομίας* (Brynjolfsson and McAfee, 2011) εμφανίζοντας προβλήματα μέτρησης, υστερήσεις στην υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών κ.α., αλλά τα εμπειρικά δεδομένα δεν το επιβεβαίωσαν. Ειδικότερα, για δεκαετίες η παραγωγικότητα στις ΗΠΑ αυξανόταν κατά περίπου 2.1% ετησίως, αλλά την περίοδο 2004-14 υπήρξε υποχώρηση κατά 1.2%. Ιδιαίτερα από το έτος 2011 υπήρξε υποχώρηση κατά 0.6% (Διάγραμμα 37) (Acemoglu et al., 2014). Επιπλέον, έχει διαφανεί ότι σε όρους εργασιακής παραγωγικότητας (οι προηγούμενες ιστορικοί περίοδοι τεχνολογικών & βιομηχανικών επαναστάσεων είχαν πιο σημαντικές συνέπειες στην άνοδο της εργασιακής παραγωγικότητας (π.χ. *μονάδες μαζικής παραγωγής - εργοστάσιο κατασκευής Ford model T*).

Βιβλιογραφικά, από σχετικές μελέτες έχει διαφανεί ότι πολλές προσδοκίες για την θετική επίδραση της τελευταίας τεχνολογικής – βιομηχανικής επανάστασης έχουν διαψευστεί (Μαυρουδέας 2019):

- Η εξάπλωση της ρομποτικής εκτός βιομηχανίας είναι περιορισμένη.
- Η χρήση των υπολογιστών έχει επικεντρωθεί στο γραφείο (αυτοματισμός γραφείου) και στην εφοδιαστική λειτουργία (*supply chain*).
- Η μεγάλη τάση για επενδύσεις σε συστήματα *enterprise resource planning* (*ERP*) κατά την μεταπολεμική περίοδο (Davenport, 1998), δεν έχει αποφέρει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα (Deutsch 1998).



1 Productivity is defined as value added per hour worked. Based on BLS total economy measure of real value-added output. Data is only available through 2014.  
 2 Trend line constructed using a Hodrick Prescott filter.

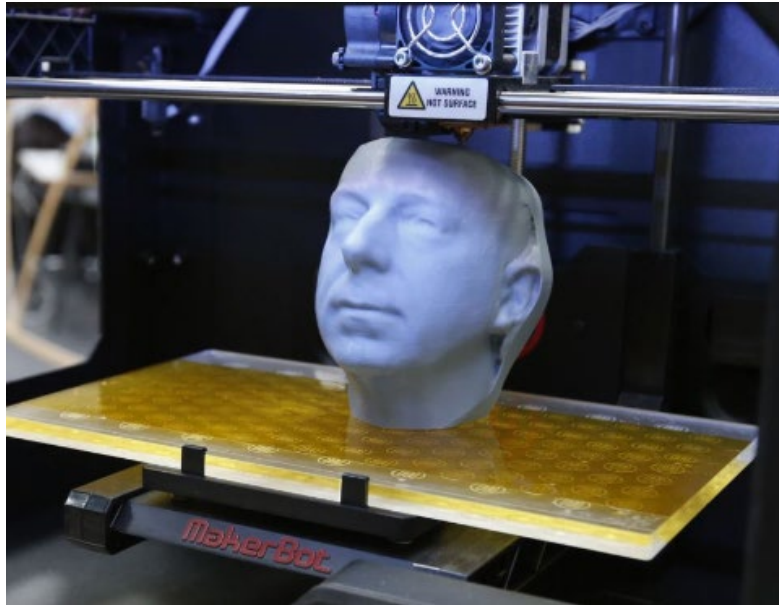
Διάγραμμα 37. Η παραγωγικότητα εργασίας στις ΗΠΑ (πηγή: Μαυρουδέας 2019)

Από την Μαρξιστική σκοπιά, η ερμηνεία της τεχνολογικής αλλαγής στην αγορά και οικονομία σε σχέση με τον επιδραστικό ρόλο των νέων τεχνολογιών, μετά από μία περίοδο ανάκαμψης λόγω διεθνούς ύφεσης, έδειξε ότι η κερδοφορία ελαττώνεται καθώς έχει υπάρξει συσσώρευση μεγάλων κεφαλαίων που δεν μπορεί να επενδυθούν σε κερδοφόρες επενδύσεις. Αυτό ισχύει μόνο όταν οι επενδύσεις και η βιομηχανική παραγωγή επηρεάζονται από την κεφαλαιακή απόδοση. Συνεπώς από μαρξιστική σκοπιά, η οικονομία της αγοράς που θα βασίζεται όλο και περισσότερο στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και στη ρομποτική, θα παρουσιάζονται πιο έντονες οικονομικές κρίσεις με μεγαλύτερη ανισότητα εισοδημάτων, παρά υπέρμετρη αφθονία και ευημερία (Μαυρουδέας, 2019).

Όμως, ο Rifkin (2014) από την πλευρά του, σημειώνει για το *διαδίκτυο των πραγμάτων* (*ΔτΠ, IoT*), ότι θα προκαλέσει τεράστιες αλλαγές στη διασύνδεση «όλων με όλα», καθώς θα συνδέσει κάθε συσκευή, δημιουργώντας παράλληλα, ένα καθολικό οικονομικό δίκτυο. Άνθρωποι, μηχανές, φυσικοί πόροι, γραμμές βιομηχανικής παραγωγής, δίκτυα διανομής & μεταφοράς, καταναλωτικές συνήθειες, ροές ανακύκλωσης και κάθε οικονομικός τομέας, θα διασυνδεθεί μέσω «έξυπνων» αισθητήρων και αντίστοιχου λογισμικού στην πλατφόρμα του διαδικτύου των πραγμάτων, τροφοδοτώντας σε συνεχή βάση με δεδομένα τις βάσεις δεδομένων που

αποθηκεύουν τεράστιο όγκο δεδομένων (big data), σε πραγματικό χρόνο (real time). Τα δεδομένα θα υποβληθούν σε επεξεργασία με νέες πιο δυναμικές αναλυτικές μεθόδους και αλγόριθμους και θα χρησιμοποιούνται κατάλληλα σε οικονομικές μονάδες παραγωγής, σκοπεύοντας στην άνοδο της παραγωγικότητας και την ελάττωση του οριακού κόστους της παραγωγής και διανομής σε μεγάλη γκάμα αγαθών (προϊόντα, υπηρεσίες), σε σχεδόν μηδενικά επίπεδα σε όλο το εύρος της οικονομίας. Επίσης μια ρηξικέλευθή τεχνολογία, η *τρισδιάστατη εκτύπωση (3D Printing)* που διαφοροποιείται από την παραδοσιακή τεχνολογία, παρέχει ένα μετασχηματισμό από συγκεντρωτικούς θεσμούς από την κορυφή προς τη βάση σε ένα περιβάλλον κατανεμητής και συνεργασιακής ισχύος, συνδυαστικά με νέες τεχνολογίες & μεθοδολογίες (π.χ. IoT, τεχνητή νοημοσύνη, συμμετοχική χρηματοδότηση κ.α.) (Εικόνα 21). Ειδικότερα, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει κάποια σπουδαία χαρακτηριστικά (Rifkin, 2014):

- Αποκλειστική λειτουργία σε λογισμικό που είναι ανοικτής μορφής.
- Διαφοροποιημένη μορφή βιομηχανικής οργάνωσης.
- Δυνατότητα εκτύπωσης των ίδιων των ανταλλακτικών τους από τους 3D εκτυπωτές, χωρίς ιδιαίτερη επιβάρυνση.
- Δυνατότητα εξειδίκευσης στην παραγωγή ενός προϊόντος ή ανταλλακτικών κατόπιν παραγγελίας, με μειωμένο κόστος.
- Βασικές ιδιότητες της 3D εκτύπωσης είναι η αντοχή, η ανακλωσιμότητα και η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών.
- Αξιοποιούνται υποδομές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για μεγαλύτερη ευελιξία και παραγωγικότητα.
- Δια ύνδεση με την υποδομή του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) σε τοπικό επίπεδο παρέχει στον μικρό / τοπικό παραγωγό μέσω υπολογιστών και διαδικτύου, ένα χρήσιμο πλεονέκτημα έναντι των καθετοποιημένων και συγκεντρωτικών επιχειρήσεων του παραδοσιακού οικονομικού - παραγωγικού μοντέλου.



Εικόνα 21. Τρισδιάστατος (3D) Εκτυπωτής (πηγή: TheTech.gr)

#### 4.2 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Η τέταρτη βιομηχανία εκτιμάται ότι θα έχει πολύ σοβαρές επιπτώσεις στην κοινωνία και στον ανθρώπινο παράγοντα ιδιαίτερα. Συγκεκριμένα, στο εργασιακό περιβάλλον ο φόβος της ευρείας αυτοματοποίησης και η εισδοχή της τεχνητής νοημοσύνης στις λειτουργίες των επιχειρήσεων και οργανισμών (Tegmark, 2018; Παπακωνσταντίνου, 2020; Ρουμελιώτης, 2020; Rifkin, 2014).

Για παράδειγμα, μία (1) στις δύο (2) θέσεις εργασίας θεωρείται ότι υπάρχει κίνδυνος να αντικατασταθεί από την τεχνολογία, σύμφωνα με τον Δείκτη Ανταγωνιστικότητας Ταλέντου του Ομίλου Adecco σε συνεργασία με το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Διοίκησης Επιχειρήσεων INSEAD. Η εκτίμηση ότι θα υπάρξει άνοδος του πλήθους των δεξιοτήτων που θα είναι απαραίτητες για το νέο εργασιακό περιβάλλον που προκαλείται από τις νέες τεχνολογίες που διαχέονται στην οικονομία και αγορά λόγω της εμφάνισης της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης (Διάγραμμα 38)(Adecco, 2018).

