

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Ιστορική εξέλιξη των Ναυτιλιακών Ηλεκτρονικών Οργάνων

Σπουδαστής: Χριστόφορος Δ. Μποζατζίδης

ΑΜ: 3544

Επιβλέπων Καθηγητής:

Κωνσταντίνος Λιώτσιος, Φυσικός, Δρ. Πληροφορικής

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	
2.1 Τέλος του 19 ^{ου} αιώνα και πρώιμος 20 ^{ος} αιώνας (μέχρι το 1920).....	12
2.1.1 Οι πρώτες τηλεπικοινωνίες και οι εφαρμογές τους στη ναυσιπλοΐα.....	12
2.1.2 Το ραδιογωνιόμετρο.....	13
2.1.3 Το γυροσκόπιο, η γυροπυξίδα και τα πρώτα συστήματα αυτόματης πηδαλιουχίσεως.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	
3.1 Από τη δεκαετία του 1920 μέχρι το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου.....	17
3.1.1 Η επινόηση και η ανάπτυξη του radar.....	17
3.1.2 Τα πρώτα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	
4.1 Από το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου μέχρι και τη δεκαετία του 1980.....	21
4.1.1 Ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής, ο κρυσταλλοδίοδος (transistor), τα ολοκληρωμένα κυκλώματα και οι εφαρμογές στη ναυτιλία.....	21
4.1.2 Εξέλιξη της υπερβολικής ναυτιλίας κατά την περίοδο των δεκαετιών 1950–1970.....	22
4.1.3 Τα πρώτα συστήματα δορυφορικής ναυτιλίας (δεκαετία 1960–1970).....	24

4.1.4 Σύνθετοι δέκτες προσδιορισμού στίγματος (δεκαετία 1970–1980).....	26
4.1.5 Νέοι τύποι γυροσκοπίων. Φωτογυροσκόπια και γυροσκόπια μαγνητικού συντονισμού πυρήνα.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5.1 Από τη δεκαετία του '80 μέχρι σήμερα.....	30
5.1.1 Ψηφιακή επεξεργασία σήματος.....	30
5.1.2 Από την ολοκλήρωση τεχνολογιών στην ολοκλήρωση συστημάτων.....	31
5.1.3 Δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας δεύτερης γενιάς (GPS–GLONASS).....	32
5.1.4 Ναυτιλιακό ραντάρ με δυνατότητα αυτόματης υποτυπώσεως στόχων (RADAR/ARPA).....	35
5.1.5 Προοπτικές της υπερβολικής ναυτιλίας.....	36
5.1.6 Συστήματα απεικόνισης ηλεκτρονικού χάρτη και πληροφοριών (ECDIS).....	36
5.1.7 Άλλα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσεως, πλοηγήσεως και χρόνου.....	37
5.1.8 Το παγκόσμιο ναυτιλιακό σύστημα κινδύνου και ασφάλειας GMDSS.....	38
5.1.9 Το σύστημα AIS.....	42
5.1.10 Το δρομόμετρο.....	44
5.1.11 Το ηχοβολιστικό-βυθόμετρο.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6.1 Αναμενόμενες εξελίξεις των ναυτικών ηλεκτρονικών οργάνων.....	48
---	----

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54
--------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57
-------------------	----

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	59
-------------------	----

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / COPYRIGHT	60
---	----

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σήμερα, περισσότερο από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου διακινείται μέσω θαλάσσης, ενώ η παγκόσμια ποντοπόρος ναυτιλία διαγράφει εξέχουσα πορεία τις τελευταίες δεκαετίες (OECD, 2013). Ταυτόχρονα, η αυξανόμενη εκβιομηχάνιση και η απελευθέρωση των εθνικών οικονομιών έχουν τροφοδοτήσει το ελεύθερο εμπόριο και την αυξανόμενη ζήτηση για καταναλωτικά προϊόντα. Η ναυτιλία, αποτελεί πιθανότατα την πιο εκτεταμένη και διεθνοποιημένη βιομηχανία, καθώς η φύση της επιτρέπει ή απαιτεί την ανάμειξη και συμμετοχή ενός ευρύτατου φάσματος νοοτροπίας, κουλτούρας και πρακτικών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιαστούν οι εξελίξεις και οι προοπτικές των ναυτιλιακών ηλεκτρονικών οργάνων σε συνδυασμό με τις πάγιες και διαχρονικά αναλλοίωτες αρχές και ανάγκες της ναυσιπλοΐας για την ασφαλή εκτέλεση του πλου. Αρχικά επιδεικνύονται οι πρώτες τηλεπικοινωνίες, το ραδιογωνιόμετρο και η γυροπυξίδα στο τέλος του 19^{ου} αιώνα μέχρι το 1920. Στην συνέχεια παρουσιάζονται η επινόηση και η ανάπτυξη του ραντάρ και των πρώτων συστημάτων υπερβολικής ναυτιλίας από την δεκαετία του 1920 μέχρι το τέλος του Β παγκοσμίου πολέμου. Έπειτα αναπτύσσονται από το τέλος του Β παγκοσμίου πολέμου μέχρι και την δεκαετία του 1980 η εξέλιξη της υπερβολικής ναυτιλίας, τα πρώτα συστήματα δορυφορικής ναυτιλίας καθώς και οι νέοι τύποι γυροσκοπίων. Επιπλέον αναφέρονται οι εξελίξεις των ναυτιλιακών ηλεκτρονικών οργάνων από το 1980 μέχρι και σήμερα (GPS, RADAR/ARPA, ECDIS, GMDSS κλπ). Τέλος μέσα από την έρευνα και την ιστορική αναδρομή στα ναυτικά ηλεκτρονικά όργανα ναυσιπλοΐας θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε σε όλα τα ερωτήματα που θα προκύψουν σχετικά με την ασφαλή πλοήγηση των πλοίων.

Λέξεις κλειδιά: Ναυτιλιακά ηλεκτρονικά όργανα, Εξέλιξη, Ασφάλεια, Ναυσιπλοΐα

ABSTRACT

Today, more than 90% of the world trade is transported by sea, while global seagoing shipping has had a significant course over the last decades (OECD, 2013). At the same time, the growing industrialization and liberalization of national economies have triggered the free trade and the growing demand for consumer products. Shipping is probably the most extensive and internationalized industry, as its nature permits or requires the involvement and participation of a wide range of attitudes, cultures and practices.

The purpose of this paper is to present the developments and perspectives of marine/navigation electronic instruments in conjunction with the constant and timeless principles and needs of navigation for safe sailing. Initially, the first telecommunication, radio direction finder and gyro compass at the end of the 19th century until 1920 are shown. Then, the invention and development of radar and the first hyperbolic navigation systems from the 1920s to the end of the Second World War are presented. After that, the evolution of hyperbolic navigation, the first satellite navigation systems and the new types of gyroscopes from the end of the Second World War until the 1980s are developed. Furthermore, the developments of navigation electronic instruments from the 1980s until today (GPS, RADAR/ARPA, ECDIS, GMDSS, etc.) are mentioned. Finally, through research and historical review of marine navigation electronic instruments, we will try to answer all the questions that will arise on the safe navigation of ships.

Keywords: Marine/Navigation electronic instruments, Evolution, Safety, Navigation.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διαδεδομένη αντίληψη ορισμένων ανθρώπων οι οποίοι γνώριζαν ελάχιστα τα μυστικά που έκρυβε η θάλασσα και δε πίστευαν στην εφευρετικότητα των ανθρώπων ήταν ότι οι ναυτιλλόμενοι ακολουθούσαν τη γραμμή της στεριάς .

Κάτι που δεν είχε σχέση με την πραγματικότητα, αφού οι αρχαίοι ναυτικοί είναι γνωστό ότι ήταν πολύ καλοί παρατηρητές και η δουλειά τους δεν ήταν μόνο επιστήμη για αυτούς, αλλά κυρίως τέχνη.

Ένας καλός ναυτικός κρινόταν, επίσης και από το πόσο διαισθητικός ήταν με την θάλασσα για να μπορέσει να οδηγήσει το πλοίο γρήγορα και αποτελεσματικά στο λιμάνι αφίξεως. Έτσι, σύμφωνα με τα ανωτέρω στοιχεία που αναφέραμε μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι η ναυσιπλοΐα συνδυάζει την τέχνη και την επιστήμη μαζί.

Η επιστήμη της ναυσιπλοΐας μπορεί να διδαχθεί αλλά η τέχνη της ναυσιπλοΐας εξελίσσεται μόνο με την εμπειρία.

Ο ναυτίλος συγκεντρώνει πληροφορίες από κάθε διαθέσιμη πηγή και αξιολογώντας αυτές προσδιορίζει την ακριβή θέση του πλοίου αντιμετωπίζοντας έτσι κάθε κίνδυνο πριν αυτός ανακύψει, με απώτερο στόχο να καθοδηγήσει το πλοίο του με ασφάλεια και από τον συντομότερο δρόμο από το ένα λιμάνι στο άλλο.

Οι μέθοδοι και οι τεχνικές της ναυσιπλοΐας ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του πλοίου τις συνθήκες πλεύσης και την εμπειρία του ναυτίλου.

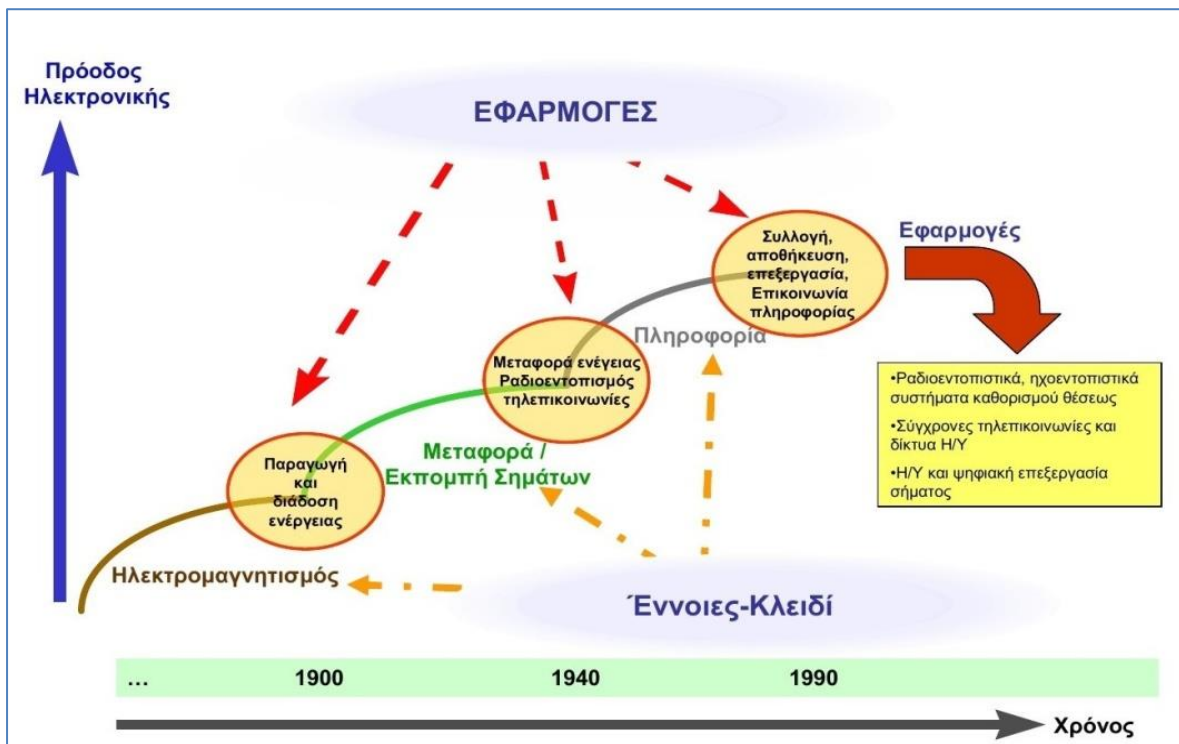
Εκτός από την τεχνική διακυβέρνησης του πλοίου, με τον όρο ναυσιπλοΐα εννοούμε και την επιστήμη που μελετά τις διάφορες μεθόδους πλεύσης, με τις οποίες προσδιορίζεται η θέση ενός πλοίου.

Μπορούμε να κατανοήσουμε, με όλα αυτά που αναφέραμε ότι η τέχνη της ναυσιπλοΐας, στην αρχαιότητα γινόταν με πολύ μικρότερη ακρίβεια από ότι συμβαίνει σήμερα. Γι' αυτό και από νωρίς κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία ναυτιλιακών βοηθημάτων για την άμεση βοήθεια και εξυπηρέτηση των ναυτιλλόμενων. Έτσι εφευρέθηκαν όργανα πλοήγησης που σκοπό τους είχαν την εύρεση της ταχύτητας, της θέσεως του πλοίου, του βάθους κλπ. Έτσι, στα παρακάτω κεφάλαια θα αναπτύξουμε την ιστορική εξέλιξη των ναυτιλιακών ηλεκτρονικών οργάνων από το τέλος του 19^{ου} αιώνα μέχρι και σήμερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σύγχρονα ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα αποτελούν προϊόν αποδοτικού συγκερασμού των διαχρονικών αναγκών της ναυσιπλοΐας και των εκάστοτε επιστημονικών εξελίξεων στους τομείς της ηλεκτρονικής, των τηλεπικοινωνιών, της διαστημικής τεχνολογίας, των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της πληροφορικής.



Σχ. 1.1α.

Εξελικτικά στάδια της επιστήμης των ηλεκτρονικών.

Στο σχήμα 1.1α περιγράφονται τα στάδια από τα οποία διήλθε η επιστήμη της ηλεκτρονικής μέχρι να καταξιωθεί στις μέρες μας ως το απαραίτητο στοιχείο κάθε σύγχρονης τεχνολογικής εφαρμογής. Στο σχήμα 1.1β αναπαρίστανται τα αντίστοιχα εξελικτικά στάδια της προόδου που σημειώθηκε στα ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα.

Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να εξετάσουμε την εξέλιξη των ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων, υπό το πρίσμα των μεθόδων εκτελέσεως ναυσιπλοΐας. Θα διαπιστώσουμε τότε, ότι οι μέθοδοι υπακούουν σε κοινή διαχρονική λογική. Η διαθέσιμη τεχνολογία δηλαδή, υποστηρίζει ανά εποχή **σταθερά καταξιωμένες μεθόδους ναυσιπλοΐας**, κάθε φορά με πλέον προηγμένα μέσα σε συνάρτηση με την εξέλιξη.