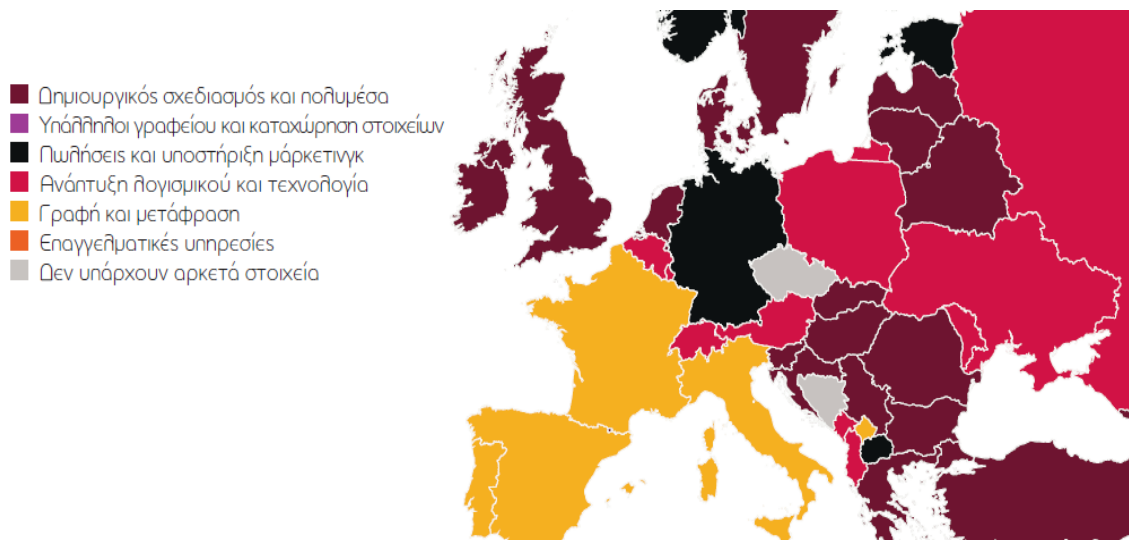
Η πλειοψηφία των βιβλιογραφικών πηγών προσεγγίζει τις κοινωνικές επιπτώσεις της νέας τεχνολογικής επανάστασης υπό το πρίσμα ότι αν θα υπάρξουν κατάλληλες συνθήκες και θα επέλθει κοινωνική ευημερία και άνοδο της παραγωγικότητας. Επίσης, σε επίπεδο χωρών, οι εκτιμήσεις άμεσες και μεσοπρόθεσμες, είναι εντυπωσιακές όσον αφορά τις δυνατότητες που διανοίγονται για όλες τις χώρες. Σύμφωνα με τους Φωτάκη και Σελίμη (2019), οι φιλελεύθεροι θεωρούν ότι η

ευημερία της αγοράς είναι ανάλογη με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την κοινωνική ευημερία. Ωστόσο, αυτή η ιδεολογική προσέγγιση αποδυναμώνεται, καθώς προβλέπεται ότι στην επόμενη 5ετία θα υπάρξει απώλεια πολλών εκατομμυρίων θέσεων εργασίας (εκτίμηση >5 εκ. θέσεις εργασίας) στις δυτικές αναπτυγμένες οικονομίες. Οι πιο αρνητικές συνέπειες αναμένονται σε επαγγελματικούς κλάδους που απαιτούν χαμηλή εξειδίκευση ή στους ανειδίκευτους εργαζόμενους (WEF 2016). Η *Bank of America* σε σχετική έκθεση της, κάνει την εκτίμηση για άνοδο της εισαγωγής του βιομηχανικού αυτοματισμού συνδυαστικά με τη ρομποτική, διεθνώς, από το 10% το 2015 σχεδόν στο 45% το 2025. Στο *World Government Summit* ο ιδιοκτήτης της *Tesla*, *E. Musk* δήλωσε ότι "θα υπάρχουν όλο και λιγότερες δουλειές που τα ρομπότ δεν θα κάνουν καλύτερα [από τους ανθρώπους], καθώς και ότι οι εργαζόμενοι θα πρέπει να αυξήσουν τις δεξιότητές τους μέσω «μιας συγχώνευσης της βιολογικής και της μηχανικής νοημοσύνης». Ουσιαστικά έθεσε την ανάγκη για αύξηση της ανταγωνιστικότητας σε επίπεδο εργαζομένων και οικονομίας, σε σχέση με την ρομποτική, αφού η έλευση της αυτοματοποίησης με την νέα τεχνολογική επανάσταση, θα ελαττώσει σε μακροχρόνια βάση, πολύ περισσότερες θέσεις εργασίας, όχι μόνο χαμηλής αλλά και υψηλής εξειδίκευσης στον τριτογενή οικονομικό τομέα (Srnicek and Williams, 2015).

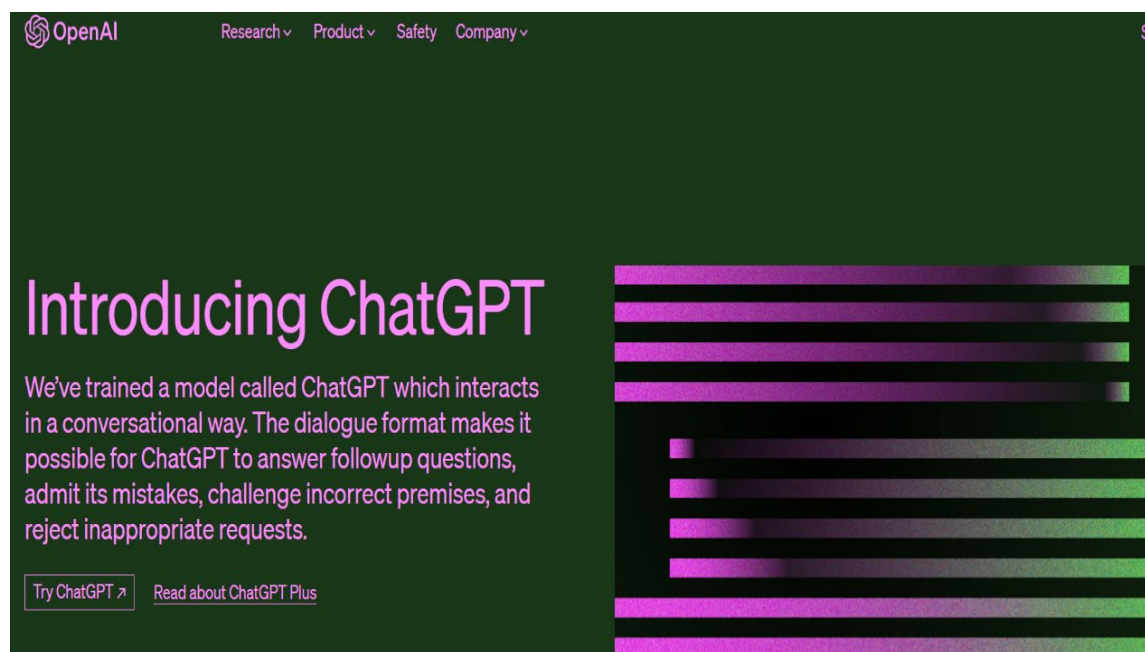
Οι ανισότητες και ο κοινωνικός αποκλεισμός θεωρείται από τους επιχειρηματίες της ψηφιακής βιομηχανίας όπως ο *B. Gates*, προτείνουν τη φορολόγηση των ρομποτικών συστημάτων σαν αν είναι εργαζόμενοι για τη συγκέντρωση κεφαλαίων προς χρηματοδότηση ενός βασικού εγγυημένου εισοδήματος για όλους τους πολίτες, ενώ υπάρχουν και προτάσεις για ένα *Παγκόσμιο Βασικό Εισόδημα (Universal Basic Income— UBI)* σε όσους εργαζόμενους και οι οικογένειες τους εντάσσονται στην ανεργία. Τέτοιες προτάσεις είναι θετικές καθώς "τα ρομπότ δεν αγοράζουν αγαθά και υπηρεσίες" (Φωτάκης και Σελίμη, 2019).

Ιστορικά, οι προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις προκάλεσαν μεγάλες οικονομικές αλλαγές, ενώ δημιούργησαν νέες ευκαιρίες και είχαν ως συνέπεια την άνοδο του βιοτικού επιπέδου. Στην νέα τεχνολογική επανάσταση υπάρχει μια σημαντική διαφοροποίηση: η εμφάνιση της τεχνητής νοημοσύνης και της ρομποτικής μπορεί να καταστήσει τον άτομο ως εργαζόμενο μη "χρήσιμο", καθώς η αξία της εργασίας προσδιορίζεται από το κόστος της ισοδύναμης ευφυΐας των «έξυπνων» μηχανών (Kaplan, 2015; Davidow, 2014). Ένα τέτοιο σύγχρονο παράδειγμα, είναι η

πλατφόρμα ανοικτής τεχνητής νοημοσύνης GPT<sup>5</sup>, που φαίνεται στην επόμενη εικόνα και παράγει έργο υψηλού επιπέδου, και προκαλεί φόβο για πολλούς επαγγελματίες, για πιθανή μελλοντική αντικατάσταση.



Διάγραμμα 38. Διαδικτυακός Δείκτης Εργασίας κορυφαίων επαγγελμάτων ανά χώρα (ΕΕ) Ιούλιος 2017 (πηγή: Adecco, 2018)



Εικόνα 22. Βασική Διεπαφή (interface) GPT

Για αυτό πολλοί στοχαστές έχουν εκδηλώσει πολλούς προβληματισμούς για την εισαγωγή της τεχνητής νοημοσύνης στην οικονομία και κοινωνία. Ο *Hawking* αναφέρει σχετικά: "*Η ανάπτυξη πλήρους τεχνητής νοημοσύνης θα μπορούσε να σημάνει το τέλος της ανθρώπινης φυλής*". Από την άλλη πλευρά, ο *Kissinger* σε άρθρο

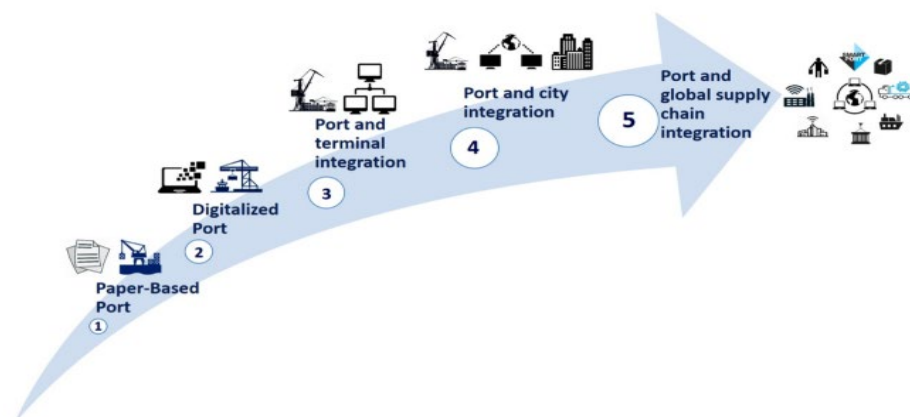
<sup>5</sup><https://openai.com/blog/chatgpt>



του, σημειώνει ότι η ανθρώπινη κοινωνία βρίσκεται μπροστά σε μια ριζοσπαστική τεχνολογική επανάσταση, όπου "τις συνέπειες της οποίας έχουμε έως τώρα αποτύχει να αντιμετωπίσουμε και η κορύφωση της οποίας μπορεί να είναι ένας κόσμος εξαρτώμενος από μηχανές, που θα βασίζονται στα δεδομένα και στους αλγόριθμους, ο οποίος δεν θα κυβερνάται πλέον από ηθικούς ή φιλοσοφικούς κανόνες [...] Τι θα γίνει η ανθρώπινη συνείδηση αν η ερμηνευτική της δύναμη υπερκερασθεί από την τεχνητή νοημοσύνη, και οι κοινωνίες δεν είναι πλέον σε θέση να ερμηνεύουν τον κόσμο γύρω τους;". Κατά τον Kissinger, η μελέτη των επιπτώσεων της τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα για κάθε κράτος, καθώς αναφέρει σχετικά : "Ένα πράγμα είναι βέβαιο: Αν δεν ξεκινήσουμε αυτή την προσπάθεια σύντομα, δεν θα αργήσουμε να ανακαλύψουμε ότι ξεκινήσαμε υπερβολικά αργά" (Φωτάκης και Σελίμης, 2019).

### 4.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ ΚΑΙ ΛΙΜΕΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η λιμενική και ναυτιλιακή βιομηχανία (*Port & Maritime Industry, PMI*) έχει εισέλθει σε ένα πέμπτο στάδιο εξέλιξης. Οι παλιές εποχές των λιμανιών με βάση το χαρτί και της ψηφιοποίησης, έχουν μείνει αρκετά πίσω και η ολοκλήρωση των λιμένων έχει εξελιχθεί πρώτα από ένα τοπικό πεδίο εφαρμογής (οργάνωση λιμένας και τερματικός σταθμός), σε περιφερειακή κλίμακα (ολοκλήρωση λιμένων και πόλεων) και σήμερα σε παγκόσμια κλίμακα, όπου οι λιμένες και οι τερματικοί σταθμοί είναι πλήρως ενσωματωμένοι στην παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού (GSC)(Διάγραμμα 39) (Berns et al., 2017).



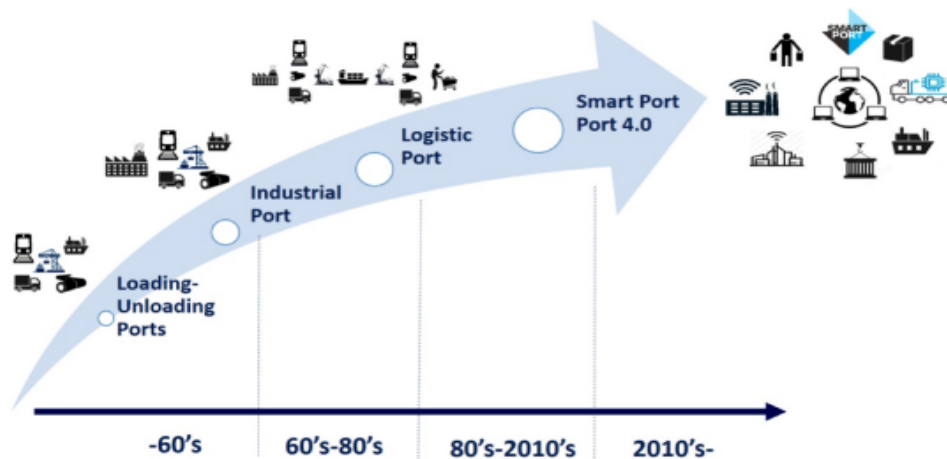
Διάγραμμα 39. Στάδια συνδεσιμότητας και ψηφιοποίησης των λιμένων (Πηγή: Berns et al.2017)

Παράλληλα με τον ψηφιακό μετασχηματισμό σε λιμάνια και πλοία, οι λειτουργίες των λιμένων αλλά και της ναυτιλίας ευρύτερα, έχουν επίσης αλλάξει. Για



παράδειγμα, οι λιμένες και οι τερματικοί σταθμοί (Port&Terminal, P&T) θεωρήθηκαν απλά ως εγκαταστάσεις φόρτωσης-εκφόρτωσης τη δεκαετία του 1960. Αργότερα, από το 1960 έως τη δεκαετία του 1980, ενσωματώθηκαν ως μέρος ορισμένων βιομηχανικών διεργασιών και, από τη δεκαετία του 1980 έως τη δεκαετία του 2010, τα P&T θεωρήθηκαν ως βασικό στοιχείο της παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού (GSC). Από τη δεκαετία του 2010, οι P&T εξελίχθηκαν προς ένα "έξυπνο λιμένα" (Διάγραμμα 40). Ο αντίκτυπος της βιομηχανίας 4.0 (όρος που πρωτοεμφανίστηκε στην τελετή έναρξης της έκθεσης του Ανόβερου το 2011) αρχίζει να βιώνεται στην *λιμενική και ναυτιλιακή βιομηχανία* και επί του παρόντος ο όρος "*Λιμάνι 4.0*" είναι ένα μοντέρνο θέμα στον κλάδο, όπως αντίστοιχα η "*Ναυτιλία 4.0*" (Zarzuelo et al., 2020).

Πιο απλουστευτικά, οι Wang και Liu (2012) ορίζουν μόνο τρία στάδια της εξέλιξης των λιμένων, με βάση την τεχνολογία πληροφοριών (ΤΠ): πληροφοριοποιημένοι λιμένες, ψηφιακοί λιμένες και ευφυείς λιμένες. Οι Rüßmann κ.α. (2015) όρισαν εννέα πυλώνες της τεχνολογικής προόδου που αποτελούν τη βάση της Βιομηχανίας 4.0: i) αυτόνομα ρομπότ και συστήματα, ii) Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), iii) κύβερνο ασφάλεια, iv) Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων (HVSI) μέσω νέων προτύπων, v) υπολογιστικό νέφος (CC), vi) τρισδιάστατη εκτύπωση (3DP) και προσθετική Manufacturing (AM), vii) Μεγάλα δεδομένα (BD) και επιχειρηματική ανάλυση, viii) Επαυξημένη πραγματικότητα (AR), ix) Προσομοίωση και μοντελοποίηση (S&M). Ο Rodič (2017) προσθέτει στον κατάλογο μια δέκατη βασική τεχνολογία: Πράσινη τεχνολογία πληροφοριών ("Green IT").



Διάγραμμα 40. Η εξέλιξη των λειτουργιών των λιμένων (Πηγή: Berns et al.2017)

Τα τελευταία χρόνια, ορισμένοι συγγραφείς άρχισαν να εξετάζουν τη βιομηχανία 4.0 και τις εφαρμογές της σε συγκεκριμένα πεδία και τομείς. Ενδεικτικά οι

Peruzzini και Stjepandić (2018) μελέτησαν την εφαρμογή των analytics στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι Reinhardt κ.α.(2020) επικεντρώθηκαν ειδικά στον φαρμακευτικό τομέα και οι Aceto κ.α.(2020) στον κλάδο της υγείας. Οι περισσότερες από τις παραπάνω έννοιες που εφαρμόζονται στη βιομηχανία 4.0 είναι σχετικά νέες και η εφαρμογή τους στην λιμενική και ναυτιλιακή βιομηχανία βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη ή σε πρώιμα στάδια. Στην πραγματικότητα, η λιμενική και ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ένας τομέας που υστερεί σημαντικά σε σχέση με άλλους κλάδους της οικονομίας, αναφορικά με την αξιοποίηση των τεχνολογιών της τέταρτης τεχνολογικής επανάστασης (Zarzuelo et al., 2020).