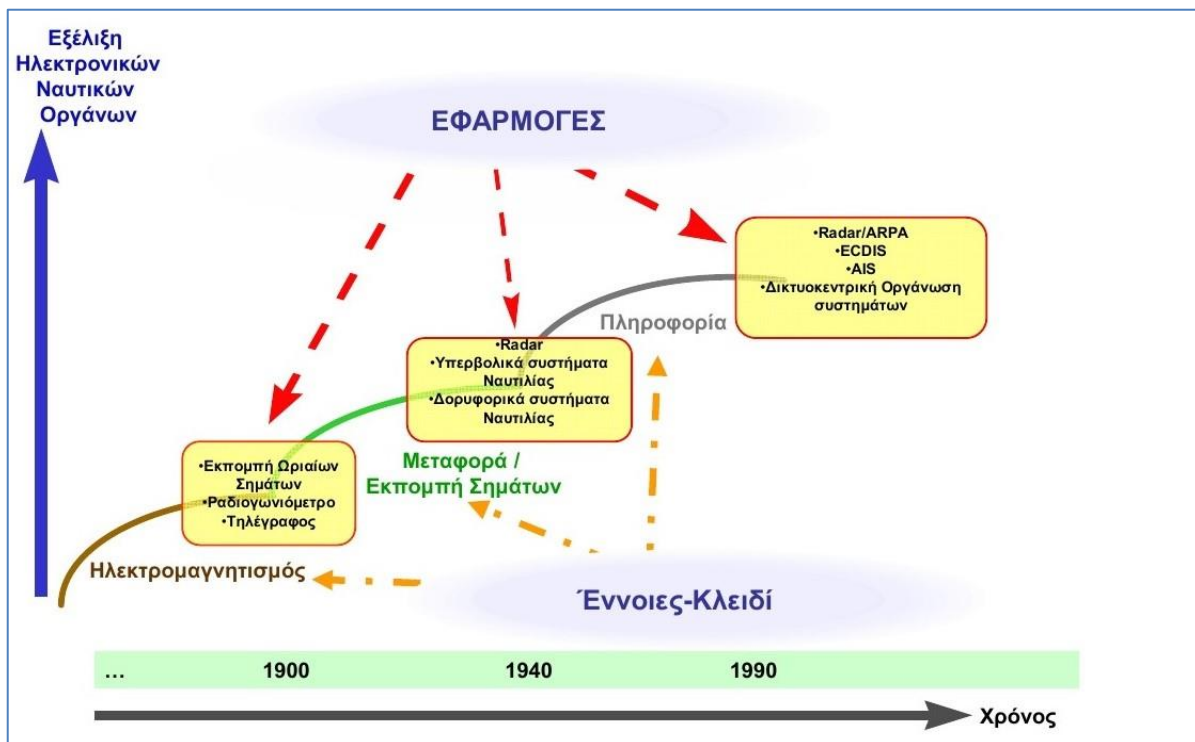
Ας επεξεργασθούμε λοιπόν με τη λογική αυτήν τη μέθοδο ευρέσεως της **θέσεως και κινήσεως** του πλοίου. Θα παρατηρήσουμε τότε, ότι ανεξάρτητα με τις εκάστοτε τεχνολογικές

καινοτομίες, η μέθοδος συνίσταται πάντοτε στον προσδιορισμό τουλάχιστον δύο **γραμμών θέσεως**, διοπτύσεων ή αποστάσεων, με τη βοήθεια γεωγραφικών **σημείων αναφοράς**. Στη συνέχεια, οι ευθείες θέσεως χαράσσονται στο ναυτικό χάρτη, με το στίγμα να βρίσκεται στην τομή τους. Ακολουθεί ο υπολογισμός της **κινήσεως** του πλοίου (πορεία-ταχύτητα), μέσω διαδοχικών στιγμάτων πάνω στο χάρτη.

Ανεξάρτητα λοιπόν από το χρησιμοποιούμενο μέσο εξαγωγής στίγματος, δηλαδή το ναυτικό όργανο (π.χ. επαναλήπτης γυροσκοπικής πυξίδας με διόπτρα για μέτρηση οπτικών διοπτύσεων, ραντάρ για μέτρηση αποστάσεων, ραδιογωνιόμετρο για μέτρηση ραδιοδιοπτύσεων κ.λπ.), στην τελική της μορφή η χρησιμοποιούμενη μέθοδος ακολουθεί την προαναφερόμενη λογική. Εκεί όμως που υφίσταται διαφοροποίηση από μέσο σε μέσο είναι:

α) Στην **απόσταση** ανάμεσα στο πλοίο και στα γεωγραφικά σημεία αναφοράς, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εύρεση του στίγματος.

β) Στη **διαθεσιμότητα** του μέσου (ναυτικού οργάνου), δηλαδή στην ικανότητά του να παρέχει απρόσκοπτα τις υπηρεσίες του, με το να υπόκειται στους ελάχιστους δυνατούς περιορισμούς καιρικών συνθηκών, ορατότητας, εμβέλειας κ.λπ..



Σχ. 1.1β.
Εξέλιξη της προόδου στα ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα.

Η εξέλιξη λοιπόν της τεχνολογίας είχε ως αποτέλεσμα:

α) Τη δυνατότητα χρήσεως για την εξαγωγή του στίγματος σημείων αναφοράς που βρίσκονταν ολοένα και σε μεγαλύτερη απόσταση από το πλοίο

.β)Τη διαρκή αύξηση του χρονικού διαστήματος που το μέσο εξαγωγής στίγματος (ναυτικό όργανο) ήταν διαθέσιμο.

Στο σχήμα 1.1γ, παρουσιάζονται τα μέσα εξαγωγής στίγματος (ναυτικά όργανα), σε συνάρτηση με την απόσταση των γεωγραφικών σημείων αναφοράς και τη διαθεσιμότητα κάθε μέσου. Αρχικά, η εξαγωγή στίγματος δεν ήταν δυνατή παρά μόνο κατά την ακτοπλοΐα με την εκτέλεση οπτικών παρατηρήσεων. Ως παράδειγμα αναφέρεται η λήψη διοπτύσεων με τη διάπτρα της γυροσκοπικής ή της μαγνητικής πυξίδας και ο προσδιορισμός αποστάσεων με τη μέτρηση γωνίας ύψους γνωστού αντικειμένου με τον εξάντα (π.χ. φάρος) για τον προσδιορισμό της αποστάσεώς του. Η μέθοδος αυτή, αν και είναι αποτελεσματική και χρήσιμη ακόμα και σήμερα, περιορίζεται εντούτοις από τη διαθεσιμότητά της, είτε λόγω καιρικών συνθηκών/συνθηκών ορατότητας, είτε κατά τον πλου στην ανοικτή θάλασσα. Πρακτικά είναι εφαρμόσιμη μέχρι αποστάσεις της τάξεως των 10 έως 20 ναυτικών μιλίων (ν.μ.) από την ακτή.

Ήδη από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα η χρησιμοποίηση του ραδιογωνιόμετρου αυξάνει την απόσταση από την ακτή, στην οποία είναι δυνατή η εύρεση στίγματος και μάλιστα ανεξάρτητα από τις συνθήκες ορατότητας, κάτι που αποτελεί πολύ σημαντική καινοτομία για τις μέχρι τότε μεθόδους ναυσιπλοΐας. Στην προκειμένη περίπτωση οι προσδιοριζόμενες ευθείες θέσεως είναι ραδιοδιοπτύσεις, δηλαδή διοπτύσεις ηλεκτρομαγνητικού σήματος που εκπέμπουν ραδιοφάροι εγκατεστημένοι σε συγκεκριμένες θέσεις, είτε επί της ξηράς είτε επί της θάλασσης (καραβοφάναρα). Εν τούτοις και σ' αυτήν την περίπτωση, η διαθεσιμότητα του ραδιογωνιόμετρου περιορίζεται από την αντίστοιχη των ραδιοφάρων, οι οποίοι συνήθως είναι τοποθετημένοι κοντά σε λιμένες ή αεροδρόμια.

Η χρησιμοποίηση του ραντάρ (radar) κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, επιτρέπει τη χρήση γεωγραφικών σημείων για τον προσδιορισμό ευθειών θέσεως (διοπτύσεις ή/και αποστάσεις), σε μεγάλες αποστάσεις από την ακτή. Περιορίζεται όμως και το μέσο αυτό από τη διαθεσιμότητά του, αφού τα 30 έως 50 ν.μ. της εμβέλειάς του αφορούν και πάλι σε αποστάσεις που λαμβάνονται από γεωγραφικά σημεία επί της πλησιέστερης ακτής. Στην ανοικτή θάλασσα, δεν είναι λοιπόν διόλου διαθέσιμο για την εξαγωγή στίγματος, ενώ επιπλέον περιορίζεται μερικώς από τη θαλασσοταραχή και τη βροχόπτωση.

Στα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, η εμβέλεια αυξάνεται στα 500 ν.μ. από τις θέσεις των παρακτίων σταθμών εκπομπής. Στην περίπτωση αυτή, το στίγμα προκύπτει στην τομή τουλάχιστον δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

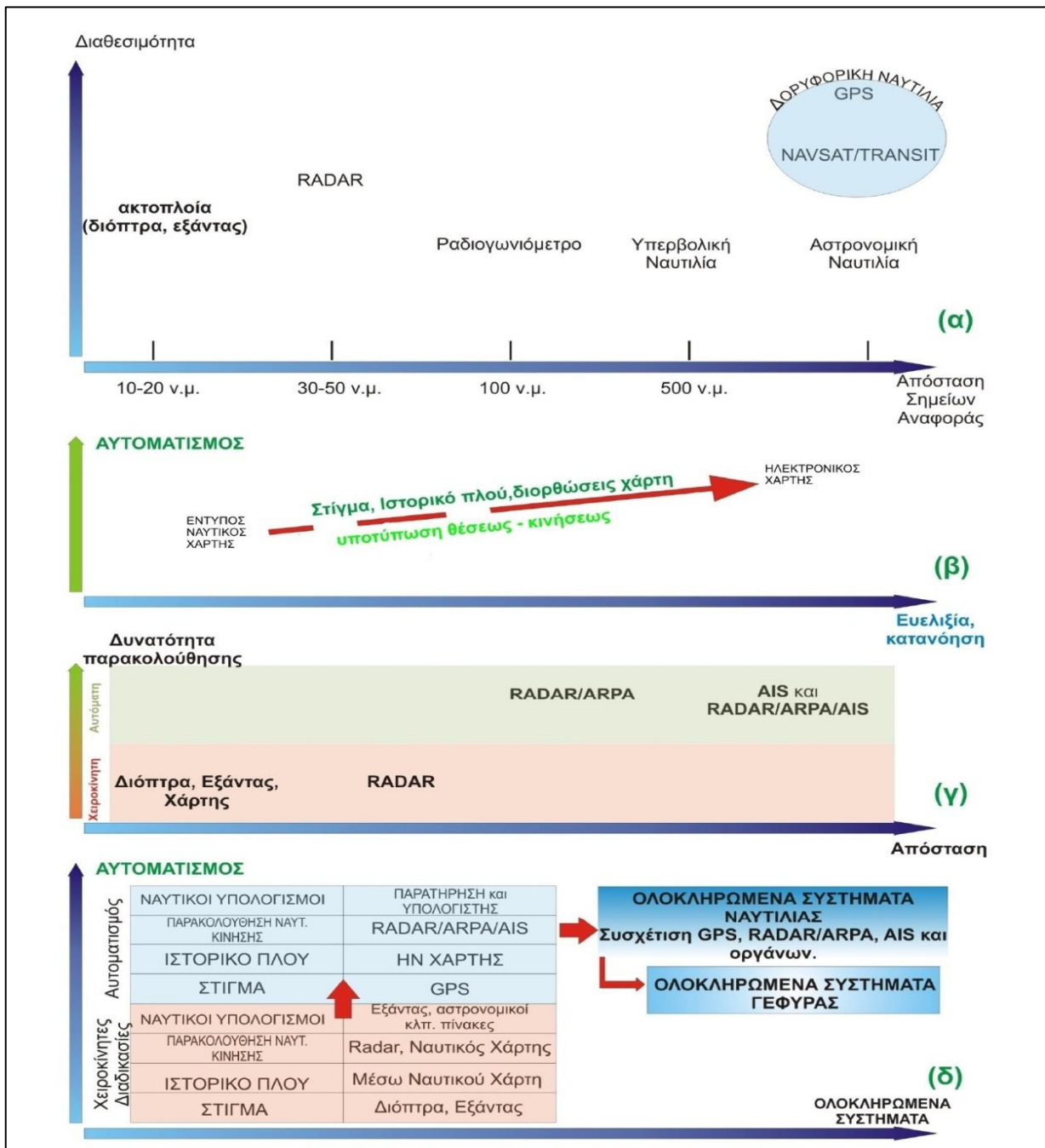
Το επόμενο στάδιο εξελίξεως των ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού θέσεως είναι η εποχή της δορυφορικής ναυτιλίας, όπου τα γεωγραφικά σημεία αναφοράς ανεξαρτητο-

ποιούνται από την επιφάνεια της Γης και μεταφέρονται στο διάστημα. Τα γεωγραφικά σημεία αναφοράς είναι πλέον οι θέσεις δορυφόρων σε ελλειπτική τροχιά, οι οποίοι εκπέμπουν κατάλληλα διαμορφωμένα σήματα. Και στην περίπτωση αυτή, για την εύρεση στίγματος χρησιμοποιείται η διάδοση ηλεκτρομαγνητικών σημάτων, με τη διαφορά ότι πλέον οι «ραδιοφάροι» βρίσκονται στο διάστημα αντί επί της Γης και η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει να προκύπτει από κάθε δορυφορικό σήμα η απόσταση δορυφόρου-πλοίου, ως γραμμή θέσεως για την εύρεση του στίγματος [σχ. 1.1γ(α)].

Συνεχίζοντας την ιστορική προσέγγιση στα ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα, αναφερόμαστε στην εξέλιξη από τον κλασικό έντυπο χάρτη στον ηλεκτρονικό. Ανεξάρτητα από την εποχή, η εύρεση του στίγματος αποκτά έννοια με την αναπαράσταση της θέσεως, του πλοίου επί ενός χάρτη. Μέσω αυτού, ο ναυτικός αποκτά αίσθηση τόσο της θέσεως όσο και της κινηματικής καταστάσεως του πλοίου του σε συνάρτηση με το χώρο και το χρόνο. Και εδώ δηλαδή η λογική είναι διαχρονικά η ίδια, με την εξέλιξη να επιδρά στο είδος του χάρτη και στη χρηστικότητα του απεικονιστικού μέσου. Στο σχήμα 1.1γ(β), απεικονίζονται οι επιπτώσεις της εμφανίσεως του ηλεκτρονικού χάρτη, τόσο σε επίπεδο αυτοματισμού διαδικασιών, όσο και σε επίπεδο ευελιξίας-κατανοήσεως της κινηματικής του πλοίου. Η συνεχής απεικόνιση της θέσεως και των κινήσεων του πλοίου επί του ηλεκτρονικού χάρτη, αποκαλύπτει με τον πλέον ζωντανό και παραστατικό τρόπο στο ναυτικό, το πώς εξελίσσεται η θέση του σε συνάρτηση με το ναυτιλιακό περιβάλλον.

Εκτός από τον ακριβή προσδιορισμό της θέσεως και της κινήσεως του πλοίου, μία διαχρονικά πάγια και βασικότερη απαίτηση των μεθόδων ναυσιπλοΐας είναι και ο προσδιορισμός της θέσεως και της κινήσεως των λοιπών πλοίων που βρίσκονται στην περιοχή. Με την εμφάνισή του, το radar αύξησε την απόσταση εντοπισμού των παραπλεόντων πλοίων. Για το σκοπό αυτό, αρχικά χρησιμοποιηθήκαν χειροκίνητες μέθοδοι υποτυπώσεως της ναυτιλιακής κινήσεως [σχ. 1.1γ(γ)]. Μέσω διαδοχικών θέσεων των παραπλεόντων πλοίων (που χαράσσονταν σε χάρτη, σε φύλλο υποτυπώσεως ή στην οθόνη του radar με υαλογράφο), εξάγονταν τα στοιχεία της κινήσεώς τους. Ακολούθως ο ναυτικός προέβαινε σε χειροκίνητη εύρεση των παραμέτρων αποφυγής συγκρούσεως (CPA^1 , $TCPA^2$), κατέτασσε τα πλοία σε βαθμό επικινδυνότητας σε σχέση με τα οικεία χαρακτηριστικά της πλευσεώς του και αποφάσιζε για τους περαιτέρω χειρισμούς του. Με την πρόοδο της τεχνολογίας και τη συνδυασμένη λειτουργία RADAR/ARPA³, όλες οι παράμετροι της παρακολουθήσεως των παραπλεόντων πλοίων (θέση, πορεία, ταχύτητα, CPA, TCPA) υπολογίζονται αυτόματα και ακολούθως υποδεικνύονται με λίαν παραστατικό τρόπο στην οθόνη του radar. Επιπλέον, στα πλέον πρόσφατα συστήματα, ο ναυτικός μπορεί να εισάγει ως δεδομένο τον επικείμενο ελιγμό του

και το σύστημα τον αξιολογεί ως προς την ασφάλειά του.



Σχ.1.1γ.

Η διαχρονικότητα των μεθόδων ναυσιπλοΐας και η εξέλιξη της τεχνολογίας.