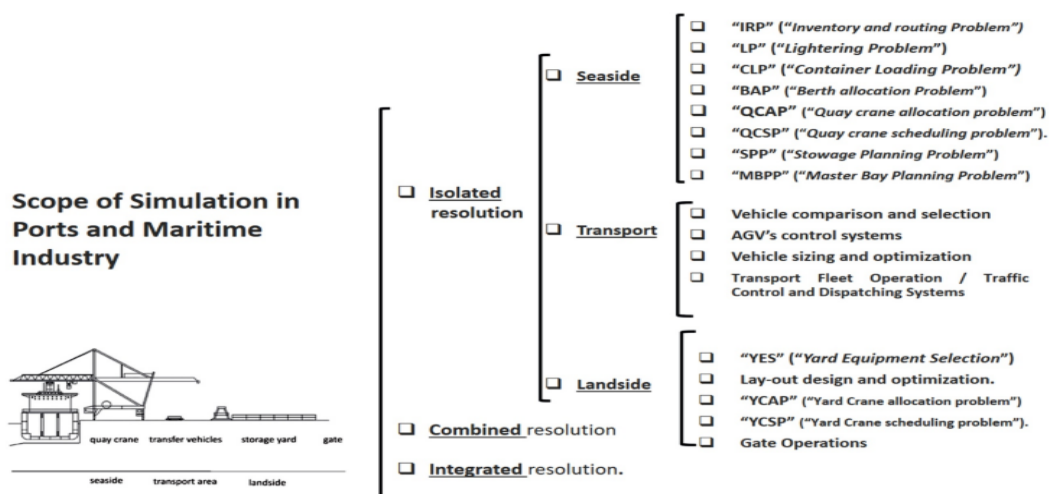
Στον επόμενο πίνακα φαίνεται συνοπτικά, η συνεργατική προσέγγιση αξιοποίησης των τεχνολογιών που απαρτίζουν την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση στο χώρο της λιμενικής & ναυτιλιακής βιομηχανία(Riedl et al., 2018):

Πίνακας 11. Συνεργατική προσέγγιση έξυπνων τεχνολογιών στην ναυτιλιακή και λιμενική βιομηχανία (πηγή: Riedl et al., 2018)

Scope / Areas of Interest	Goals	Port Stakeholders							
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Infrastructure	Monitor health and status of critical port and terminal infrastructure	X	X						
Cargo Handling	Enhance Productivity by optimizing cargo operations	X	X	X	X				
Intermodal Traffic	Co-ordinate vehicle movement to improve traffic flow between port and cargo destinations	X	X	X	X	X	X	X	
Customs and collections	Streamline the sharing of cargo and customs information and documents	X	X	X		X			X
Safety and Security	Control port access and provide detection and early-warning systems	X	X	X	X		X	X	
Energy and the environment	Reduce energy consumption and monitor environmental impact	X	X	X	X		X	X	

Note: (1) Port Authorities and Operators; (2) Terminal Operators; (3) Shipping Lines; (4) Logistic Companies; (5) Cargo Owners; (6) Rail Operators; (7) Barge Operators; (8) Customs.

Τέλος, στο επόμενο διάγραμμα, παρουσιάζεται το πεδίο εφαρμογής της προσομοίωσης: επίλυση μεμονωμένων, συνδυασμένων και ολοκληρωμένων προβλημάτων στην PMI:



Διάγραμμα 41. Πεδίο εφαρμογής της προσομοίωσης: επίλυση μεμονωμένων, συνδυασμένων και ολοκληρωμένων προβλημάτων (πηγή: Zarzuelo et al., 2020)

#### 4.4 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

Η πρόσφατη ανάπτυξη της Βιομηχανίας 4.0 έχει επιφέρει σημαντική αλλαγή στο επίπεδο του ανθρώπινου καταμερισμού εργασίας (Ghobakhloo, 2018). Αυτό απαιτεί μια σαφή κατανόηση του ρόλου των εργαζομένων ως σημαντικό στοιχείο και πόρο κάθε βιομηχανίας (Gilchrist, 2016). Ταυτόχρονα, η έλλειψη εργατικού δυναμικού με τις νέες απαιτούμενες δεξιότητες θεωρείται ένας από τους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες που πυροδοτούν την Βιομηχανία 4.0. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη σημασία της κατάρτισης του ανθρώπινου στοιχείου στην εποχή της αυτοματοποίησης και της ψηφιοποίησης (Shamim et al., 2016). Γενικότερα, η κατάρτιση των εργαζομένων με νέες ψηφιακές και ήπιες δεξιότητες (soft skills) θεωρείται θεμελιώδης παράγοντας για τη μετάβαση της κοινωνίας σε οικονομίες βασισμένες στη γνώση (Beechler and Woodward, 2009). Για το λόγο αυτό, όπως και για κάθε μία από τις τρεις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις, η Βιομηχανία 4.0 έχει αναπτύξει μια νέα μορφή εκπαίδευσης για το εργατικό δυναμικό. Ο Πίνακας 12 απεικονίζει την εξέλιξη της εκπαίδευσης μέσα από κάθε Βιομηχανική Επανάσταση και αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ της οικονομικής ζήτησης, των βιομηχανικών επαναστάσεων και των αλλαγών στην εκπαίδευση.

Πίνακας 12. Εξέλιξη στην Εκπαίδευση σε σχέση με τις Βιομηχανικές Επαναστάσεις (πηγή: Shahbakhsh et al., 2021)

Education	Industrial Revolution	Feature
Education 1.0	Industry 1.0	Direct response to agricultural society, dictated education method, no technology presence
Education 2.0	Industry 2.0	Direct response to Industrial society, licensed teachers, the presence of technology in classroom
Education 3.0	Industry 3.0	Direct response to technology and globalisation, self-learning support, using social media in teaching process, knowledge generation by students
Education 4.0	Industry 4.0	Direct response to digitalisation, lifelong learning, E-learning, B-learning, teachers as a facilitator, non-conventional assessment, project-based learning

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ναυτιλία είναι μια διεθνής βιομηχανία που δραστηριοποιείται διεθνώς, οποιαδήποτε εκπαίδευση και ικανότητες για τους ναυτικούς πρέπει να τυποποιούνται και να ρυθμίζονται επίσης διεθνώς. Αυτό γίνεται μέσω της STCW (Πρότυπα εκπαίδευσης, πιστοποίησης και Watch keeping), η οποία αναπτύχθηκε από τον IMO (Sharma et al., 2019). Η STCW χρησιμοποίησε τον όρο ναυτικός για τα άτομα που εργάζονται σε πλοία και ασχολούνται με δραστηριότητες που σχετίζονται με το πλοίο. Ομοίως, η σύμβαση STCW δεν διαθέτει άρθρα που να σχετίζονται με αυτόνομα και μη επανδρωμένα πλοία στις αρχικές και τροποποιητικές εκδόσεις της (Danish, 2017). Επιπλέον, "οι ικανότητες είναι δεξιότητες και ικανότητες-πράγματα που μπορείς να κάνεις, που αποκτήθηκαν μέσω της εργασιακής εμπειρίας,

της εμπειρίας ζωής, των σπουδών ή εκπαίδευση" (Prifti et al., 2017, σ. 3). Ο επόμενος πίνακας δείχνει πώς η έννοια της ναυτιλίας εξελίσσεται με κάθε βιομηχανική / τεχνολογική επανάσταση:

Πίνακας 13. Εξέλιξη των ναυτικών μέσα στο χρόνο (πηγή: Shahbakhsh et al., 2021)

Name	Features
Seafarer 1.0	Ship operation through stars, moon, and sun
Seafarer 2.0	Ship operation through advanced celestial navigation
Seafarer 3.0	Ship operation through an automatic and electronic navigation system
Seafarer 4.0 (E-farer / Operator 4.0)	Unmanned and autonomous ship management through digital technologies (digital competencies)

Αν και η αυτόνομη λειτουργία του πλοίου εξάλειψε την ανάγκη για παρουσία πληρώματος επί του σκάφους, η σημασία του ανθρώπινου στοιχείου δεν έχει εξαφανιστεί. Αντίθετα, ο σχεδιασμός, η κατασκευή, και η δοκιμή του τεχνικού συστήματος των αυτόνομων πλοίων και η πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος σε διάφορες επιχειρησιακές καταστάσεις αναλαμβάνονται από ανθρώπους. Στην ουσία, ο ρόλος του ανθρώπου στα αυτόνομα συστήματα μετατοπίζεται σε επίπεδο μελέτης, σχεδίασης και εποπτείας (Ahvenjärvi, 2016). Επιπλέον, η έρευνα έχει δείξει ότι οι ανθρώπινες δεξιότητες παρακολούθησης είναι ζωτικής σημασίας για τις αυτοματοποιημένες λειτουργίες (Karvonen and Martio, 2018). Παρά τη διαφημιστική εκστρατεία ότι η πρόοδος των αυτόνομων συστημάτων στη ναυτιλία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του πληρώματος, ωστόσο, η έρευνα δείχνει ότι οι αλλαγές στους ρόλους και αρμοδιότητες των ναυτικών στο νέο σύστημα θα οδηγήσουν σε μια νέα γενιά ναυτικών. Οι ναυτικοί 4.0, ως μια νέα ομάδα ναυτικών, είναι πιθανό να εργάζεται στην ξηρά και, αν χρειαστεί, στα πλοία (Karvonen and Martio, 2018).

Ενώ όμως υπάρχει ένα σημαντικό δυνητικό όφελος, το αυτόνομο σύστημα φέρνει προκλήσεις στον θαλάσσιο τομέα, ιδίως για τους ναυτικούς. Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την αλλαγή του ρόλου τους με νέες απαιτήσεις για την εκπαίδευση για τη νέα τους θέση (Kyriakidis et al., 2019; Broek et al., 2020; Karvonen and Martio, 2018). Ακολούθως, το επαγγελματικό προφίλ των ναυτικών στο παραδοσιακό εργασιακό περιβάλλον θα μετασχηματιστεί και απαιτεί από τους ναυτικούς να είναι καταρτισμένοι με ένα νέο σύνολο δεξιοτήτων και ικανοτήτων (Prifti et al., 2017).

Ένα αυτόνομο πλοίο πρέπει να θεωρηθεί ως μια νέα έννοια στην υλοποίησή του και έχει τη δυνατότητα να αλλάξει όλες τις παραδοσιακές διαδικασίες και τεχνικές σχεδιασμού, δοκιμής και λειτουργίας των πλοίων (Oksavik et al., 2020). Με άλλα λόγια, η ταχεία και σημαντική τεχνολογική πρόοδος στον αυτόνομο κόσμο αλλάζει

συνεχώς και καθορίζει τον ανθρώπινο ρόλο στα συστήματα μεκαθήκοντα εργασίας που απαιτούν ένα νέο σύνολο γνώσεων, δεξιοτήτων και ικανοτήτων (Mallam et al., 2020). Επιπλέον, η υπεράκτια και οι χερσαία απασχόληση θα επηρεαστεί, καθώς οι εργαζόμενοι χαμηλής ειδίκευσης επί του σκάφους και σε υπεράκτιες περιοχές ενδέχεται να αντικατασταθούν από αυτόνομα συστήματα και επαγγελματίες χειριστές στο κέντρο ελέγχου ξηράς (SCC) (Streng and Kuipers, 2020).