Η μετέπειτα εμφάνιση του αυτόματου συστήματος αναγνώρισης πλοίων AIS⁴, πολλαπλασίασε τόσο το συντελεστή ασφάλειας κατά την πλεύση, όσο και την ποιότητα της εξαγόμενης ναυτιλιακής εικόνας καταστάσεως. Το AIS καθιστά κάθε παραπλέον πλοίο συνεργαζόμενο φορέα, για τον οποίο δεν απαιτείται η παρακολούθησή του με σκοπό την εύρεση των στοιχείων της κινήσεώς του, αφού αυτά εκπέμπονται από τον ίδιο μέσω του συστήματος AIS. Η τυποποιημένη «φόρμα» επικοινωνίας του συστήματος AIS περιλαμβάνει

και άλλα χρήσιμα στοιχεία, από τα οποία κυριότερο είναι εκείνο του τύπου του πλοίου. Καθίσταται έτσι κατανοητό το πόσο αυξάνεται η ασφάλεια του πλου, αφού για κάθε πλοίο διαφορετικού τύπου (μηχανοκίνητο, αλιευτικό, ιστιοπλοϊκό κ.λπ.), ο ναυτικός προετοιμάζεται για διαφορετικό χειρισμό, σε συνάρτηση με τα αντίστοιχα ελικτικά στοιχεία και την προτεραιότητα που ορίζει ο ΔΚΑΣ⁵. Με το σύστημα AIS, αυξάνεται και η απόσταση εντοπισμού της ναυτιλιακής κινήσεως τόσο από τεχνικής πλευράς (ιδιαίτερα με τη χρήση αναμεταδοτών), όσο και από πρακτικής πλευράς, για πλοία που αποκρύπτονται πίσω από χερσαίους όγκους και κατά συνέπεια το radar αδυνατεί να εντοπίσει.

Στο σχήμα 1.1γ(δ) απεικονίζεται η μετάβαση αρχικά από χειροκίνητα σε αυτοματοποιημένα συστήματα και μετέπειτα από αυτόνομα σε συνδυαζόμενα-ολοκληρωμένα συστήματα. Στη γέφυρα ενός σύγχρονου πλοίου, τα διατιθέμενα ηλεκτρονικά όργανα συνδυάζονται μέσω δικτυοκεντρικής προσεγγίσεως σε ενιαία πληροφοριακή υποδομή. Μέσω της εργονομικής απεικόνισης της συνδυασμένης πληροφορίας, συγκροτείται ένα υπερσύστημα/εργαλείο, που αποκαλύπτει με τον πλέον κατανοητό τρόπο κάθε λεπτομέρεια τόσο της κινήσεως του πλοίου, όσο και του ναυτικού περιβάλλοντος. Κατ' επέκταση, η αποδοτική συσχέτιση των επιμέρους ναυτιλιακών πληροφοριών αφενός ελαχιστοποιεί το χρόνο λήψεως αποφάσεως, αφετέρου μεγιστοποιεί την πιθανότητα της ορθότητάς της.

Μετά τη σύντομη ιστορική αναδρομή με γνώμονα τη διαχρονικότητα των μεθόδων ναυσιπλοΐας, θα αναφερθούμε με χρονολογική σειρά στα τεχνολογικά επιτεύγματα που δρομολόγησαν τη δυναμική εξέλιξη των ναυτικών ηλεκτρονικών οργάνων και συστημάτων.

¹ Η ελάχιστη απόσταση προσεγγίσεως ενός πλοίου στο δικό μας πλοίο (Closest Position of Approach – CPA).

² Χρόνος μέχρι το πλοίο να βρεθεί στην ελάχιστη απόσταση προσεγγίσεως από το δικό μας πλοίο (Time to Closest Position of Approach – TCPA).

³ Σύστημα Αυτόματης Υποτυπώσεως Στόχων Radar (Automatic Radar Plotting Aid – ARPA).

⁴ Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισεως Πλοίων (Automatic Information System – AIS).

⁵ ΔΚΑΣ: Διεθνής Κανονισμός προς Αποφυγή Συγκρούσεων στη θάλασσα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Τέλος του 19^{ου} αιώνα και πρώιμος 20^{ος} αιώνας (μέχρι το 1920).

2.1.1 Οι πρώτες τηλεπικοινωνίες και οι εφαρμογές τους στη ναυσιπλοΐα.

Ιστορικός σταθμός στην εξέλιξη της επιστήμης της ηλεκτρονικής, αποτελεί η επίτευξη ασύρματης επικοινωνίας. Στις 12 Δεκεμβρίου του 1901 ο Guglielmo Marconi, καταφέρνει να στείλει από την Αγγλία στις ΗΠΑ το πρώτο υπερατλαντικό ασύρματο μήνυμα, το γράμμα «S». (σχ. 2.1α) Το πρώτο όμως επίτευγμα ασύρματης επικοινωνίας είχε ήδη προηγηθεί στη θάλασσα από το 1900, όταν με την τεχνική του Marconi, επικοινωνήσαν μεταξύ τους δύο αμερικανικά πολεμικά πλοία, το «New York» και το «Massachusetts», ενώ βρίσκονταν σε απόσταση 30 ν.μ. Η πρόοδος των τεχνικών μέσων που χρησιμοποίησε ο Marconi, κατέστησαν στη συνέχεια δυνατή την επικοινωνία στα 1.551 ν.μ. και αργότερα στα 2.100 ν.μ.



Σχ. 2.1α.

*Guglielmo Marconi, στέλνοντας το πρώτο ασύρματο μήνυμα
το 1901*

Ως πρώτη εφαρμογή της ασύρματης επικοινωνίας στις μεθόδους ναυσιπλοΐας, θεωρείται η κατά την αρχή του 20^{ου} αιώνα εκπομπή ωριαίων σημάτων για την τήρηση ακριβούς χρόνου στα πλοία. Η σπουδαιότητα της εφαρμογής αυτής συνίσταται στο γεγονός ότι κατά την περίοδο εκείνη ο προσδιορισμός της θέσεως του πλοίου στην ανοικτή θάλασσα γινόταν αποκλειστικά με αστρονομικές μεθόδους, στις οποίες όμως σφάλμα χρόνου τεσσάρων δευτερολέπτων αντιστοιχούσε σε σφάλμα στίγματος ενός πρώτου λεπτού μήκους. Μέσω όμως της ασύρματης εκπομπής καταλλήλων σημάτων, επετεύχθη η ρύθμιση του χρονόμετρου των πλοίων, με σφάλμα μικρότερο του ενός δευτερόλεπτου.

2.1.2 Το ραδιογωνιόμετρο.

Το *ραδιογωνιόμετρο* (Radio Direction Finding–RDF), αποτελεί το παλαιότερο ραδιοναυτιλιακό βοήθημα. Η χρήση του χρονολογείται από τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Με τη χρησιμοποίηση του ραδιογωνιόμετρου προσδιορίζεται μία γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στη διεύθυνση (διόπτευση) του σταθμού, από τον οποίο εκπέμπονται τα λαμβανόμενα στο δέκτη της συσκευής σήματα (σχ. 2.1β).

Η ένταση του λαμβανόμενου από την περιστρεφόμενη κεραία σήματος, μεταβάλλεται ανάλογα με τη διεύθυνση του επιπέδου της κεραίας ως προς τη διεύθυνση διαδόσεως του σήματος. Όταν η ένταση του σήματος στα ακουστικά του χειριστή μηδενιστεί, η διεύθυνση του επιπέδου της περιστρεφόμενης κεραίας αντιστοιχεί στη διεύθυνση (ραδιοδιόπτευση) του παράκτιου σταθμού. Ο παλαιότερος και απλούστερος τύπος ραδιογωνιόμετρου είναι το ραδιογωνιόμετρο με περιστρεφόμενη κεραία. (σχ. 2.1γ)

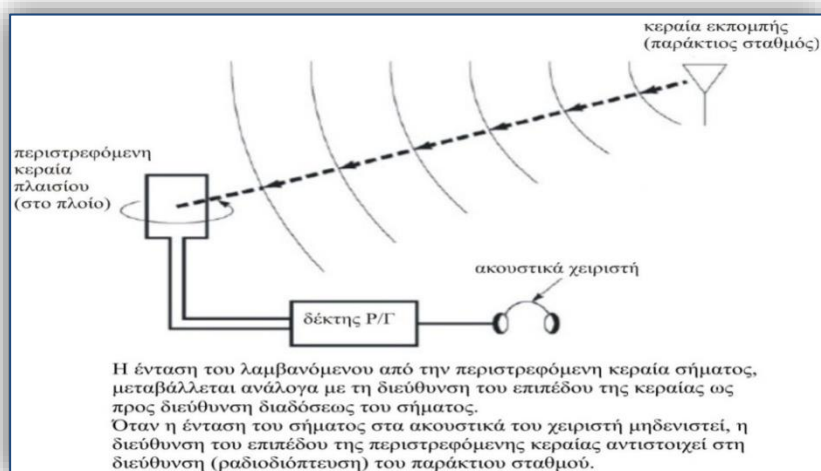
Οι περιστρεφόμενες κεραίες παρουσίαζαν αρκετά προβλήματα και περιορισμούς σχετικά με την εγκατάσταση, περιστροφή και μετάδοση της ένδειξεως στο δέκτη με μηχανικό τρόπο. Σε νεότερους τύπους ραδιογωνιόμετρου αντί της περιστρεφόμενης κεραίας, χρησιμοποιούνται δύο σταθερές



Σχ. 2.1γ.
Ραδιογωνιόμετρο με περιστρεφόμενη κεραία



Σχ. 2.1δ.
Ραδιογωνιόμετρο με σταθερές κεραίες ψηφιακής ένδειξης



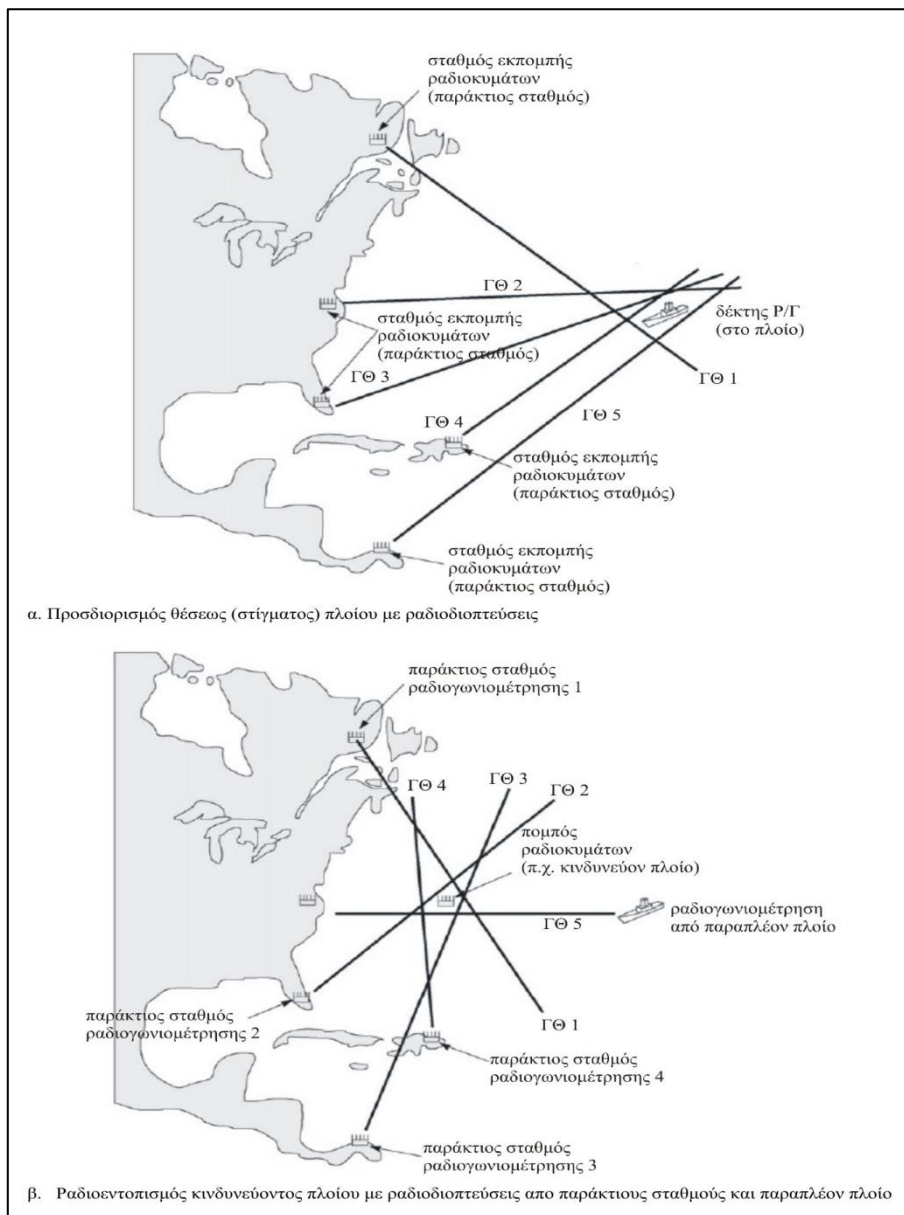
Σχ.2.1β.
Αρχή λειτουργίας ραδιογωνιόμετρου

κεραίες πλαισίου σε κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις και η ένδειξη της ραδιοδιοπτύσεως εμφανίζεται αυτόματα σε ψηφιακό ενδείκτη μετά από το συντονισμό της συσκευής στην κατάλληλη συχνότητα και τη συνεχή περιστροφή του πηνίου έρευνας (γωνιόμετρου). (σχ. 2.1δ)

Το ραδιογωνιόμετρο χρησιμοποιήθηκε στη ναυτιλία στις επόμενες δύο εφαρμογές:

α) Προσδιορισμός θέσεως (στίγματος) πλοίου με τη μέτρηση ραδιοδιοπτύσεων προς ορισμένους παράκτιους σταθμούς (ραδιοφάροι), οι οποίοι εκπέμπουν ειδικά για το σκοπό αυτό σήματα [σχ. 2.1ε(α)].

β) Ραδιοεντοπισμός κινδυνεύοντος πλοίου με ραδιοδιοπτύσεις από παράκτιους σταθμούς ραδιογωνιομετρήσεως ή/και από άλλα παραπλέοντα πλοία [σχ. 2.1ε(β)].



Σχ. 2.1ε.

Χρήση ραδιογωνιόμετρου για προσδιορισμό στίγματος και ραδιοεντοπισμό.

2.1.3 Το γυροσκόπιο, η γυροπυξίδα και τα πρώτα συστήματα αυτόματης πηδαλιουχίσεως.

Το πρώτο γυροσκόπιο κατασκευάστηκε το 1810 από το Γερμανό Bohnenberg, αρκετά νωρίτερα από την πλήρη επιστημονική τεκμηρίωση του φαινομένου της γυροσκοπικής αδράνειας από το Γάλλο φυσικό Foucault κατά το 1861 (σχ. 2.1στ). Εν τούτοις, η αξιοποίηση του γυροσκόπιου στη ναυτιλία πραγματοποιήθηκε ορισμένες δεκαετίες αργότερα και συγκεκριμένα μετά την καθιέρωση των μεταλλικών ναυπηγήσεων, λόγω της επιδράσεως του μαγνητικού πεδίου του σκάφους στην ακρίβεια των ενδείξεων της παραδοσιακής μαγνητικής πυξίδας με τη δημιουργία της γυροπυξίδας.

Η λειτουργία του γυροσκόπιου συνίσταται στη διατήρηση σε ταχεία περιστροφή ενός σφονδύλου, ο οποίος τοποθετείται εντός κινούμενου πλαισίου, το οποίο διατηρεί τη συνισταμένη των εξωτερικών ρο-πών ίση με το μηδέν. Έτσι, εάν το πλοίο λάβει κλίση είτε ως προς το διαμήκη είτε ως προς τον εγκάρσιο άξονα, ο σφόνδυλος του γυροσκόπιου θα συνεχίσει να περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα, ενώ παράλληλα θα διατηρείται προσανατολισμένος στην ίδια διεύθυνση. Η γωνιακή απόκλιση ανάμεσα στο σταθερά προσανατολισμένο σφόνδυλο του γυροσκόπιου και τους άξονες των στελεχών του περιστρεφόμενου πλαισίου, παρέχει τις πληροφορίες αφενός των γωνιών στροφής, αφετέρου του ρυθμού μεταβολής τους. Με την πάροδο του χρόνου, η εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στη δραστική αύξηση της ακρίβειας της μετρήσεως των δύο προαναφερομένων πληροφοριών.

Με τις βελτιώσεις που προαναφέρθηκαν προέκυψε σταδιακά η δυνατότητα της χρήσεως του γυροσκόπιου σε πλήθος εφαρμογών, όπως:

- α) Εκτέλεση ακριβούς ναυτιλίας.
- β) **Μηχανισμοί σταθεροποιήσεως** (stabilizers) κινουμένων οχημάτων (πλοία, αεροσκάφη, υποβρύχια, κατευθυνόμενα βλήματα).
- γ) Συστήματα αδρανειακής ναυτιλίας.
- δ) Συστήματα αυτόματου πιλότου.

Η πρώτη γυροπυξίδα που χρησιμοποιήθηκε στη ναυτιλία επινοήθηκε και κατασκευάστηκε από το Γερμανό Herman

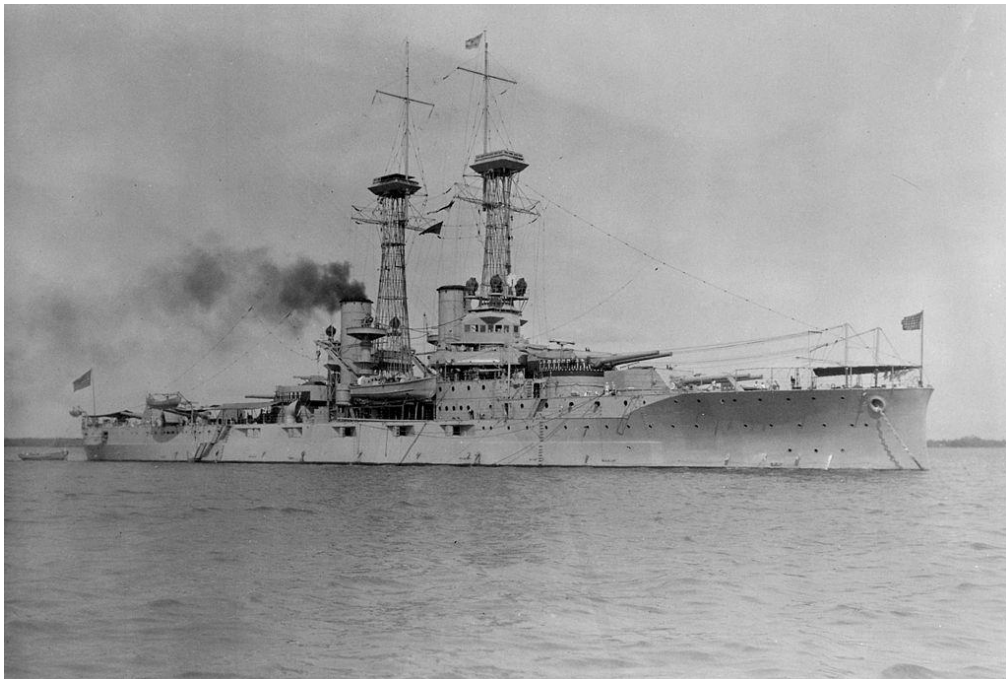


Σχ. 2.1στ.
Γυροσκόπιο του Dumoulin-Froment, 1852



Σχ. 2.1ζ.
Η πρώτη γυροπυξίδα του γερμανού Anschütz, 1903

Anschütz-Kaempfe το έτος 1903 (σχ. 2.1ζ) και βελτιώθηκε από το συνεργάτη του Schuler. Το 1909, ο Αμερικανός Elmer Sperry κατασκεύασε το πρώτο σύστημα αυτόματης πηδαλιουχίσεως αεροσκαφών με γυροσκόπια και το 1911 επέδειξε τη λειτουργία μιας νέας ναυτικής γυροσκοπικής πυξίδας στο πολεμικό πλοίο των ΗΠΑ «Dellaware» (σχ. 2.1η). Το πρώτο σύστημα αυτόματου πηδαλίου για τη ναυσιπλοΐα κατασκευάστηκε το 1916 στο Κίελο της Γερμανίας, από την εταιρεία Anschütz και εγκαταστάθηκε σε ένα δανικό επιβατηγό πλοίο.



Σχ. 2.1η.
To Delaware κατά το 1920

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Από τη δεκαετία του 1920 μέχρι το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου.

3.1.1 Η επινοήση και η ανάπτυξη του radar.

Κατά τη δεκαετία του 1920 σε διάφορα πανεπιστήμια των ΗΠΑ και της Ευρώπης, διεξήχθησαν τεκμηριωμένες επιστημονικές μελέτες για τη δημιουργία νέων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων, τόσο για τη μέτρηση αποστάσεων με την εκπομπή και λήψη ραδιοκυμάτων και τη μέτρηση του χρόνου διαδόσεώς τους (αρχή λειτουργίας radar), όσο και για τον προσδιορισμό



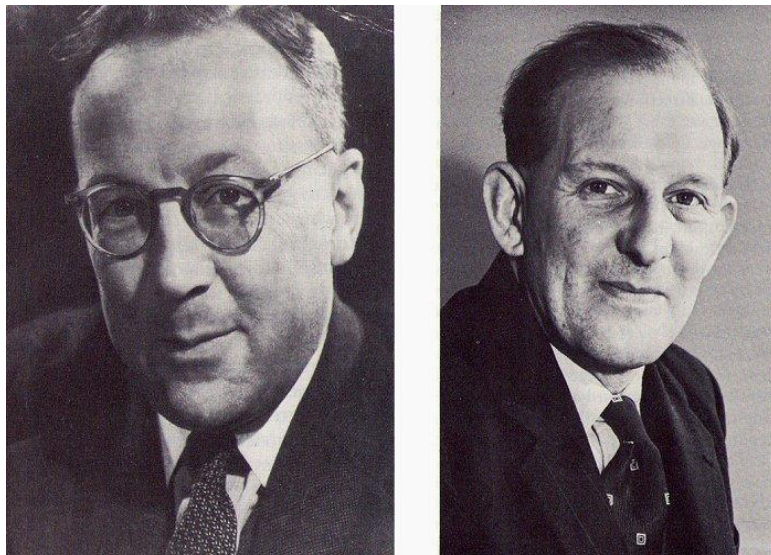
Σχ.3.1α.

Το πρώτο απλό πειραματικό σύστημα ραντάρ για την αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα του γερμανού μηχανικού Christian Hulsmeyer, 1903-1904.

της θέσεως (στίγματος) πλοίου στην τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως με τη λήψη και επεξεργασία ραδιοκυμάτων που εκπέμπονται από παράκτιους σταθμούς (αρχή υπερβολικής ναυτιλίας). Εν τούτοις, οι επιστημονικές αυτές επινοήσεις παρέμειναν αναξιοποίητες μέχρι την περίοδο του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, κατά την οποία αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικές ανάγκες, τόσο το ναυτικό radar, όσο και τα πρώτα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας.

Το **RADAR** αποτελεί ένα βασικό ηλεκτρονικό σύστημα ηλεκτρομαγνητικού εντοπισμού και παρακολούθησης στόχων, κινητών ή ακίνητων, σε μεγάλες αποστάσεις, που δεν είναι ορατοί με το ανθρώπινο μάτι. Το 1886-1888 ο Γερμανός Φυσικός Hertz διαπίστωσε πειραματικά την ανάκλαση και σκέδαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω σε αγωγίμα σώματα. Παρόμοιες έρευνες έγιναν το 1897 από τον Ρώσο επιστήμονα Ρορον. Το πρώτο Radar σε πειραματικό επίπεδο κατασκευάστηκε το 1903-1904 από τον Γερμανό μηχανικό Hulsmeyer. (σχ.3.1α)

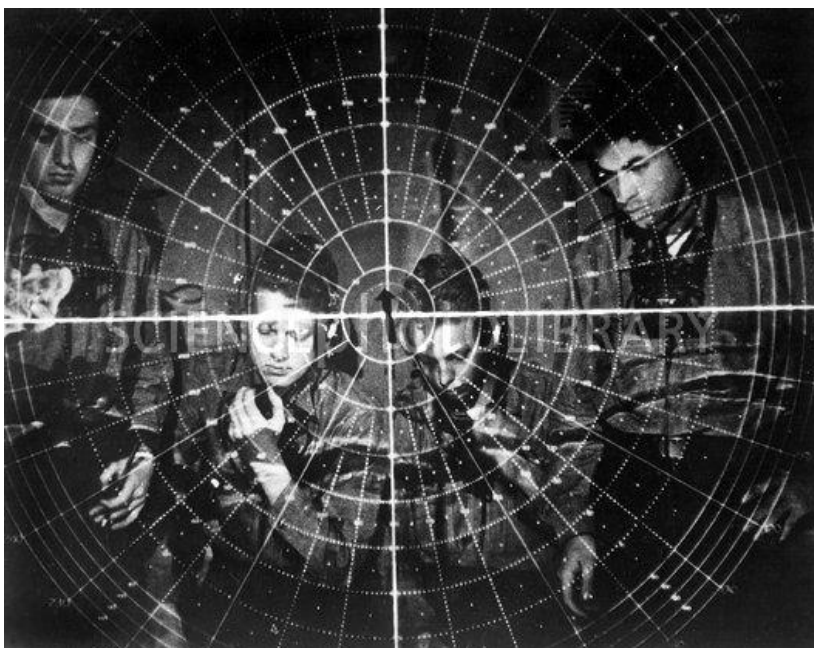
Οι πρώτες παρατηρήσεις για ανακλώμενα ραδιοκύματα CW έγιναν στις ΗΠΑ στον ποταμό Potomac το 1922 από τους Taylor και Young για λογαριασμό του NRL (Naval Research Laboratory). Το 1935 οι Βρετανοί Watt και Wilkins (σχ.3.1β) έκαναν ένα ιστορικό πείραμα σε κάποιο χωριό της Αγγλίας και πέτυχαν τον έγκαιρο εντοπισμό εχθρικών αεροσκαφών σε μεγάλη απόσταση αρκετά πριν από τον οπτικό εντοπισμό τους, με χρήση ενός πομπού βραχέων του BBC στα 6 MHz, ισχύος 10 KW.



Σχ.3.1β.

*Αριστερά: Robert Watson-Watt (1912-1973),
Δεξιά: Arnold F. Wilkins (1907-1985).*

Η πρώτη ναυτιλιακή εφαρμογή έγινε το 1937 με την εγκατάσταση της πρώτης συσκευής σε πολεμικό πλοίο των ΗΠΑ. Το radar αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα τεχνολογικά επιτεύγματα του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, διεκδικώντας επάξια μερίδιο ευθύνης για την επιτυχή έκβασή του. (σχ.3.1γ)



Σχ. 3.1γ.

*Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ, πεδίο εφαρμογής του ραντάρ κατά τον
2^ο παγκόσμιο πόλεμο, 1944-1945*

Το 1939 οι Βρετανοί τοποθέτησαν κατά μήκος των ακτών της Μάγχης πολλούς σταθμούς Radar σε συχνότητα 60 MHz σαν σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης. Η βύθιση του βρετανικού θωρηκτού Hood από το γερμανικό θωρηκτό Bismarck έγινε με ακριβή αποστασιομέτρηση με χρήση ραντάρ. Πριν από τον βομβαρδισμό της βάσης του Pearl Harbor στην Χαβάη τα Ιαπωνικά αεροσκάφη είχαν εντοπισθεί από τα ραντάρ έρευνας στην βάση της Honolulu αλλά είχαν αγνοηθεί.

Ελαφρύτερα και ακριβέστερα ραντάρ αναπτύχθηκαν με την ανακάλυψη της πρώτης μικροκυματικής λυχνίας magnetron (3 GHz, $\lambda=10$ cm, παλμών ισχύος 10 KW), ενώ πολύ σύντομα (1942) αναπτύχθηκαν τα πρώτα μικροκυματικά ραντάρ (S-band, $\lambda=10$ cm) με περιστρεφόμενη κεραία και ενδείκτη PPI.

Το 1944 άρχισε σταδιακά η εγκατάστασή του και στα εμπορικά πλοία, η οποία γενικεύθηκε μετά το τέλος του πολέμου. Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας, βελτιώθηκε σημαντικά η ακρίβεια της εξαγόμενης πληροφορίας της συσκευής, καθώς και η περαιτέρω αξιοποίησή της, ώστε να επιτευχθεί η αυτόματη υποτύπωση της ναυτιλιακής κινήσεως.

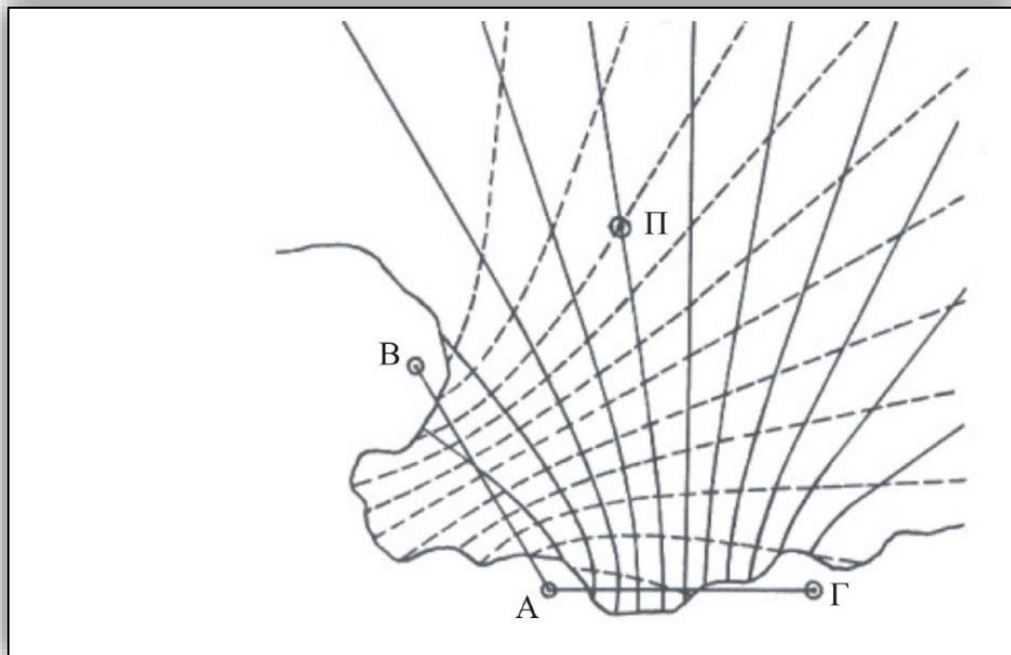
3.1.2 Τα πρώτα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας.

Η μέθοδος προσδιορισμού θέσεως στην τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως ήταν γνωστή και χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς τουλάχιστον από τον Α΄ παγκόσμιο πόλεμο, για τον εντοπισμό της θέσεως των πυροβόλων του εχθρού με την καταγραφή των χρονικών στιγμών που ακουγόταν η βολή του πυροβόλου σε διαφορετικές θέσεις. Με τον τρόπο αυτό η διαφορά του χρόνου διάδοσης του ηχητικού κύματος μετατρεπόταν σε διαφορά απόστασης, από την οποία προέκυπτε η αντίστοιχη υπερβολική γραμμή θέσεως (βασική ιδιότητα της υπερβολής). Εν τούτοις, τα πρώτα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα υπερβολικής ναυτιλίας αναπτύχθηκαν πολύ μεταγενέστερα και συγκεκριμένα κατά το Β' παγκόσμιο πόλεμο. Τα συστήματα αυτά παρείχαν τη δυνατότητα προσδιορισμού της θέσεως (στίγματος) του πλοίου με τη λήψη και επεξεργασία ραδιοσημάτων, τα οποία εκπέμπονται από κατάλληλους σταθμούς ξηράς σε αποστάσεις από τις ακτές κατά πολύ μεγαλύτερες από την εμβέλεια του ραδιογωνιομέτρου και του ραντάρ.