Οι έρευνες δείχνουν ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία θα χρειαστεί πλήρωμα που να μπορούν να χρησιμοποιούν τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) και να έχουν καλή ομαδική εργασία και δεξιότητες ηγεσίας (Belev and Daskalov, 2019). Επιπλέον, υπάρχει ο ισχυρισμός ότι οι μελλοντικοί ναυτικοί μπορεί να μην πάνε ποτέ στη θάλασσα, αλλά αντί αυτού να λαμβάνουν εκπαίδευση των λειτουργιών του πλοίου εξ αποστάσεως μέσω ασκήσεων προσομοίωσης ή από κέντρα ξηράς (Wahlströma et al., 2015). Ωστόσο, οι ερευνητές έχουν τονίσει ότι ο ρόλος των ναυτικών στα χώρους γέφυρας και μηχανής θα μετατοπιστεί στον χειριστή του κέντρου ελέγχου στην ξηρά, όπου απαιτείται η διαδικασία λήψης αποφάσεων μέσω δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από τους απομακρυσμένους χειριστές (Lee et al., 2019). Κατά συνέπεια, για να έχουμε μια εικόνα προς το τοπίο της απασχόλησης στη Ναυτιλία 4.0 ως υποσύνολο της Βιομηχανία 4.0, ο Πίνακας 14 δείχνει τη σημαντική μετατόπιση των εκπαιδευτικών απαιτήσεων που απαιτούνται για τους μελλοντικούς εργαζόμενους και ναυτικούς ώστε να γίνουν ψηφιακοί χρήστες στον τομέα δραστηριότητάς τους (Shahroom and Hussin, 2018). Ο πίνακας υπογραμμίζει τον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικές απαιτήσεις του Industry 4.0 μπορούν να μεταφραστούν στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Πίνακας 14. Πιθανή κατάρτιση για τη βιομηχανία 4.0 και τα αυτόνομα πλοία (πηγή: Shahbakhsh et al., 2021)

New requirements in education concept	Industry 4.0	Autonomous ship operation
Educational and teaching content	Data and computing technologies, data modelling and big data, data analytics, cloud computing, machine learning, innovation, and entrepreneurship, learning to learn	Cognitive skills, communication skills, operational and technical skills, STEM knowledge, leadership skills, mathematics knowledge and programming
Learning technologies	Virtual labs and Augmented Reality (AR), gamification, learning analytics, e-learning	Simulator, 3D simulation and gamification, B-learning, VR, AR
Working in interdisciplinary teams	Requirements for interdisciplinary thinking and doing interdisciplinary task in interdisciplinary teams	Personalised training, digital competences

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός και η αυτοματοποίηση στη ναυτιλιακή βιομηχανία επιφέρουν ανατρεπτικές αλλαγές στα πλοία στο σχεδιασμό των λειτουργιών και της επάνδρωσης που αποσκοπούν στην ενίσχυση της ασφάλειας, της αποδοτικότητας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας της ναυτιλιακής εφοδιαστικής. Ενώ υπάρχει αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον σε αυτούς τους τομείς, η εξέταση του ρόλου του ανθρώπινου παράγοντα στο νέο πλαίσιο της έξυπνης ναυτιλίας έχει παραμεληθεί σε μεγάλο βαθμό. Από την άλλη, η εξέλιξη των συστημάτων πλοήγησης αλλάζει ριζικά το έργο στη γέφυρα και ευρύτερα στην ναυτιλία. Επίσης, οι συνέπειες της αυτόνομης ναυτιλιακής τεχνολογίας που προκύπτει από την εφαρμογή της Βιομηχανίας 4.0 και των μελλοντικών βιομηχανικών επαναστάσεων στους ναυτικούς είναι μεγάλες. Οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν τον μεταβαλλόμενο ρόλο των ναυτικών επί του πλοίου και τις στρατηγικές που απαιτούνται για την εμπλοκή των ναυτικών στις μετάβαση από την παραδοσιακή ναυτιλία στην αυτόνομη και έξυπνη ναυτιλία. Η βιομηχανία 4.0 αμφισβητείται για την ανεπάρκεια αναγνώρισης της σημασίας του ανθρώπινου ρόλου και της ευφυΐας του στην αναμενόμενη τρέχουσα βιομηχανική επανάσταση.

Μέσα σε αυτό περιβάλλον εκρηκτικής τεχνολογικής εξέλιξης, η Ναυτιλία δεν μένει ανεπηρέαστη (Shipping 4.0). Επηρεάζει στην ψηφιοποίηση των διαδικασιών, της παρακολούθησης της εφοδιαστικής αλυσίδας, στην πλήρη ψηφιοποίηση ενός πλοίου με τελικό στόχο το Αυτόνομο Πλοίο. Νέες τεχνολογίες ενσωματώνονται στο πλοίο αλλά και στις επιχειρησιακές διεργασίες: IoT, Robotics, UAV, υπολογιστικό νέφος, e-navigation κ.α.

Ιστορικά, η "τεχνολογική αλλαγή" που προήλθε μέσα από τις βιομηχανικές επαναστάσεις επιφέρει βελτιώσεις και μετασχηματισμούς στις παραγωγικές διαδικασίες και στην παραγωγικότητα, ενώ οδηγεί σε νέα προϊόντα και υπηρεσίες, προκαλώντας ταυτόχρονα νέες θέσεις εργασίας και καινούργια επιχειρηματικά μοντέλα, ενώ μπορεί να αναβαθμίσει οικονομίες, περιφέρειες, κλάδους ή να δημιουργήσει καινούργιους τεχνολογικούς κλάδους. Ειδικότερα, η "τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση" χαρακτηρίζεται από ένα συνδυασμό τεχνολογιών και επιστημονικών μεθόδων με πολλές επιπτώσεις, σε διάφορα επίπεδα. Επομένως, οι μεταβολές αυτές δημιουργούν νέες προκλήσεις τόσο για τις οικονομίες όσο και για τις επιχειρήσεις, τους εργαζόμενους και την κοινωνία. Σε αυτό το πλαίσιο, η

τεχνολογική εξέλιξη που προκαλείται, δεν οδηγεί αυτόματα σε βελτίωση των συνθηκών ευημερίας των κοινωνιών. Η "οικονομία της γνώσης" δεν εξαπλώνεται συμμετρικά και ισορροπημένα σε επίπεδο οικονομιών, επιχειρήσεων και κοινωνιών, και έτσι, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, υπάρχουν ενδείξεις για συμβολή στην ανισότητα, την οικονομική στασιμότητα και την κοινωνική αποδιάρθρωση.

Οι ψηφιακές εφαρμογές της Βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0) στον τομέα της ναυτιλίας, οδηγούν τον κόσμο της ψηφιακής βιομηχανίας και αυτό της ναυτιλίας σε συνεργασία και ελαχιστοποίηση του κόστους. Κατά συνέπεια, στο πλαίσιο του Ναυτιλία 4.0 (Shipping 4.0), υιοθετείται ο ψηφιακός μετασχηματισμός των εμπορικών πλοίων. Τα ζητήματα όπως οι ανθρώπινοι παράγοντες, τα θαλάσσια ατυχήματα, οι αρνητικές συνέπειες μεγάλων ταξιδιών και η ιδέα της μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος από τα πλοία, βασίζονται ως εργαλείο υποστήριξης την ιδέα του ψηφιακού μετασχηματισμού και στην υιοθέτηση των αυτόνομων πλοίων. Ωστόσο, λόγω της φύσης του θαλάσσιου εμπορίου, οποιαδήποτε αλλαγή στην ναυτιλία ξεκινά τη διαδικασία προσαρμογής και στα λιμάνια. Η Ναυτιλία 4.0 οδηγεί στο Λιμάνι 4.0 (port 4.0) με στόχευση το ημιαυτόματο και πλήρως αυτοματοποιημένο λιμάνι όπου θα αξιοποιείται μη επανδρωμένος εξοπλισμός διαχείρισης, ενώ θεωρείται ότι θα πρέπει να εξαπλωθεί για να υπάρξει αύξηση της ταχύτητας λειτουργίας στα λιμάνια.

Συνοψίζοντας, η νέα τεχνολογική επανάσταση και το πλαίσιο της Ναυτιλίας 4.0 , οδηγούν στο μετασχηματισμό βασισμένο στις νέες τεχνολογίες, όπου αλλάζει ριζικά την ναυτιλιακή και λιμενική βιομηχανία. Τα πλεονεκτήματα που παρέχει πλειοψηφούν στα όποια μειονεκτήματα ή κινδύνους. Ωστόσο, για τις πιθανές επιπτώσεις (κοινωνικές, οικονομικές, ατομικές) θα είναι θετικές, εφόσον οι εμπλεκόμενοι στον ναυτιλιακό κλάδο (επιχειρήσεις, εργαζόμενοι, οργανισμοί/φορείς, ακαδημαϊκή κοινότητα, κατασκευαστική κοινότητα/ναυπηγεία, επιχειρήσεις/όμιλοι ψηφιακής βιομηχανίας).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Adecco, 2018. 4η Βιομηχανική Επανάσταση στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη, www.adecco.gr.

Ashton, T. 2007. Η Βιομηχανική Επανάσταση. Εκδόσεις Τόπος, Αθήνα.

Βλαχάβας, Ι. Κεφαλάς, Π. Βασιλειάδης, Ν. Κόκκορας, Φ. και Σακελλαρίου, Η. (2020).

Τεχνητή Νοημοσύνη (Δ' Έκδοση). Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Θεσ/νίκη.