Στα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας η θέση του πλοίου προσδιορίζεται στην τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως (σχ. 3.1δ), οι οποίες προκύπτουν ως εξής:

α) Η 1η υπερβολική γραμμή θέσεως προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς Α και Β.

β) Η 2η υπερβολική γραμμή θέσεως προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς Α και Γ.



Σχ.3.1δ.
*Προσδιορισμός θέσεως (στίγματος) υπερβολικής
ναυτιλίας.*

Τα κυριότερα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα υπερβολικής ναυτιλίας που δημιουργήθηκαν κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, ήταν:

α) Το **σύστημα CONSOL**, το οποίο δημιουργήθηκε από τους Γερμανούς και χρησιμοποιήθηκε ευρέως για τη ναυτιλία ανοικτής θαλάσσης υποβρυχίων με την ονομασία SONNE. Μετά τη λήξη του πολέμου αναπτύχθηκε περαιτέρω από τους Βρετανούς και διατέθηκε για ελεύθερη χρήση με την ίδια ονομασία.

β) Το **σύστημα DECCA**, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Βρετανούς και χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα για την εκμετάλλευση πληροφοριών στίγματος στην απόβαση της Νορμανδίας. Μετά τη λήξη του πολέμου αναπτύχθηκε περαιτέρω από την εταιρεία Decca Navigator System και διατέθηκε για ελεύθερη εμπορική χρήση.

γ) Το **σύστημα LORAN**, το οποίο αναπτύχθηκε το 1941 από τις ΗΠΑ για την παροχή στίγματος ακρίβειας ανοικτής θαλάσσης. Μετά τη λήξη του πολέμου αναπτύχθηκε περαιτέρω και διατέθηκε για ελεύθερη χρήση με την ονομασία LORAN-A με συχνότητα εκπομπής σταθμών ξηράς 1700–2000 KHz και εμβέλεια 540 ν.μ.. Το 1957 δημιουργήθηκε το σύστημα LORAN-C με συχνότητα εκπομπής σταθμών ξηράς 100 KHz και εμβέλεια 1080 ν.μ..

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Από το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου μέχρι και τη δεκαετία του 1980.

4.1.1 Ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής, ο κρυσταλλοδίοδος (transistor), τα ολοκληρωμένα κυκλώματα και οι εφαρμογές στη ναυτιλία.

Ένας ιστορικός σταθμός στην εξέλιξη της επιστήμης της ηλεκτρονικής αποτελεί η κατά το 1946 κατασκευή του πρώτου ηλεκτρονικού υπολογιστή με το όνομα ENIAC από τους Eckert και Madchy, στο πανεπιστήμιο της Pennsylvania. Ο πρώτος αυτός υπολογιστής εκτελούσε 5.000 πράξεις το δευτερόλεπτο, ζύγιζε πάνω από 30 τόνους, περιείχε περισσότερες από 18.000 λυχνίες κενού και απαιτούσε για τη λειτουργία του ηλεκτρική ισχύ 130 kwatt. Η τεχνολογική επανάσταση αρχίζει το 1947, όταν ερευνητική ομάδα των εργαστηρίων Bell Labs στις ΗΠΑ, η οποία αποτελούνταν από τους John Bardeen, Walter Brattain και William Shockley, ανακάλυψαν το **transistor**, εγκαινιάζοντας στην ηλεκτρονική την εποχή των ημιαγωγών. Το transistor έχει χρήσεις όμοιες μ' αυτές της λυχνίας, διαθέτει όμως εξαιρετικά πλεονεκτήματα, τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- α) Το κόστος κατασκευής του είναι αμελητέο.
- β) Για να λειτουργήσει, απαιτεί ελάχιστη ηλεκτρική ισχύ της τάξεως των 2 μwatt.
- γ) Καταλαμβάνει ελάχιστο όγκο και το βάρος του είναι επίσης αμελητέο.
- δ) Λόγω των δύο παραπάνω χαρακτηριστικών, εκατοντάδες ή και χιλιάδες transistors καταλαμβάνουν τον ίδιο ελάχιστο χώρο και απαιτούν για να λειτουργήσουν την ίδια ηλεκτρική ισχύ, μ' αυτήν που απαιτείται για να λειτουργήσει μία μόνο λυχνία.
- ε) Η ίδια κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως ενισχυτής, όσο και ως βασικό αποθηκευτικό στοιχείο (μνήμη).

Με την πάροδο του χρόνου, βελτιώνεται με αλματώδεις ρυθμούς η δυνατότητα της «ολοκλήρωσης» μεγάλου αριθμού transistors σε ένα σύστημα, το οποίο εκτελεί ταχύτατα μία πολύπλοκη μαθηματική λογική διεργασία. Κατασκευάζονται έτσι τα πρώτα **ολοκληρωμένα κυκλώματα** (Integrated Circuits-ICs) και στη συνέχεια οι **μικροεπεξεργαστές** (microprocessors). Ας αναλογισθούμε ότι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα διαθέτει μερικά εκατομμύρια transistors ή αντίστοιχα στοιχεία ημιαγωγών, σε επιφάνεια μερικών μόλις τετραγωνικών χιλιοστών. Το πρώτο ολοκληρωμένο κύκλωμα κατασκευάσθηκε στις ΗΠΑ από τον Jack Kilby, στα εργαστήρια της εταιρείας Texas Instruments. Με την πάροδο του χρόνου, η δυνατότητα ολοκλήρωσης στοιχείων ημιαγωγών σε ένα μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα

αυξάνεται. Προκύπτουν έτσι τεχνολογικά επιτεύγματα, τα οποία εκφράζουν μία ολόκληρη λογική συνεπεξεργασίας χιλιάδων δεδομένων εισόδου. Παράλληλα, ένας μικροεπεξεργαστής εκτελεί περίπου ό,τι και το ολοκληρωμένο κύκλωμα, αλλά όχι μία αποκλειστική λειτουργία ή λογική. Δηλαδή, ο μικροεπεξεργαστής προγραμματίζεται με μία σειρά εντολών που διαφοροποιείται ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή, στην οποία χρησιμοποιείται.

Οι πρώτες εφαρμογές των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων στη ναυτιλία αφορούσαν στη δραστική αναβάθμιση των παραδοσιακών δεκτών των συστημάτων υπερβολικής ναυτιλίας με την ενσωμάτωση σ' αυτούς μικροεπεξεργαστή. Παρέχεται έτσι η δυνατότητα να εκτελείται αυτόματη επεξεργασία των λαμβανομένων ραδιοσημάτων για τον υπολογισμό και την ένδειξη των γεωγραφικών συντεταγμένων της θέσεως (στίγματος) σε ειδική ψηφιακή οθόνη.

4.1.2 Εξέλιξη της υπερβολικής ναυτιλίας κατά την περίοδο των δεκαετιών 1950–1970.

Τα πρώτα βοηθήματα υπερβολικής ναυτιλίας, παρά τις μετέπειτα βελτιώσεις τους, διέθεταν περιορισμένη εμβέλεια (μέχρι τα 250 ν.μ. για το DECCA και τα 2000 ν.μ. για το LORAN). Για το λόγο αυτό, από το 1947 διεξήχθησαν στις ΗΠΑ μελέτες για την ανάπτυξη ενός νέου συστήματος υπερβολικής ναυτιλίας παγκόσμιας καλύψεως. Η δημιουργία του συστήματος αυτού ολοκληρώθηκε περί τα τέλη της δεκαετίας του 1950 και έλαβε την ονομασία **OMEGA**. Το συγκεκριμένο σύστημα, λειτουργώντας στις συχνότητες VLF¹, επέτρεπε την εύρεση στίγματος σε οποιοδήποτε σημείο της υδρογείου, καθώς και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (για δέκτες εγκατεστημένους σε υποβρύχια). Το σύστημα OMEGA καταργήθηκε οριστικά το 1999, με την ωρίμανση του προγράμματος δορυφορικής ναυτιλίας GPS². Γενικότερα, η ανάδειξη του κλάδου της δορυφορικής ναυτιλίας, οδήγησε σταδιακά στο περιθώριο τη χρήση των λοιπών ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων. Σήμερα πλέον, μόνο το σύστημα LORAN βρίσκεται σε χρήση και μόνο σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές.

Η εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας κατά τη δεκαετία του '70 είχε ως αποτέλεσμα την τεράστια βελτίωση των λειτουργικών και επιχειρησιακών δυνατοτήτων των κλασικών υπερβολικών συστημάτων ναυτιλίας (σχ. 4.1α και 4.1β). Οι νέοι δέκτες των υπερβολικών συστημάτων, συγκρινόμενοι με τους αντίστοιχους της παλαιότερης γενιάς, είχαν μικρότερες διαστάσεις και βάρος (σχ. 4.1β).

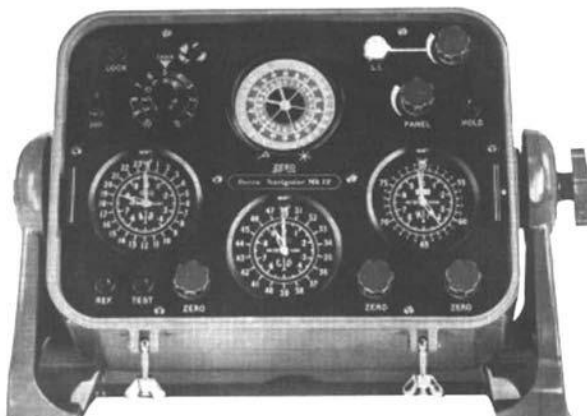
¹VeryLowFrequency(ΠολύΧαμηλήΣυχνότητα).

²GPS:GlobalPositioningSystem(ΠαγκόσμιοΣύστημαΠροσδιορισμούΘέσεως).



Σχ.4.1α.

Εκτέλεση υπερβολικής ναυτιλίας με πρώιμα ηλεκτρονικά συστήματα (δεκαετία 1950–1960).



(α) Παλιός δέκτης υπερβολικού συστήματος DECCA.



(β) Νεότερος δέκτης συστήματος DECCA, με ψηφιακή οθόνη ενδείξεως γεωγραφικών συντεταγμένων.



(γ) Παλιός δέκτης υπερβολικού συστήματος LORAN



(δ) Νεότερος δέκτης LORAN, με ψηφιακή οθόνη ενδείξεως γεωγραφικών συντεταγμένων.

Σχ. 4.1β.

Εξέλιξη δεκτών συστημάτων υπερβολικής ναυτιλίας.

Επιπρόσθετα, ήταν περισσότερο εύχρηστοι, καθώς περιείχαν ενσωματωμένο μικροεπεξεργαστή και ψηφιακή οθόνη, με τη βοήθεια των οποίων ήταν δυνατή η επεξεργασία των λαμβανομένων σημάτων στο δέκτη και η άμεση(σε πραγματικό χρόνο) ένδειξη του στίγματος με τις γεωγραφικές συντεταγμένες, καθώς και η επίλυση διαφόρων ναυτιλιακών προβλημάτων, όπως ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, απόσταση και διόπτευση μεταξύ διαφόρων σημείων, επίλυση προβλημάτων λοξοδρομικού πλου, υπολογισμός πραγματικής ως προς το βυθό πορείας και ταχύτητας κ.λπ.

4.1.3 Τα πρώτα συστήματα δορυφορικής ναυτιλίας (δεκαετία 1960–1970).

α) Η δημιουργία των δορυφορικών συστημάτων πρώτης γενιάς.

Το 1957 ήταν το έτος που σηματοδοτότησε την έναρξη της εκμεταλλεύσεως του διαστήματος με την εκτόξευση του πρώτου τεχνητού δορυφόρου Sputnik-1 από τη Σοβιετική Ένωση. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των δύο υπερδυνάμεων της εποχής, ΗΠΑ και Σοβιετικής Ενώσεως, οδήγησε στη δημιουργία αναλόγων επιστημονικών και αμυντικών προγραμμάτων, με στόχο την εκμετάλλευση διαστημικών εφαρμογών. Με βάση τα αποτελέσματα μελετών της παρακολουθήσεως του δορυφόρου αυτού από τις ΗΠΑ, αποδείχθηκε ότι ήταν δυνατός ο υπολογισμός των παραμέτρων που ορίζουν την ελλειπτική τροχιά ενός τεχνητού δορυφόρου και στη συνέχεια ο προσδιορισμός της θέσεώς του ανά πάσα χρονική στιγμή. Η δυνατότητα αυτή οδήγησε στην εξέταση της δυνατότητας αναπτύξεως ενός δορυφορικού συστήματος, το οποίο θα παρείχε τη δυνατότητα εξαγωγής στίγματος υψηλής ακρίβειας, για τις επιχειρησιακές απαιτήσεις του πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ. Τα πρώτα δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας αναπτύχθηκαν κατά τη δεκαετία του '60 από τις ΗΠΑ και τη Σοβιετική Ένωση (σύστημα NAVSAT/TRANSIT των ΗΠΑ και σύστημα TSIKADA της Σοβιετικής Ενώσεως) για στρατιωτικές κατ' αρχάς χρήσεις, παρέχοντας παγκόσμια κάλυψη ανεξάρτητα από τις επικρατούσες συνθήκες ορατότητας. Παρά το γεγονός ότι τα πρώτα αυτά δορυφορικά συστήματα σχεδιάστηκαν για στρατιωτικές χρήσεις, μετά την πλήρη ανάπτυξή τους, διατέθηκαν και για διάφορες πολιτικές χρήσεις (ναυσιπλοΐα, αεροπλοΐα, γεωδαισία κ.λπ.), παραμένοντας σε χρήση περίπου μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '90.

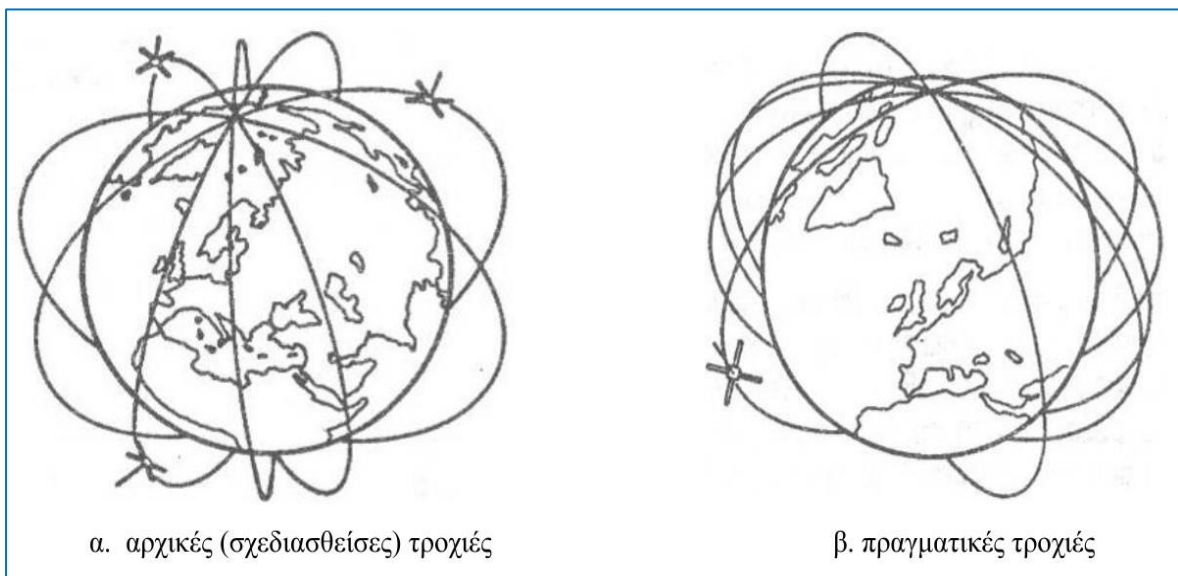
β) Το δορυφορικό σύστημα NAVSAT/TRANSIT των ΗΠΑ.