Cardwell, D. 2004. Ιστορία της Τεχνολογίας. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Δασκαλάκης, Κ. (2017) *Τεχνητή Νοημοσύνη 2.0*, Βίντεο από Διάλεξη στη Στέγη Γραμμάτων και Τεχνών, Υβρίδια: Στα όρια Τέχνης και Τεχνολογίας, 12 Ιανουαρίου 2017.

Διαμαντάρας, Κ. & Μπότσης, Δ. 2019. Μηχανική Μάθηση. Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.

Hobsbawm, Eric (1990). *Η εποχή των επαναστάσεων, 1789-1848*. Αθήνα: ΜΙΕΤ.

Μαυρουδέας, Σ. (2019). 4η Βιομηχανική Επανάσταση: Μύθος ή Πραγματικότητα; Επιστημονική Ημερίδα "Η Οικονομία στον ορίζοντα της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης" ΕΟΔΕΕ, τμ. Μακεδονίας-Θράκης, Θεσσαλονίκη, 15/2/19.

Μυλωνόπουλος, Ν.Δ. 2004. Ναυτιλία. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

North, D. (2000). *Δομή και μεταβολές στην οικονομική ιστορία*. Αθήνα: Κριτική.

Νούτσος, Π. (2020). Προς την «Τετάρτη Βιομηχανική Επανάσταση». Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

Παπακωνσταντίνου, Π. 2020. Άνθρωποι και Ρομπότ. Εκδόσεις Λιβάνη, Αθήνα.

Παυλόπουλος, Π. (2019). Από την Βιομηχανική Επανάσταση στην Τεχνολογική, στον αστερισμό ενός αβέβαιου μέλλοντος. Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.

Rifkin, J. 2014. Η κοινωνία του μηδενικού οριακού κόστους. Εκδόσεις Ενάλιος, Αθήνα.

Ρουμελιώτη, Π. 2020. Ρήξη, ο πόλεμος της τεχνητής νοημοσύνης. Εκδόσεις Λιβάνη, Αθήνα.



Tegmark, M. 2018. Life 3.0. Εκδόσεις Τραυλός, Αθήνα.

Τραχανάς, Σ. (2014) *Το Φάντασμα της Όπερας. Η Επιστήμη στον Πολιτισμό μας*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

VanLoon, H.W. (1960). Ιστορία της Ναυτιλίας (μτφρ.). Εκδόσεις Χρυσουγή, Αθήνα.

Φωτάκης, Κ. και Σελίμης, Α. (2019). Η Ελλάδα μπροστά στην 4η Βιομηχανική Επανάσταση . Κείμενο Πολιτικής, ΕΝΑ, Ινστιτούτο Εναλλακτικής Πολιτικής, <https://www.enainstitute.org/publication>

Χαρλαύτη, Τζ. (2001). Η Ιστορία της Ελληνόκτητης Ναυτιλίας (19<sup>ος</sup> – 20<sup>ος</sup> αι.). Εκδόσεις Νεφέλη, Αθήνα.

Χολέβας, Κ.Ι. 2000. *Επίκαιρα Θέματα της Ελληνικής Εμπορικής Ναυτιλίας*. Εκδόσεις Πελασγός.

Ψαραύτης, Χ.Ν. (2006). *ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ και CABOTAGE*. Εκδόσεις Ευγενίδειο Ίδρυμα, Αθήνα.

## ΞΕΝΗ

Abrams, 2009. *Uncovering the Network-Centric Organization*. Irvine: University of California.

Aceto, G. Persico, V. Pescapé, A. Industry 4.0 and health: internet of things, big data, and cloud computing for healthcare 4.0, J. Ind. Inf. Integr. 18 (2020).

Acemoglu D., Autor D., Dorn D. & G. Hanson (2014), 'Return of the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in US Manufacturing,' American Economic Review, American Economic Association, vol. 104(5), pages 394-99, May.

Agarwal R., and Dhar V., 2014, Big data, data science, and analytics: The opportunity and challenge for IS research, Information Systems Research, 25(3), 443-448.

Ahvenjärvi, S. (2016). The human element and autonomous ships. Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Transp. 10(3), 517–521.

Alberts, 1999. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. 2nd επιμ. s.l.:DoD C4ISR Cooperative Research Program.

Anderson, J. A. (1995). *An Introduction to Neural Networks*, MIT Press, Cambridge.

Aremu, O., Salvador-Palau, A., Parlikad, A.K., Hyland-Wood, D., McAree, P.R., (2018) *Structuring Data for Intelligent Predictive Maintenance in Asset Management*, IFAC-PapersOnLine, Volume 51, Issue 11, pp. 514-519.

Baldauf, M., Kitada, M., Mehdi, R., & Dalaklis, D., 2018, 9525–9530. E-Navigation, Digitalization and Unmanned Ships: Challenges for Future Maritime Education and Training. Paper presented at the 12th International Technology, Education and Development Conference, Valenica.

Baldauf, M., & Hong, S.-B. (2016). Improving and Assessing the Impact of e-Navigation applications. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 4, 1–12.

Baldauf, M.; Schröder-Hinrichs, J.-U.; Kataria, A.; Benedict, K.; Tuschling, G. (2015), Multidimensional Simulation in Team Training for Safety and Security in Maritime Transportation. *Journal of Transportation Safety & Security*, DOI: 10.1080/19439962.2014.996932.

Baur, C. and D. Wee, *Manufacturing's next act*, McKinsey, 2015 June.

Beechler, S., & Woodward, I. C. (2009). The global “War for Talent”. *J. Int. Manag.* 15(3), 273–285.

Berns, S., Vonck, I., Dickson, R., Dragt, J. (2017). Smart Ports. Point of view. Deloitte port services. The Netherlands. Retrieved on 16.05.2019 from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/energy-resources/deloitte-nl-er-port-services-smart-ports.pdf>.

Belev, B., & Daskalov, S. (2019). Computer technologies in shipping and a new tendency in ship's officers' education and training. Pap. Presented IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 618, Article 012034.

Blanke, M., Henriques, M., & Bang, J. (2017). A pre-analysis on autonomous ships. working paper Technical University of Denmark.

Blindheim, S., & Johansen, T. A. (2021). Electronic Navigational Charts for Visualization, Simulation, and Autonomous Ship Control. *IEEE Access*, 10, 3716-3737.

Broek, J.H. v d, Griffioen, J.J., & Drift, M.M. v d, 2020, 929, 012008. Meaningful Human Control in Autonomous Shipping: An Overview. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering / The 3rd International Conference on Maritime Autonomous Surface Ship (ICMASS 2020). doi:10.1088/1757-899X/929/1/012008.

Brynjolfsson E. & A. McAfee (2011), ‘Race Against the Machine’. Lexington, MA: Digital Frontier Press.

Brynjolfsson, E., and McAfee, A., 2014, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies* (W.W. Norton, New York, NY).

Bose, N. K. and P. Liang, (1996). *Neural Networks Fundamentals with Graphs, Algorithms and Applications*, McGraw-Hill, New York.

Brynjolfsson, E., Rock, D. & Syverson, C. (2017) *Artificial Intelligence and the modern productivity paradox: a clash of expectations and statistics*, NBER Working paper series, Working Paper 24001.

Bruhn W, Burmeister H-C. D 5.2: Process map for autonomous navigation. 2013.

Bucak, U. Dinçer, M.F. Demirel, H. (2019). Evaluation of The Maritime 4.0 Using The AHP Method. *The Proceedings of GMC '19*, 18th-19th of April 2019, Selçuk, İzmir, Turkey.

Buiza-Camacho, G., del Mar Cerban-Jimenez, M., and Gonzalez-Gaya, C. (2016). Assessment of the factors influencing on a smart port with an analytic hierarchy process. *Revista DYNA*, 2016: 91: 498–501.

Burmeistera, H.-C., Bruhn, W. C., Rødseth, Ø. J., & Porathec, T. (2014). Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the E-Navigation Implementation: The MUNIN perspective. *International Journal of e-Navigation of Maritime Economy*, Volume 1, pp1-13.

Cebrowski, 1998. *Network-Centric Warfare: Its Origin and Future. Proceedings*, January.

Chen, M., Mao, S., and Liu, Y. 2014, Big data: A survey” *Mobile Networks and Applications*, 19 (2), 171-209.

Chen, H-M., Kazman, R., and Haziyevev, S., 2016, Strategic Prototyping for Developing Big Data Systems”, *IEEE Software*, 33 (2), 36-43.

Choi, O-C. Kwon, W. Jo, H .J. Lee, and M-W. Moon, *4D Printing Technology: A Review*, *3D Printing and Additive Manufacturing*, 2, 159 (2015).

Clark Akaka, M. and Vargo, S.L., 2014, Technology as an operant resource in service (eco)systems, *Information Systems and E-Business Management* , 12 (3), 367-384.

Danish, D.M. A., 2017, *Analysis of Regulatory Barriers to Autonomous Ships / FINAL REPORT*. Retrieved from Denmark

Davenport, T. H. 1998. Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, (July\_/August), 121\_/31.

Davidow, B. *What happens to society when robots replace workers*, Harvard University Press (2014).

Demirkan, H., Bess, C., Spohrer, J., Rayes, A., Allen, D., and Moghaddam, Y., 2015, Innovations with smart service systems: Analytics, big data, cognitive assistance, and the Internet of everything, *Communications of the AIS*, 37 (1), Article 35.

Deutsch, C. H. 1998. Software that can make a grown company cry. *New York Times*, 10 January.

Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and human-robot co-working. *Proc. Comput. Sci.* 158, 688–695.

Egloff, C., Sanders, U., Riedl, J., Mohottala, S., & Georgaki, K. (2018). *The Digital Imperative in Container Shipping*. Whitepaper Boston Consulting Group.

Emad, G.R. Shahbakhsh, M. Khabir, M. 2020. Shipping 4.0 and Training Seafarers for the Future Autonomous and Unmanned Ships. 21th Marine Industries Conference (MIC2019) 1-2 January 2020 – Qeshm Island.