Το 1959, το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ ανέθεσε στο εργαστήριο εφαρμοσμένης φυσικής του πανεπιστημίου John Hopkins τη δημιουργία ενός δορυφορικού συστήματος ναυτιλίας για την υποστήριξη των πυρηνικών του υποβρυχίων και συγκεκριμένα για την παροχή στίγματος μεγάλης ακρίβειας. Το σύστημα αυτό ολοκληρώθηκε το 1963, με την επωνυμία NAVSAT (Navy Navigation Satellite System)/ TRANSIT. Κατά τη χρήση του διαπιστώθηκε ότι το σύστημα δεν εξασφάλιζε την επιθυμητή ακρίβεια στίγματος και έτσι το 1967 αποδεσμεύτηκε για

εμπορική χρήση. Εκτός από τη ναυσιπλοΐα, το NAVSAT/ TRANSIT χρησιμοποιήθηκε και σε εφαρμογές όπως η αεροπλοΐα και η γεωδαισία.

Το σύστημα αυτό είχε σχεδιαστεί να λειτουργεί με πέντε ή έξι δορυφόρους, οι οποίοι περιφέρονταν γύρω από τη Γη σε πολικές τροχιές και ύψος 1100 km περίπου πάνω από την επιφάνειά της, με περίοδο περιφοράς 106 λεπτά. Τα τροχιακά επίπεδα των δορυφόρων του συστήματος είχαν σχεδιασθεί να τέμνονται στον άξονα περιστροφής της Γης και να σχηματίζουν ίσες μεταξύ τους γωνιακές αποστάσεις [σχ. 4.1γ(α)]. Εν τούτοις, με την πάροδο του χρόνου τα επίπεδα αυτά απέκλιναν από την αρχική τους θέση [σχ. 4.1γ(β)] και οι αντίστοιχοι δορυφόροι άρχισαν να αντικαθίστανται από νέους. Με την παραπάνω διάταξη και περιφορά των δορυφόρων, κάθε σημείο της επιφάνειας της Γης, λόγω της περιστροφής της τελευταίας γύρω από τον άξονά της, διερχόταν διαδοχικά κάτω από την τροχιά κάθε δορυφόρου και ο προσδιορισμός του ναυτιλιακού στίγματος ήταν εφικτός μόνο όταν υπήρχε διάβαση δορυφόρου πάνω από τον ορίζοντα, γεγονός που συνέβαινε κάθε 90 min κατά μέσο όρο (ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος). Η ακρίβεια του ναυτιλιακού στίγματος ήταν της τάξεως του ενός δέκατου του ναυτικού μιλίου (περίπου 180 m).

Για τον ακριβή προσδιορισμό της πραγματικής τροχιάς και της ακριβούς θέσεως κάθε δορυφόρου του συστήματος, υπήρχαν τέσσερις επίγειοι σταθμοί παρακολούθησης, οι οποίοι κατέγραφαν τη μεταβολή της συχνότητας των δορυφορικών σημάτων και στη συνέχεια διαβίβαζαν τις πληροφορίες αυτές στο υπολογιστικό κέντρο, για περαιτέρω επεξεργασία.



Σχ. 4.1γ.

Δορυφορικές τροχιές συστήματος NAVSAT/TRANSIT.

Οι πληροφορίες αυτές (δορυφορικές εφημέριδες και δορυφορικό αλμανάκ) διαβιβάζονταν κάθε 12 ώρες προς κάθε δορυφόρο του συστήματος, ο οποίος τις αποθήκευε στη μνήμη του και στη συνέχεια τις εξέπεμπε ανά 2 min ως ναυτιλιακό μήνυμα, για αξιοποίηση από τους δορυφορικούς δέκτες και την εξαγωγή του ναυτιλιακού στίγματος. Παρά το γεγονός ότι το σύστημα NAVSAT/TRANSIT παρείχε ακρίβεια θέσεως πολύ ικανοποιητική για τα δεδομένα της τότε εποχής (200 περίπου μέτρα), χαρακτηριζόταν από την ενδογενή αδυναμία της μη συνεχούς διαθεσιμότητάς του. Για τον καθορισμό του επόμενου ναυτιλιακού στίγματος μεσολαβούσαν μεγάλα χρονικά διαστήματα, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις υπερέβαιναν το χρονικό διάστημα της μίας ώρας.

γ) Το σοβιετικό δορυφορικό σύστημα ναυτιλίας TSIKADA.

Οι μελέτες για τη δημιουργία του πρώτου σοβιετικού δορυφορικού συστήματος ναυσιπλοΐας άρχισαν περί τα τέλη της δεκαετίας του '50 και το πρόγραμμα αναπτύξεως του συστήματος άρχισε επίσημα το 1962. Ο πρώτος δορυφόρος του συστήματος τέθηκε σε τροχιά το 1967 ενώ το σύστημα τέθηκε σε επιχειρησιακή χρήση το 1979. Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 οι αρχικοί δορυφόροι του συστήματος TSIKADA (τύπου Tsyclon και Zalin) άρχισαν να αντικαθίστανται με νεότερους (τύπου Parus), οι οποίοι υποστήριζαν πολλαπλές στρατιωτικές και πολιτικές χρήσεις όπως:

α) Καθορισμός θέσεως ακρίβειας και επικοινωνίας σοβιετικών υποβρυχίων (στρατιωτικό σύστημα Tsikada).

β) Ναυσιπλοΐα σοβιετικών εμπορικών πλοίων (εμπορικό σύστημα Tsikada).

γ) Υποστήριξη επιχειρήσεων *Έρευνας και Διασώσεως* (Search and Rescue – SAR) με την ενσωμάτωση στους δορυφόρους κατάλληλης διατάξεως για τη λήψη των εκπομπών του βοηθητικού *ραδιοσημαντήρα διασώσεως* (rescue beacon).

4.1.4 Σύνθετοι δέκτες προσδιορισμού στίγματος (δεκαετία 1970–1980).

Τη δεκαετία 1970-1980 εμφανίστηκαν οι πρώτοι σύνθετοι δέκτες προσδιορισμού στίγματος με την ενσωμάτωση δεκτών διαφορετικών συστημάτων προσδιορισμού θέσεως σε μία συσκευή. Οι δέκτες αυτοί διέθεταν τα εξής χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα:

α) Χρησιμοποίηση κοινού μικροεπεξεργαστή και κοινής ψηφιακής οθόνης για πολλά συστήματα προσδιορισμού στίγματος με μείωση του κόστους κατασκευής και του απαιτούμενου για την εγκατάσταση χώρου στη γέφυρα του πλοίου.

β) Δυνατότητα προσδιορισμού του στίγματος ταυτόχρονα από πολλά διαφορετικά συστήματα λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητά τους ή την ποιότητα των παρεχομένων πληροφοριών.

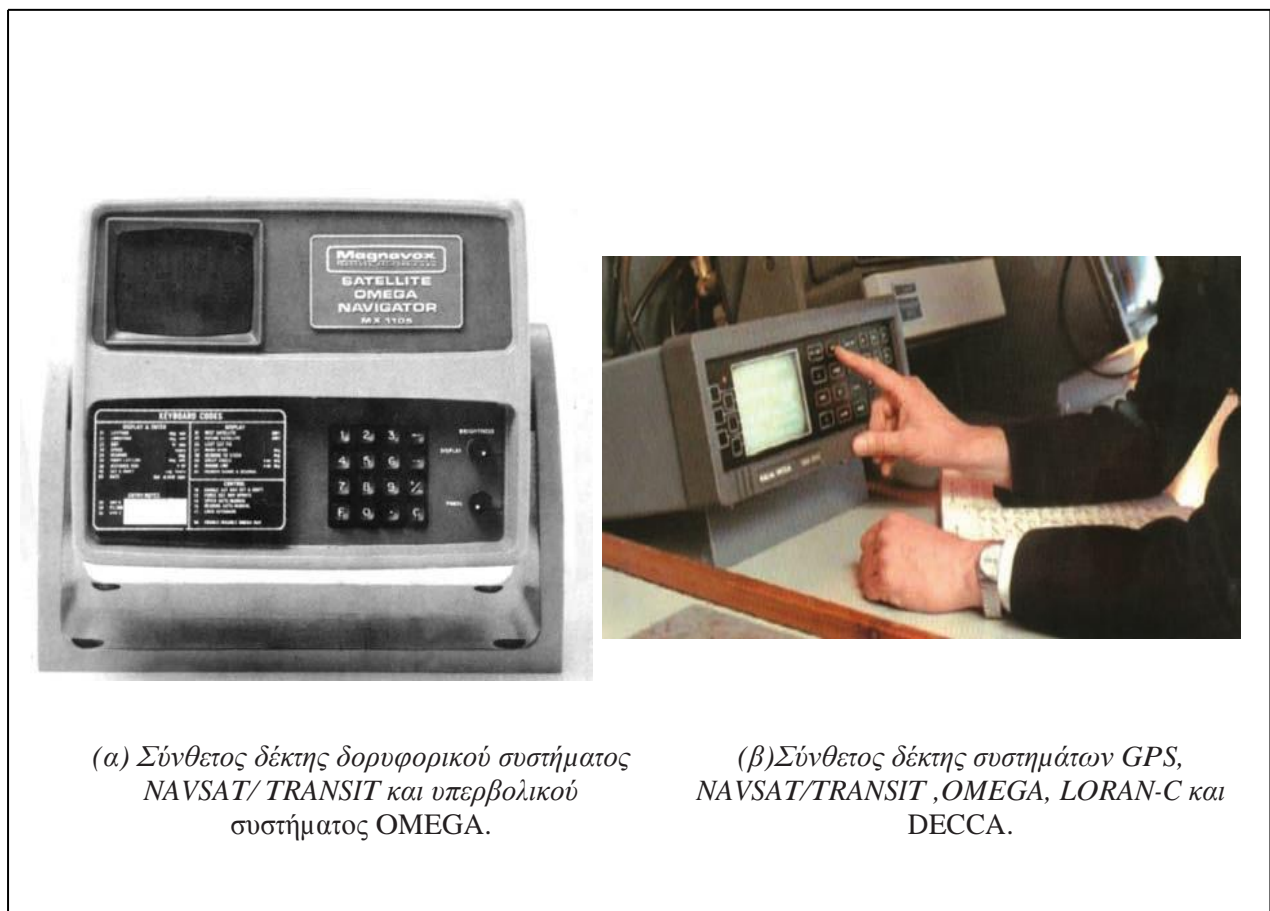
γ) Χρησιμοποίηση ενός συστήματος προσδιορισμού στίγματος για τη βαθμονόμηση και τον έλεγχο των αδυναμιών κάποιου άλλου, όπως η αξιοποίηση του στίγματος μεγαλύτερης

ακρίβειας του δορυφορικού συστήματος NAVSAT, για τη βαθμονόμηση και τον περιορισμό των σφαλμάτων του συστήματος OMEGA (σχ. 4.1δ).

4.1.5 Νέοι τύποι γυροσκοπίων. Φωτογυροσκόπια και γυροσκόπια μαγνητικού συντονισμού πυρήνα.

Τα *φωτογυροσκόπια* (γυροσκόπια δακτυλίου laser και γυροσκόπια οπτικών ινών), καθώς και το *γυροσκόπιο μαγνητικού συντονισμού πυρήνα*, αποτελούν σύγχρονες εκφράσεις της ίδιας λογικής που εφαρμόζεται στο μηχανικό γυροσκόπιο. Σύμφωνα με τη λογική αυτή, ένα στέλεχος-μήμα εντός της συσκευής περιστρέφεται, με μία ιδιότητα να εμφανίζει απόλυτα σταθερά χαρακτηριστικά. Όταν όμως περιστραφεί και το πλαίσιο, εντός του οποίου βρίσκεται η συσκευή, η ιδιότητα αυτή μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την περιστροφή του πλαισίου. Η ανίχνευση της μεταβολής της ιδιότητας οδηγεί στην αποκάλυψη της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του πλαισίου.

Η λειτουργία των φωτογυροσκοπίων σχετίζεται με το φαινόμενο Sagnac. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό από το 1913, αναφέρεται σε δύο πανομοιότυπα κύματα φωτός, τα οποία αφού εξαναγκα-



Σχ. 4.1δ.

Σύνθετοι δέκτες προσδιορισμού στίγματος (δεκαετία 1970–1980).

σθούν να διατρέξουν την περιφέρεια ενός κυκλικού δίσκου, επιστρέφουν στο σημείο (επάνω στο δίσκο) από το οποίο εκπέμφθηκαν. Όταν ο δίσκος δεν περιστρέφεται, τότε τα δύο κύματα διανύουν ακριβώς την ίδια απόσταση στον ίδιο ακριβώς χρόνο. Όταν όμως ο δίσκος περιστρέφεται, τότε τα δύο κύματα φωτός επιστρέφουν στο σημείο από το οποίο εκπέμφθηκαν έχοντας διανύσει διαφορετική απόσταση το πρώτο από το δεύτερο και σε διαφορετικό χρόνο. Στη συνέχεια, και αφού αναλογισθούμε ότι το φως αποτελεί ηλεκτρομαγνητικό κύμα, διαπιστώνουμε ότι υφίσταται αντιστοιχία ανάμεσα στη διαφορά διαδρομής, τη διαφορά χρόνου και τη συνεπακόλουθη διαφορά φάσεως μεταξύ των δύο κυμάτων φωτός.

Στο φωτογυροσκόπιο είναι εφικτό να μετρηθεί η προαναφερόμενη διαφορά φάσεως. Αυτή η διαφορά φάσεως αποτελεί συνάρτηση της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του κυκλικού δίσκου. Μέσω λοιπόν της μετρήσεως της διαφοράς φάσεως, εξάγεται η μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του κυκλικού δίσκου Ω (και κατ' επέκταση του πλοίου που στρέφει). Με δεδομένο τώρα ότι με την προαναφερόμενη διάταξη επιτυγχάνεται η μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής επάνω σε ένα άξονα, απαιτούνται τρεις διατάξεις για τη μέτρηση των γωνιακών ταχυτήτων περιστροφής σε όλες τις διαστάσεις του χώρου. Οι δύο βασικές κατηγορίες των φωτογυροσκοπίων είναι το *γυροσκόπιο δακτυλίου laser* (Ring Laser Gyro-RLG) (σχ. 4.1ε) και το *γυροσκόπιο οπτικών ινών* (Fiber Optics Gyro-FOG) (σχ. 4.1στ). Η δημιουργία των γυροσκοπίων δακτυλίου laser ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '60 και κατά το 1966 βελτιώθηκε σημαντικά με την κατασκευή φωτογυροσκοπίων laser που είχαν δίσκο-κάτοπτρο στην εσωτερική επιφάνεια ενός δακτυλίου τοροειδούς σχήματος (doughnut). Η δημιουργία των γυροσκοπίων οπτικών ινών ξεκίνησε τη δεκαετία του '70 και τελειοποιήθηκε κατά τη δεκαετία του '90. Τα γυροσκόπια δακτυλίου laser χρησιμοποιήθηκαν αρχικά σε συστήματα αδρανειακής ναυτιλίας αεροσκαφών και τα γυροσκόπια οπτικών ινών σε πυξίδες αυτοκινήτων χαμηλού κόστους.