Emad, G., Enshaei, H., & Ghosh, S. (2021). Identifying seafarer training needs for operating future autonomous ships: a systematic literature review. *Aus. J. Marit. Ocean Aff.* 1–22.

EPO (2017) *Patents and the Fourth Industrial Revolution (4IR)*, Munich.

Andrzej; Zwolak, Karolina. 2020. "The Ocean-Going Autonomous Ship—Challenges and Threats" *J. Mar. Sci. Eng.* 8, no. 1: 41.

Ferretti, M. and Schiavone, F. (2016). Internet of things and business processes= redesign in seaports: the case of Hamburg. *Business Process Management Journal*, 2016: 22(2): 271-284.

Fossen, T.I. (2011). *Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control*. John Wiley & Sons, 2011.

Gawer, A., and Cusumano, M. A., 2014, Industry Platforms and Ecosystem Innovation, *Journal of Product Innovation Management*, 31, 417–433.

Georgakopoulos, D. Jayaraman, P.P. Fazia, M. Villari, M. and Ranjan, R. Internet of things and edge cloud computing roadmap for manufacturing, *IEEE Cloud Comput.* 3 (4) (2016) 66–73.

Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *J. Manuf. Technol. Manag.* 29(6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/jmtm-02-2018-0057>.

Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Springer <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4>

Gu, Y., Goez, J. C., Guajardo, M., & Wallace, S. W. (2021). Autonomous vessels: state of the art and potential opportunities in logistics. *Int. Trans. Op. Res.* 28(4), 1706–1739.

Harlaftis, G. and Theotokas I. (2009), “Maritime business during the twentieth century: continuity and change”, *The handbook of maritime economics and business*, 2nd Edition, The Grammenos Library.

Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Second Edition, Prentice Hall, Upper Saddle Point.

Hoffman, 2002. Globalisation: The maritime nexus. Στο: L. List, (Ed.) *The Handbook of Maritime Economics and Business*. London: Grammenos.

HPA (2018). *Hamburg Port Authority Brochure*. Access Date: 27th January 2019, [haminfo-terminal.com/assets/child/layout/Port\\_of\\_Hamburg\\_Brochure\\_neu](http://haminfo-terminal.com/assets/child/layout/Port_of_Hamburg_Brochure_neu).

Jasperneite, J. & Niggemann, O. (2012). Intelligente Assistenzsysteme zur Beherrschung der Systemkomplexität in der Automation. In: ATP edition - Automatisierungstechnische Praxis, 9/2012, Oldenbourg Verlag, München, September 2012.

Jokioinen, E., 2017, Remote and Autonomous Ship – The next steps, AAWA Project Position Paper, Date of access: 21/01/2017, <http://docplayer.net/19502019-Remote-and-autonomous-ships-the-next-steps.html>.

IMO. 2018. “IMO Takes First Steps to Address Autonomous Ships. International Maritime Organization.” <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MS-C-99-MASS-scoping.aspx>.

Jincan, H., Maoyan, F., 2015. Based on ECDIS and AIS ship collision avoidance warning system research. In: 2015 8th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). IEEE, pp. 242–245.

Jurdziński, M. (2018). Changing the Model of Maritime Navigation. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 12(1).

Kaplan, J. *Humans need not apply: A guide to wealth and work in the Age of Artificial Intelligence*, Yale University Press (2015).

Karvonen, H., & Martio, J., 2018, HUMAN FACTORS ISSUES IN MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIP SYSTEMS DEVELOPMENT Paper presented at the 1st International Conference on Maritime Autonomous Surface Ships (ICMASS), Busan, Korea.

Kieve, J.L. (1973). *The Electric Telegraph: A Social and Economic History*, p. 238, David and Charles.

Kitada, M., Baldauf, M., Mannov, A., Svendsen, P.A., Baumler, R., Schröder-Hinrichs, J.U., Lagdami, K., 2018, Command of vessels in the era of digitalization. Paper presented at the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. doi:[10.1007/978-3-319-94709-9\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94709-9_32).

- Kohonen, T. (1987). Adaptive, associative, and self-organizing functions in neural computing, *Applied Optics*, 26,4910.
- Kube, G. and T. Rinn, Industry 4.0—the next revolution in the industrial sector, *ZKG Int.* 67 (11) (2014) 30–32.
- Kyriakidis, M., De Winter, J. C. F., Stanton, N., Bellet, T., Van Arem, B., Brookhuis, K., & Happee, R. (2019). A human factors perspective on automated driving. *Theor. Iss. Ergon. Sci.* 20(3), 223–249.
- Lambrou, M.A. and Ota, M. 2017. Shipping 4.0: Technology Stack and Digital Innovation Challenges. IAME 2017 CONFERENCE, KYOTO, JAPAN, Paper ID 155.
- Larson, D. and Chang, V. (2016), “A review and future direction of agile, business intelligence, analytics and data science”, *International Journal of Information Management*, Vol. 36, pp. 700-710.
- Lasi, H. Fettke, P. Kemper, H.G. Feld, T. and M. Hoffmann, Industry 4.0, *Bus. Inf. Syst. Eng.* 6 (4) (2014) 239.
- Lehtola, V. V., Montewka, J., & Salokannel, J. (2020). Seccaptains' views on automated ship route optimization in ice-covered waters. *The Journal of Navigation*, 73(2), 364-383.
- Lyridis D.V., Fyrvik, T., Kapetanis, G.N., Ventikos, N., Anaxagorou, P., Uthaug, E., and Psaraftis, H.N. (2005), “Optimizing shipping company operations using business process modelling”, *Maritime Policy and Management*, Vol. 32, No. 4, pp. 403-420.
- Lee, J., Kao, H., and Yang, S., 2014, Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment, *Procedia CIRP*, 16, 3-8.
- Lee, C. H., Yun, G.-H., & Hong, J.-H. (2019). A study on the new education and training scheme for developing seafarers in Seafarer 4.0. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf.* 25(6), 726–734.
- Li, X. Li, D. Wan, J. Vasilakos, A.V. Lai, C.F. and S. Wang, A review of industrial wireless networks in the context of Industry 4.0, *Wireless Networks* 23 (1) (2015) 1–19.
- Lim, C. C. and Forsythe, W. (1983). Autopilot for ship control, Pt. 1: Theoretical design. *IEE PROCEEDINGS*, Vol. 130, Pt. 0, No. 6, Nov. 1983, pp. 281-7.
- Lin, F. Chen, C. Zhang, N. Guan, X. and X. Shen, Autonomous channel switching: towards efficient spectrum sharing for industrial wireless sensor networks, *IEEE Internet Things J.* 3 (2) (2016) 231–243.

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 6, June 2017, pp. 1-10.

Lukac̃, D. The fourth ICT-based industrial revolution" Industry 4.0"??? HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8, in: 2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), IEEE, 2015, pp. 835–838.

Mallam, S. C., Nazir, S., & Sharma, A. (2020). The human element in future Maritime Operations - perceived impact of autonomous shipping. *Ergonomics*, 63(3), 334–345

Man, Y., Lundha, M., Poratheb, T., & Mackinnon, S. (2015). From Desk to Field-Human Factor Issues in Remote Monitoring and Controlling of Autonomous Unmanned Vessels. *Procedia Manufacturing*, Volume 3, pp 2674-2681.

Manyika, J. et al., 2011, Big data: the next frontier for innovation, competition, and productivity. McKinsey Global Institute.

Miorandi, D. Sicari, S. De Pellegrini, F. and Chlamtac, I. (2012). "Internet of things: Vision, applications and research challenges," *Ad Hoc Networks*, vol. 10, no. 7, pp. 1497-1516, 2012.

Martimo, P. (2017). Disruptive Innovation and Maritime Sector - Discovering smart-shipping's potential to disrupt shipping. Report Turku School of Economics.

Miller, W. T. Werbos, P. J. and R. S. Sutton, (1995). Neural networks for control. MIT press.

Moore, M. 2019. *"What is Industry 4.0? Everything you need to know"*. TechRadar.

Mortson, M., 2018, The Industrial Revolution from Industry 1.0 to 5.0! Retrieved from <https://supplychaingamechanger.com/the-industrial-revolution-from-industry1-0-to-industry-5-0/>.

Mueller, E. Chen, X-L, Riedel, R. (2017). «Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0: A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System». *Chinese Journal of Mechanical Engineering* 30 (5): 1050–1057.

MUNIN Brochure 2013. Available from: <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2013/01/MUNIN-Brochure.pdf>.

Munim, Z. H. (2019). Autonomous ships: a review, innovative applications and future maritime business models. *Supply Chain Forum: Int. J.* 20(4), 266–279.

Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—a human-centric solution. *Sustain. J.* 11(16), 4371.

Negenborn, R., Duinkerken, M., L. Chen, A. D., Cappelle, L. v., B. Kuipers, M. S., J. Harmsen, A. J., et al. (2018). Autonomous Ships in the Port of Rotterdam. Report of Smart Port, project TET-SP.

Nikitakos, N. & Lambrou M., 2007. Digital Shipping: The Greek Experience. *Research in Transportation Economics, Volume 31*, pp. 383-417.

OECD (2015) *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, OECD Publishing, Paris.

OECD (2019) *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris.

Oksavik, A., Hildre, H.P., Pan, Y., Jenkinson, I., Kelly, B., Paraskevadakis, D., & Pyne, R., 2020, Future skill and competence needs (V6). Retrieved from [http://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/14990/1/D1.1.3%20Future%20Skills%20and%20competence%20needs\\_final%20version\(1\).pdf](http://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/14990/1/D1.1.3%20Future%20Skills%20and%20competence%20needs_final%20version(1).pdf)

Orlikowski, W., and Scott, S., 2015, The algorithm and the crowd: Considering the materiality of service innovation, *MIS Quarterly*, 39 (1), 201-216.

Papoutsidakis, M. Tseles, D. Simeonaki, E. and D. Piromalis (2017). Modern Shipping Navigation based on Telemetry and Communication Systems. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, Volume 176 – No.8, October 2017, pp.39-43.