Σχ.4.1ε.
γυροσκόπιο δακτυλίου laser



Σχ.4.1στ.
γυροσκόπιο οπτικών ινών

Στην περίπτωση του *γυροσκοπίου μαγνητικού συντονισμού πυρήνα* (nuclear magnetic resonance) (σχ. 4.1ζ), ο πυρήνας ενός περιστρεφόμενου ατόμου λειτουργεί ακριβώς όπως το μηχανικό γυροσκόπιο. Εμφανίζοντας (λόγω της περιστροφής ηλεκτρικού φορτίου γύρω από άξονα) ιδιότητες μαγνήτη, διατηρείται με τη βοήθεια ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου, προσανατολισμένος επάνω σε άξονα. Με κάθε περιστροφή του πλαισίου που περιβάλλει τη συσκευή, προκαλείται ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ του περιστρεφόμενου πυρήνα και ενός πομπού ραδιοκυμάτων. Ο πυρήνας απορροφά κατ' αρχήν την ενέργεια των ραδιοκυμάτων, την οποία στη συνέχεια αποδίδει, λειτουργώντας ο ίδιος σαν πομπός ραδιοκυμάτων. Από την ανίχνευση της αποδιδόμενης ενέργειας, προκύπτει μετά και από κατάλληλη επεξεργασία σήματος η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου της συσκευής (άρα και του πλοίου).

Οι εξαιρετικές δυνατότητες παρακολούθησως αλλαγής κατευθύνσεως που διαθέτουν οι δύο παραπάνω νέοι τύποι γυροσκοπίων, τα καθιστούν ικανά όχι μόνο για απλή ναυτιλιακή χρήση σε πλοία, αλλά και σε αεροσκάφη ή *μηχανισμούς σταθεροποίησης* (stabilizers) οπλικών συστημάτων πολεμικών πλοίων. Πέραν της πολύ μεγάλης ακρίβειας των δύο νέων τύπων γυροσκοπίου, σημαντικό πλεονέκτημα προκύπτει από τις μικρές διαστάσεις των συσκευών και το μικρό τους βάρος. Κατ' επέκταση, είναι δυνατή η τοποθέτησή τους ακόμα και σε μικρά σκάφη, όπου η εγκατάσταση της κλασικής μηχανικής γυροπυξίδας θα ήταν απαγορευτική.



Σχ.4.1ζ.

Γυροσκόπιο μαγνητικού συντονισμού πυρήνα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5.1 Από τη δεκαετία του '80 μέχρι σήμερα.

5.1.1 Ψηφιακή επεξεργασία σήματος.

Από τη δεκαετία του '80 και έπειτα, οι δυνατότητες τόσο της *υπολογιστικής μηχανής* (hardware) όσο και του *λογισμικού* (software) αυξάνονται κατακόρυφα, υλοποιώντας μαθηματικές φόρμουλες ταχείας επεξεργασίας δεδομένων. Δημιουργείται έτσι ένας νέος κλάδος των ηλεκτρονικών, ο κλάδος της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος. Ιδιαίτερα στη σύγχρονη εποχή, η τεχνολογία αυτή χαρακτηρίζεται από διαρκή ανάπτυξη. Οι εφαρμογές της επεκτείνονται σε κάθε σύστημα μεταφοράς, αποθηκεύσεως και επεξεργασίας πληροφορίας, όπως σε συστήματα επεξεργασίας δεδομένων σε συσκευές καθορισμού στίγματος, σε συστήματα παρακολούθησεως κινητών οχημάτων, πλοίων, ανθρώπων, σε ραδιοεντοπιστικές (radar) και ηχοεντοπιστικές συσκευές (sonar), σε συστήματα επεξεργασίας ήχου και εικόνας, στις τηλεπικοινωνίες και στα ασύρματα ή ενσύρματα δίκτυα μεταφοράς δεδομένων.

Η ανάπτυξη του κλάδου της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος προήλθε από την επαναστατική πρόοδο που σημειώθηκε τόσο στην τεχνολογία των μικροεπεξεργαστών, όσο και στη δυνατότητα κατασκευής λογισμικού υψηλού επιπέδου για τον προγραμματισμό τους. Στην ψηφιακή τεχνολογία, κάθε σήμα προερχόμενο από οποιονδήποτε δέκτη συλλογής πληροφορίας, ηλεκτρομαγνητικής, ακουστικής ή οπτικής (εικόνα), μετατρέπεται σε μία ακολουθία αριθμών, που ουσιαστικά αποτελούν δείγματα του λαμβανόμενου σήματος. Αφού έχουμε να κάνουμε με ακολουθίες αριθμών, είναι εφικτό να χρησιμοποιήσουμε περαιτέρω κατάλληλα διαμορφωμένα μαθηματικά-λογικά μοντέλα, τα οποία εκτελούν την επιθυμητή επεξεργασία στους αριθμούς.

Η μαθηματική λογική λοιπόν, αποδίδεται μέσω μίας εφαρμογής λογισμικού σε εκατομμύρια εντολών που εκτελούνται σχεδόν ταυτόχρονα και σε ελάχιστο χρόνο από συστήματα μικροεπεξεργαστών, με την τελικά επεξεργασμένη πληροφορία να αποθηκεύεται σε συναφούς τεχνολογίας ψηφιακά μέσα αποθηκεύσεως (ψηφιακή μνήμη). Τα μέσα αυτά διαθέτουν τεράστια χωρητικότητα αποθηκεύσεως δεδομένων, η οποία χαρακτηρίζεται και αυτή από διαρκή τάση αυξήσεως.

Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την εφαρμογή τεχνικών επεξεργασίας σήματος είναι τα παρακάτω:

α) Απαλοιφή θορύβου-αύξηση της αντοχής στα παράσιτα-θόρυβο και κατ' επέκταση αύξηση της εμβέλειας που είναι εκμεταλλεύσιμο ένα σήμα.

β) Εντοπισμός και απομόνωση ιδιαίτερων χαρακτηριστικών σήματος, δηλαδή αναγνώριση

επιθυμητού σήματος μέσα από πληθώρα σημάτων.

γ) Συσχέτιση σήματος με τράπεζα δεδομένων και ένταξή του σε κατηγορία.

δ) Εκτέλεση με ψηφιακά φίλτρα, μεγάλης ακρίβειας αυτόματης παρακολούθησες πλοίων, ταξινόμηση και εύρεση προτεραιότητας ως προς τον ελιγμό αποφυγής συγκρούσεως. Επιπλέον, βελτίωση της ακρίβειας του ίχνους και της τροχιάς των παραπλεόντων πλοίων.

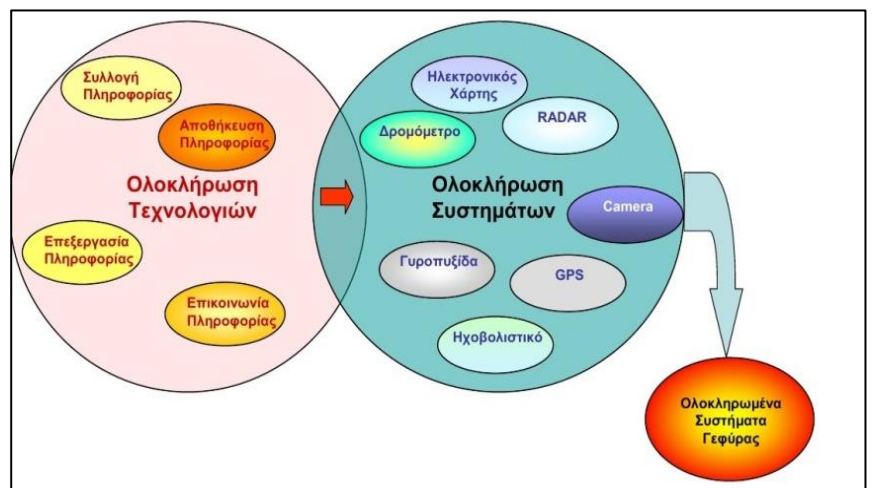
ε) Βέλτιστη διαχείριση και επεξεργασία της πληροφορίας

στ)Μείωση του κόστους του εξοπλισμού.

5.1.2 Από την ολοκλήρωση τεχνολογιών στην ολοκλήρωση συστημάτων.

Όπως προαναφέραμε κλειδί της επιτυχίας της ψηφιακής τεχνολογίας, αποτέλεσε το γεγονός ότι διαφορετικές διαδικασίες (συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, επικοινωνία πληροφορίας) ανάγονται στην κοινή επεξεργασία ακολουθιών αριθμών, μέσω απόλυτα συμβατών μεθόδων. Όταν όμως στην επιστήμη διαφορετικές διαδικασίες, διεργασίες ή εφαρμογές βρίσκουν κοινό τρόπο υλοποίησεως, τότε σημειώνεται αλματώδης πρόοδος. Και αυτό διότι διαφορετικές εφαρμογές αφενός δανείζονται ιδέες η μία από την άλλη, αφετέρου είναι δυνατόν να συνδυαστούν σε μία νέα, πληρέστερη και αποτελεσματικότερη εφαρμογή.

Κατά συνέπεια, η πρακτική του **συνδυασμού τεχνολογιών** που βασίζονται στην ψηφιακή λογική, επεκτάθηκε περαιτέρω στο **συνδυασμό συστημάτων**. Η λογική αυτή παραπέμπει στη δυνατότητα του βέλτιστου δυνατού συνδυασμού πληροφοριών, που προέρχονται από διαφορετικές πηγές-συσσκευές, κατά τρόπο ώστε η σύνθετη πληροφορία που προκύπτει να είναι ποιοτικά πολύ ανώτερη από την πληροφορία κάθε συσκευής χωριστά. Κατανοούμε έτσι κατ' αντιστοιχία, το πώς στη γέφυρα ενός σύγχρονου πλοίου, μέσω του αποδοτικού συνδυασμού πληροφοριών διαφορετικών πηγών-συσσκευών, επιτυγχάνεται από το χειριστή η πλήρης κατανόηση της ναυτιλιακής εικόνας-καταστάσεως, με αποτέλεσμα την κατακόρυφη αύξηση της πιθανότητας λήψεως ορθής αποφάσεως για τους επικείμενους χειρισμούς. Στο σχήμα 5.1α παρουσιάζεται η μετάβαση από την πρακτική της ολοκλήρωσεως τεχνολογιών, σ' εκείνη της ολοκλήρωσεως συστημάτων.



Σχ.5.1α.

Από την ολοκλήρωση τεχνολογιών στην ολοκλήρωση συστημάτων

5.1.3 Δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας δευτέρης γενιάς (GPS–GLONASS).

Από το τέλος της δεκαετίας του '70 και κυρίως κατά τη δεκαετία του '80, άρχισε η υλοποίηση σχετικών προγραμμάτων των ΗΠΑ, αλλά και της Σοβιετικής Ενώσεως για τη δημιουργία δορυφορικών συστημάτων ναυσιπλοΐας δευτέρης γενιάς (συστήματα GPS και GLONASS αντιστοίχως). Τα συστήματα αυτά καλύπτουν εκτός από τον ακριβή προσδιορισμό θέσεως (στίγματος) και ένα ευρύ φάσμα επιπλέον (στρατιωτικών και πολιτικών) εφαρμογών πλοηγείσεως και καθορισμού χρόνου αναφοράς και για το λόγο αυτό είναι γνωστά ως **συστήματα προσδιορισμού θέσεως, πλοηγείσεως και χρόνου** (Position, Navigation and Time Systems–PNT).

α) Το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσεως (GPS).

Το GPS (σχ. 5.1β) σχεδιάστηκε για στρατιωτικές και κατασκοπευτικές εφαρμογές κατά την περίοδο της κορύφωσης του Ψυχρού Πολέμου, τη δεκαετία του 1960, αν και η ιδέα προέκυψε με την εκτόξευση του Σοβιετικού διαστημόπλοιου Sputnik το 1957. Το Transit ήταν το πρώτο σύστημα δορυφόρων που τέθηκε σε τροχιά από τις ΗΠΑ και δοκιμάστηκε από το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ το 1960. Μόλις πέντε δορυφόροι σε τροχιά γύρω από την Γη παρείχαν στα πλοία τη δυνατότητα να προσδιορίζουν τη θέση τους στη θάλασσα μία φορά κάθε ώρα. Το 1967, το Transit διαδέχθηκε τον δορυφόρο Timation που απέδειξε ότι στο διάστημα μπορούσε λειτουργήσει εξαιρετικά ακριβή ατομικά ρολόγια. Το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ το 1973 δημιούργησε ένα νέο ευρύτερο σύστημα πλοήγησης και εντοπισμού θέσης το NAVSTAR GPS. Κατόπιν αυτού, το σύστημα GPS αναπτύχθηκε γρήγορα για στρατιωτικούς σκοπούς με συνολικά 11 δορυφόρους "Block I" που τέθηκαν σε τροχιά μεταξύ του 1978 και του 1985.



Σχ.5.1β.
Μονάδα GPS

Το 1986, η καταστροφή του διαστημικού λεωφορείου SS Challenger της NASA επιβράδυνε την αναβάθμιση του συστήματος GPS και μόλις το 1989 τέθηκαν σε τροχιά οι πρώτοι δορυφόροι Block II. Έως το καλοκαίρι του 1993, οι ΗΠΑ έθεσαν σε τροχιά τον 24ο δορυφόρο Navstar, ο οποίος ολοκλήρωσε την σύγχρονη ομάδα δορυφόρων GPS, ένα δίκτυο 24 δορυφόρων, γνωστό σήμερα ως το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης ή GPS, 21 από τους δορυφόρους αυτής της ομάδας ήταν ενεργοί ανά πάσα στιγμή, ενώ οι άλλοι 3 λειτουργούσαν ως εφεδρεία.

Οι βασικές λειτουργικές προδιαγραφές και επιχειρησιακές δυνατότητες που ελήφθησαν υπόψη για το σχεδιασμό του συστήματος GPS (Global Positioning System) είναι οι εξής:

α) Ο προσδιορισμός της θέσεως θα έπρεπε να παρέχεται:

– Σε οποιοδήποτε σημείο επάνω ή κοντά στην επιφάνεια της Γης, για την κάλυψη όλων των επιχειρησιακών απαιτήσεων του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ, καθώς και για πολιτικές χρήσεις.

– Συνεχώς, χωρίς μεγάλες χρονικές διακοπές (οι διαδοχικές θέσεις του δέκτη προσδιορίζονται σε χρονικά διαστήματα λίγων δευτερολέπτων).

– Αυτόνομα (χωρίς απαίτηση καταχωρίσεως στοιχείων από το χρήστη).

– Για απεριόριστο αριθμό δεκτών.

– Παθητικά (χωρίς εκπομπή ραδιοσημάτων από το χρήστη).

– Ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.

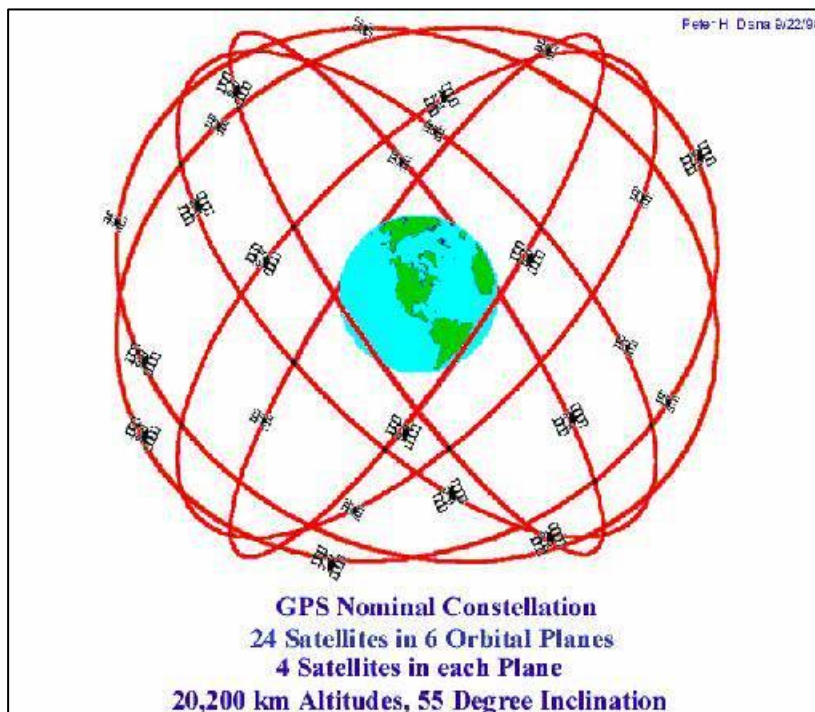
– Με τη χρήση δεκτών πολύ μικρών διατάσεων και βάρους.