Pillich, B., Buttgenbach, G., 2001. ECDIS-the intelligent heart of the hazard and collision avoidance system, ITSC 2001. In: 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems. Proceedings (Cat. No. 01TH8585). IEEE, pp. 1116–1119.

Pillich, B., Pearlman, S., Chase, C., 2003. Real time data and ECDIS in a web-based port management package, *Oceans 2003*. In: Celebrating the Past... Teaming toward the Future (IEEE Cat. No. 03CH37492). IEEE, pp. 2227–2233.

Porathe, T., Lützhof, M., Praetorius, G., 2013. Communicating intended routes in ECDIS: evaluating technological change. *Accid. Anal. Prev.* 60, 366–370.

Porathe T. Remote Monitoring and Control of Unmanned Vessels- The MUNIN Shore Control Centre. Proceedings of the 13th International Conference of Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries, 2014:460-467.

Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Krcmar, H., 2017, A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees. Paper presented at the 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Switzerland.

Quitze, J., Tontara, N., Vöpel, H., Jahn, M., Otto, A., & Wolf, A., 2018, Shipping in an era of digital transformation (2190–6556). Retrieved from Berenberg·Corporate Communications.

Peruzzini, M. & J. Stjepandić, Editorial to the special issue "Transdisciplinary analytics in supply chain management", *J. Manag. Anal.* 5 (2) (2018) 75–80



Porter, M. E., and Heppelmann, J. E., 2014, How Smart, Connected Products Are Transforming Competition, *Harvard Business Review*, 92 (11), 64–88.

Рудык, Я. А. (2019). The Advantages of Electronic Chart Systems in Navigation. In *Linguanet* (Pp. 375-377).

Reinhardt, I.C. Oliveira, J.C. & D.T. Ring, Current perspectives on the development of industry 4.0 in the pharmaceutical sector, *J. Ind. Inf. Integr.* 18 (2020)

Riedl, J. Delecncios, F.-X.& A. Rasmussen, To Get smarts, Ports go to Digital. Boston, Consulting Group, 2018 Technical Paper.

Rodič, B. Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm, *Organizacija* 50 (3) (2017) 193–207

Rødseth, H., and B. Mo. 2016. “Integrated Planning in Autonomous Shipping—Application of Maintenance Management and KPIs.” *Proceedings of the 10th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2015)*, 497–504. Tampere, Finland: Springer.

Rødseth, Ø. J. 2017. “From Concept to Reality: Unmanned Merchant Ship Research in Norway.” *IEEE Underwater Technology*. doi:10.1109/UT.2017.7890328.

Rossi, B., 2018, 148, 51–59. Evaluating a multi-panel air cathode through electrochemical and biotic tests, What will Industry 5.0 mean for manufacturing? Retrieved from <https://www.raconteur.net/manufacturing/manufacturing-gets-personal-industry-5-0/>.

Rüßmann, M. Lorenz, M. Gerbert, P. Waldner, M. Justus, J. Engel, P. Harnisch, M. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, Consulting Group, 2015 Technical Report – Boston.

Šakan, D., Žuškin, S., Brčić, D., & Valčić, S. (2019). Analysis of Primary Position Validation in ECDIS System. In *Advances in Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* (pp. 5-16). CRC Press.

Saxon, S., & Stone, M. (2017). *Container shipping: the next 50 years*. Whitepaper McKinsey.

Sarvari, P. A. Ustundag, A. Cevikcan, E. Kaya, I. Cebi, S. (2017), *Technology Roadmap for Industry 4.0*, Springer International Publishing, σελ. 95–103.

Shamim, S., Cang, S., Yu, H., & Li, Y., 2016, Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. Paper presented at the IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Vancouver, BC, Canada. doi:10.1109/cec.2016.7748365).

Schiaretti, M., Chen, L., & Negenborn, R. R. (2017). Survey on autonomous surface vessels: Part i - a new detailed definition of autonomy levels. In: Bektaş T., Coniglio S., Martinez-Sykora A., Voß S. (eds) Computational Logistics. ICCL 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10572. Springer, Cham.

Schröder-Hinrichs, J.-U.; Hollnagel, E.; Baldauf, M. (2012), From Titanic to Costa Concordia - a century of lessons not learned. *Journal of Maritime Affairs*, Springer, Heidelberg, Vol. 11 (2), pp. 151- 167.

Schwab K. (2015), 'The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond', Saturday, December 12, 2015.

Schwab K. (2016). The Forth Industrial Revolution. World Economic Forum®, Geneva, Switzerland [www.weforum.org](http://www.weforum.org).

Schwab, K. & Davis, N. (2018) *Shaping the Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum.

Sepehri, A. Vandchali, H.R. Siddiqui, A.W. Montewka, J. (2022). The impact of shipping 4.0 on controlling shipping accidents: A systematic literature review. *Ocean Engineering* 243, 110162.

Shahroom, A. A., & Hussin, N. (2018). Industrial revolution 4.0 and education. *Int. J. Acad. Res. Bus. Social Sci.* 8(9), 314–319.

Shahbakhsh, M. & G.R. Emad and S. Cahoon, (2021). Industrial revolutions and transition of the maritime industry: The case of Seafarer's role in autonomous shipping, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2021.11.004>.

Sharma, A., Kim, T., Nazir, S., & Chae, C., 2019, Catching up with time? Examining the STCW competence framework for autonomous shipping. Paper presented at the Proceedings of the Ergoship Conference, Haugesund, Norway.

Solow R. (1987), We'd Better Watch out, *New York Times Book Review*, 1987, p. 36.

Sternberg, K. & Forget, S. 2007. The effects of a changing oil industry on marine fuel quality and how new and old analytical techniques can be used to ensure predictable performance in marine diesel engines. In 25th CIMAC Congress, Vienna. Paper no. 198

Stopford, M. 2009. *Maritime Economics*. 3rd επιμ. New York: Routledge.

Stopford, M., 2002. E-commerce implications, opportunities and threats for shipping business. *International Journal of Transport Management*, pp. 55-67.

Streng, M., & Kuipers, B. (2020). Economic, social, and environmental impacts of autonomous shipping strategies. *Maritime Supply Chains*. Elsevier 135–145.

Struck, E., 2020, Digital transformation in the shipping industry: how Industry 4.0 is shaping the shipping industry? (Master Degree). Universidade Católica Portuguesa.

Sullivan, B. P., Desai, S., Sole, J., Rossi, M., Ramundo, L., & Terzi, S. (2020). Maritime 4.0 – opportunities in digitalization and advanced manufacturing for vessel development. *Proc. Manuf.* 42, 246–253.

Sułkowski, Ł., Kolasińska-Morawska, K., Seliga, R., & Morawski, P. (2021). Smart learning technologization in the economy 5.0—the polish perspective. *Appl. Sci.* 11(11), 5261.

Svilicic, B., Kristić, M., Žuškin, S., & Brčić, D. (2020). Paperless ship navigation: cyber security weaknesses. *Journal of Transportation Security*, 13(3), 203-214.

Srnicek, N. and A. Williams, *Postcapitalism and a World Without Work*, Verso (2015).

Tsou, M.-C., 2016. Multi-target collision avoidance route planning under an ECDIS framework. *Ocean. Eng.* 121, 268–278.

Turna, I., Oztürk, O.B., 2020. A causative analysis on ECDIS-related grounding accidents. *Ships Offshore Struct.* 15 (8), 792–803.

Van Cappelle, L., Chen, L., & Negenborn, R. (2018). Survey on ASV technology developments and readiness levels for autonomous shipping. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computational Logistics (ICCL 2018)*, Vietri sul Mare, Italy.

Van Den Boogaard, M., Feys, A., Overbeek, M., Le Poole, J., and Hekkenberg, R. (2016). *Control concepts for navigation of autonomous ships in ports*, In *10th Symp. High Performance Mar. Veh.*, Cortona.

van Dijk, T. van Dorsser, H. van den Berg, R. Negenborn, R.R. (2018). Smart ships and the changing maritime ecosystem. White paper Smart Port, [https://www.researchgate.net/publication/327704347\\_Smart\\_ships\\_and\\_the\\_changing\\_maritime\\_ecosystem](https://www.researchgate.net/publication/327704347_Smart_ships_and_the_changing_maritime_ecosystem).

Yoo, Y., Henfridsson, O., and Lyytinen, K., 2010, Research commentary-the new organizing logic of digital innovation: An agenda for information systems research, *Information Systems Research*, 21(4), 724-735.

Wahlströma, M., Hakulinen, J., Karvonen, H., & Lindborg, I., 2015, Human factors challenges in unmanned ship operations—insights from other domains. *Procedia Manufacturing / 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015*, 3, 1038–1045. doi:<10.1016/j.promfg.2015.07.167>.

Wang, B & S.F. Liu, Port process reengineering based on information technology, Proceedings of 3rd International Conference on Engineering and Business Management, 23-25 March 2012, Shanghai (China), 2012, pp. 1718–1720

WEF - World Economic Forum, *Five million jobs by 2020: The real challenge of the Fourth Industrial Revolution* (2016).

Weinrit, A. (2012). Operational Considerations for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS). Voyage Planning.

WIPO (2019) *WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence*, Geneva: World Intellectual Property Organization.

Xiaoxia, W., & Chaohua, G. (2002). Electronic chart display and information system. *Geo-spatial Information Science*, 5(1), 7-11.

Zaghloul, M. S. (2014). Design of Open Architecture Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). *International Journal of Research in Engineering & Technology*, 2(1).

Zaman, I., Pazouki, K., Norman, R., Younessi, S., & Coleman, S. (2017). Challenges and opportunities of big data analytics for upcoming regulations and future transformation of the shipping industry. *Proc. Eng.* 194, 537–544.

Zarzuelo, D. I. de la P., Soeane, D. M. J. F., & Bermúdez, D. B. L. (2020). *INDUSTRY 4.0 IN THE PORT AND MARITIME INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW*. *Journal of Industrial Information Integration*, 100173.