– Σε δύο διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας για στρατιωτικές και πολιτικές χρήσεις αντιστοίχως.

β) Σύμφωνα με τα σχέδια αναπτύξεως, το νέο δορυφορικό σύστημα εκτός από τον καθορισμό θέσεως, θα έπρεπε να παρέιχε και τα κάτωθι στοιχεία:

– Ταχύτητα και πορεία σκάφους για κάλυψη των αναγκών πλοηγείσεως.

– Παγκόσμιο Χρόνο (Universal Time Coordinated–UTC), για κάλυψη αναγκών συγχρονισμού-συντονισμού τηλεπικοινωνιακών και λοιπών συστημάτων.



Σχ.5.1β.
Μονάδα GPS

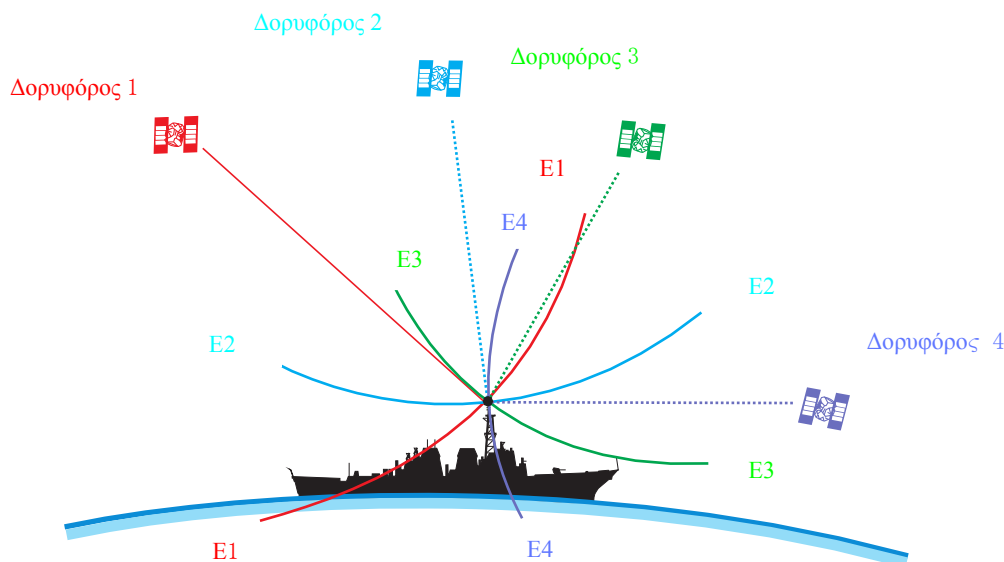
Οι βασικές αρχές λειτουργίας του συστήματος GPS είναι οι εξής:

α) Χρησιμοποιεί 24 δορυφόρους (σχ. 5.1γ).

β) Οι δορυφόροι του συστήματος GPS περιστρέφονται σε ύψος 20.200 km περίπου σε έξι τροχιακά επίπεδα.

γ) Οι τροχιές των δορυφόρων του έχουν σχεδιασθεί κατά τέτοιον τρόπο, ώστε σε οποιοδήποτε σημείο της γήινης επιφάνειας και σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή να λαμβάνονται σήματα τουλάχιστον από 4–10 δορυφόρους.

Στο σύστημα GPS ο προσδιορισμός της θέσεως του δέκτη στηρίζεται στη μέτρηση των αποστάσεων δορυφόρων-δέκτη και προσδιορίζεται στην τομή τεσσάρων σφαιρικών επιφανειών που έχουν κέντρα τις θέσεις των δορυφόρων και ακτίνες τις μετρούμενες ανά πάσα στιγμή αποστάσεις τους από το δέκτη. Στο σχήμα 5.1δ το στίγμα του πλοίου προκύπτει στην τομή των σφαιρικών επιφανειών θέσεως E1, E2, E3 και E4, οι οποίες έχουν τα κέντρα τους στα σημεία που βρίσκονται οι δορυφόροι 1, 2, 3 και 4 και ακτίνες τις μετρούμενες απ' αυτούς αποστάσεις.



Σχ. 5.1δ.

Προσδιορισμός ναυτιλιακού στίγματος στο σύστημα GPS.

β) Το δορυφορικό σύστημα GLONASS.

Παράλληλα με την ανάπτυξη του συστήματος GPS η Σοβιετική Ένωση είχε σχεδιάσει ένα δορυφορικό σύστημα αντιστοίχων χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων, γνωστό με το όνομα **GLONASS** (Global Navigation Satellite System). Η ανάπτυξη του συστήματος αυτού άρχισε το 1982, με εκτόξευση σε τροχιά του πρώτου δορυφόρου. Το σύστημα GLONASS τέθηκε σε περιορισμένη επιχειρησιακή χρήση με λιγότερους από τους προβλεπόμενους 24 δορυφόρους το έτος 1995 και σήμερα εξακολουθεί να λειτουργεί και να υποστηρίζεται από τη Ρωσική Ομοσπονδία.

5.1.4 Ναυτιλιακό ραντάρ με δυνατότητα αυτόματης υποτυπώσεως στόχων (RADAR/ARPA).

Μία σημαντικότερη εξέλιξη των ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων αποτελεί η εξέλιξη των δυνατοτήτων του ναυτιλιακού ραντάρ με την ενσωμάτωση λειτουργιών *Αυτόματης Υποτυπώσεως Στόχων* (Automatic Radar Plotting Aid-ARPA), με κύριο σκοπό την αποτελεσματικότερη αποφυγή των συγκρούσεων. Η συσκευή ραντάρ με δυνατότητες ARPA (σχ. 5.1ε), εκτελεί υπολογισμούς επιλύσεως προβλημάτων σχετικής κινήσεως για τους στόχους που εμφανίζονται στην οθόνη του. Με τη χρήση των δυνατοτήτων ARPA ο ναυτιλλόμενος μπορεί να αντιμετωπίζει ευκολότερα επικίνδυνες καταστάσεις σε περιβάλλον μεγάλης ναυτιλιακής κινήσεως, αφού απαλλάσσεται από επαναλαμβανόμενες και χειροκίνητες διαδικασίες και υπολογισμούς και εστιάζεται στη διαδικασία εκτιμήσεως καταστάσεως και λήψεως κρίσιμων για την ασφάλεια του πλου αποφάσεων. Τέτοια παρατήρηση εξασφαλίζει το σύστημα αυτόματης υποτυπώσεως γνωστό ως Automatic Radar Plotting Aids, ARPA, το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Σχ. 5.1ε.

Συσκευή ραντάρ με δυνατότητες ARPA.

Με τη χρήση των δυνατοτήτων ARPA ο ναυτιλλόμενος μπορεί να αντιμετωπίζει ευκολότερα επικίνδυνες καταστάσεις σε περιβάλλον μεγάλης ναυτιλιακής κινήσεως, αφού απαλλάσσεται από επαναλαμβανόμενες και χειροκίνητες διαδικασίες και υπολογισμούς και εστιάζεται στη διαδικασία εκτιμήσεως καταστάσεως και λήψεως κρίσιμων για την ασφάλεια του πλου αποφάσεων. Τέτοια παρατήρηση εξασφαλίζει το σύστημα αυτόματης υποτυπώσεως γνωστό ως Automatic Radar Plotting Aids, ARPA, το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Όπως είναι γνωστό η κλασική μέθοδος υποτυπώσεως έστω και με την χρήση μηχανικών μέσων πχ reflection plotter παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα:

- φόρτο εργασίας στον αξιωματικό φυλακής που ενδέχεται να τον περισπά από την συνεχή επιτήρηση του περιβάλλοντος.
- σε περίπτωση πολλών στόχων υπό περιορισμένη ορατότητα το πρόβλημα γίνεται πιεστικότερο.
- τα στοιχεία που δίνει η υποτύπωση σύντομα γίνεται παρελθόν.

Με την χρησιμοποίηση του ARPA επιτυγχάνονται:

- Μείωση στο ελάχιστο του φόρτου εργασίας που απαιτείται προκειμένου να ληφθούν πληροφορίες για μεγάλο αριθμό στόχων που εμφανίζονται στην οθόνη του ραντάρ.
- Δυνατότητα ακριβούς και συνεχούς εκτιμήσεως της καταστάσεως.

Το σύστημα ARPA είναι εξειδικευμένος ενδείκτης ραντάρ ο οποίος είναι εφοδιασμένος με διάταξη μικροϋπολογιστών η οποία λαμβάνει πληροφορίες για την

- απόσταση και διόπτειση στόχων από την συσκευή ραντάρ.
- πορεία και ταχύτητα του πλοίου μας.

Μ' αυτές επιλύει τα προβλήματα υποτυπώσεως και παρέχει τις πληροφορίες:

- Την ΕΠ (CPA) στην οποία θα περάσει ο στόχος και του ΤΕΠ (TCPA)
- Την πορεία και την ταχύτητα του στόχου

5.1.5 Προοπτικές της υπερβολικής ναυτιλίας.

Μετά το έτος 2000 βρίσκονται σε εξέλιξη πολύ ενδιαφέροντα ερευνητικά προγράμματα δημιουργίας ενός νέου αναβαθμισμένου συστήματος υπερβολικής ναυτιλίας, το οποίο θα αποτελεί εξέλιξη του συστήματος Loran. Το σύστημα αυτό, γνωστό ως **Loran-E** (Enhanced LORAN), θα είναι δυνατόν να λειτουργεί τόσο ως αυτόνομο, όσο και ως συμπληρωματικό και εφεδρικό των δορυφορικών συστημάτων. Με τον τρόπο αυτό θα αξιοποιούνται τα βασικά πλεονεκτήματα των δορυφορικών συστημάτων (μεγάλη ακρίβεια θέσεως σε παγκόσμια κάλυψη) μ' ένα επίγειο σύστημα, το οποίο θα εξασφαλίζει τη λήψη των ισχυρών επιγείων σημάτων LF¹ για τον προσδιορισμό της θέσεως, όταν για οποιονδήποτε λόγο δεν είναι δυνατή η λήψη των ασθενών δορυφορικών σημάτων UHF², τα οποία διανύουν τεράστιες αποστάσεις από τους δορυφόρους μέχρι τους δέκτες.

5.1.6 Συστήματα απεικονίσεως ηλεκτρονικού χάρτη και πληροφοριών (ECDIS).

Ένας ιστορικός σταθμός στην εξέλιξη των μεθόδων ναυσιπλοΐας αποτελεί η κατά το έτος 1995 θεσμοθέτηση από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organization–IMO) τεχνικών και λειτουργικών προδιαγραφών των **Συστημάτων Απεικονίσεως Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών** (Electronic Chart Display and Information Systems – ECDIS). Τα συστήματα ECDIS (σχ. 5.1στ) απεικονίζουν σε μία μόνο οθόνη όλες τις απαραίτητες για την ασφαλή εκτέλεση του πλου πληροφορίες (χαρτογραφικές και ναυτιλιακές πληροφορίες που περιέχονται στους ναυτικούς χάρτες και τις ναυτιλιακές εκδόσεις, σχεδιασθείσα πορεία, πραγματική πορεία, ακριβές στίγμα σε πραγματικό χρόνο κ.λπ.) και παρέχουν τη δυνατότητα εκτελέσεως όλων των διαδικασιών και εργασιών που απαιτούνται για την προετοιμασία, σχεδίαση, εκτέλεση και υποτύπωση του πλου, καταργώντας, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, την ανάγκη χρήσεως εντύπων ναυτικών χαρτών και εκδόσεων. Πέραν των βασικών αυτών δυνατοτήτων τα συστήματα ECDIS διασυνδέονται με άλλα συστήματα, όπως το ραντάρ με σύστημα αυτόματης υποτυπώσεως στόχων ARPA και το σύστημα AIS και με τον τρόπο αυτό παρέχουν ακόμα περισσότερες δυνατότητες.



Σχ. 5.1στ.

Σύστημα Απεικονίσεως Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών-ECDIS.

¹ Low Frequency: Χαμηλές συχνότητες.

² Ultra High Frequency: Υπερυψηλές συχνότητες

5.1.7 Άλλα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσεως, πλοηγήσεως και χρόνου.

Εκτός από τα βασικά δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας δεύτερης γενιάς (GPS και GLONASS), τα οποία έχουν παγκόσμια κάλυψη, έχουν δημιουργηθεί ή βρίσκονται στο στάδιο της υλοποίησης και διάφορα άλλα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσεως, πλοηγήσεως και χρόνου με παγκόσμια ή περιφερειακή (τοπική) γεωγραφική κάλυψη. Τα κυριότερα συστήματα της κατηγορίας αυτής είναι τα εξής:

α) **Το σύστημα EGNOS** (European Geostationary Navigation Overlay Service), της Ευρωπαϊκής Ενώσεως, το οποίο χρησιμοποιεί την υφιστάμενη υποδομή των δορυφόρων των συστημάτων GPS και GLONASS, καθώς και ένα δίκτυο επιγείων σταθμών και ορισμένους γεωστατικούς δορυφόρους.

β) **Το σύστημα WAAAS** (Wide Area Augmentation System) στην περιοχή ΗΠΑ-Καναδά. Το σύστημα αυτό συμπληρώνει το GPS μ' ένα δίκτυο επιγείων σταθμών και τρεις γεωστατικούς δορυφόρους επάνω από την περιοχή ΗΠΑ-Καναδά.

γ) **Το σύστημα MSAS** (Ministry of Transport Satellite Augmentation System) για την περιοχή της Ιαπωνίας, το οποίο χρησιμοποιεί δύο δορυφόρους γενικής χρήσεως του Υπουργείου Μεταφορών της Ιαπωνίας.

δ) **Το σύστημα GAGAN** για την περιοχή της Ινδίας. Το σχεδιασμένο κατά το έτος 2004 σύστημα εκπέμπει συμπληρωματικά δορυφορικά σήματα από γεωστατικούς δορυφόρους επάνω από την περιοχή της Ινδίας για επίτευξη καλύτερης ακρίβειας και αξιοπιστίας του συστήματος GPS για τις ανάγκες της πολιτικής αεροπλοΐας.

ε) **Το σύστημα BEIDOU-1** της Κίνας, το οποίο λειτουργεί με τρεις γεωστατικούς δορυφόρους, οι οποίοι τέθηκαν σε τροχιά το 2000 (δύο δορυφόροι) και το 2003 (ένας δορυφόρος). Το σύστημα BEIDOU-1 είναι ένα αυτόνομο περιφερειακό δορυφορικό σύστημα ναυσιπλοΐας που καλύπτει μόνο τη γεωγραφική περιοχή της Κίνας.

στ) **Το σύστημα Galileo** είναι το αναπτυσσόμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία ESA (European Space Agency) νέο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα ναυσιπλοΐας. Το σύστημα αυτό όταν ολοκληρωθεί (το έτος 2013), θα αντικαταστήσει το σύστημα EGNOS. Έχει σχεδιασθεί ως ένα πολιτικό αυτόνομο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα ναυσιπλοΐας, το οποίο θα παρέχει υπηρεσίες προσδιορισμού θέσεως υψηλής ακρίβειας της τάξεως του ενός μέτρου σ' όλους τους πολιτικούς χρήστες χωρίς περιορισμούς. Επιπλέον, θα παρέχει και άλλες υπηρεσίες, όπως υποστήριξη επιχειρήσεων έρευνας και διασώσεως.

ζ) **Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Ναυσιπλοΐας GNSS** (Global Navigational Satellite System). Τα δορυφορικά συστήματα GLONASS-M, Galileo και GPS-III, έχουν σχεδιασθεί ως

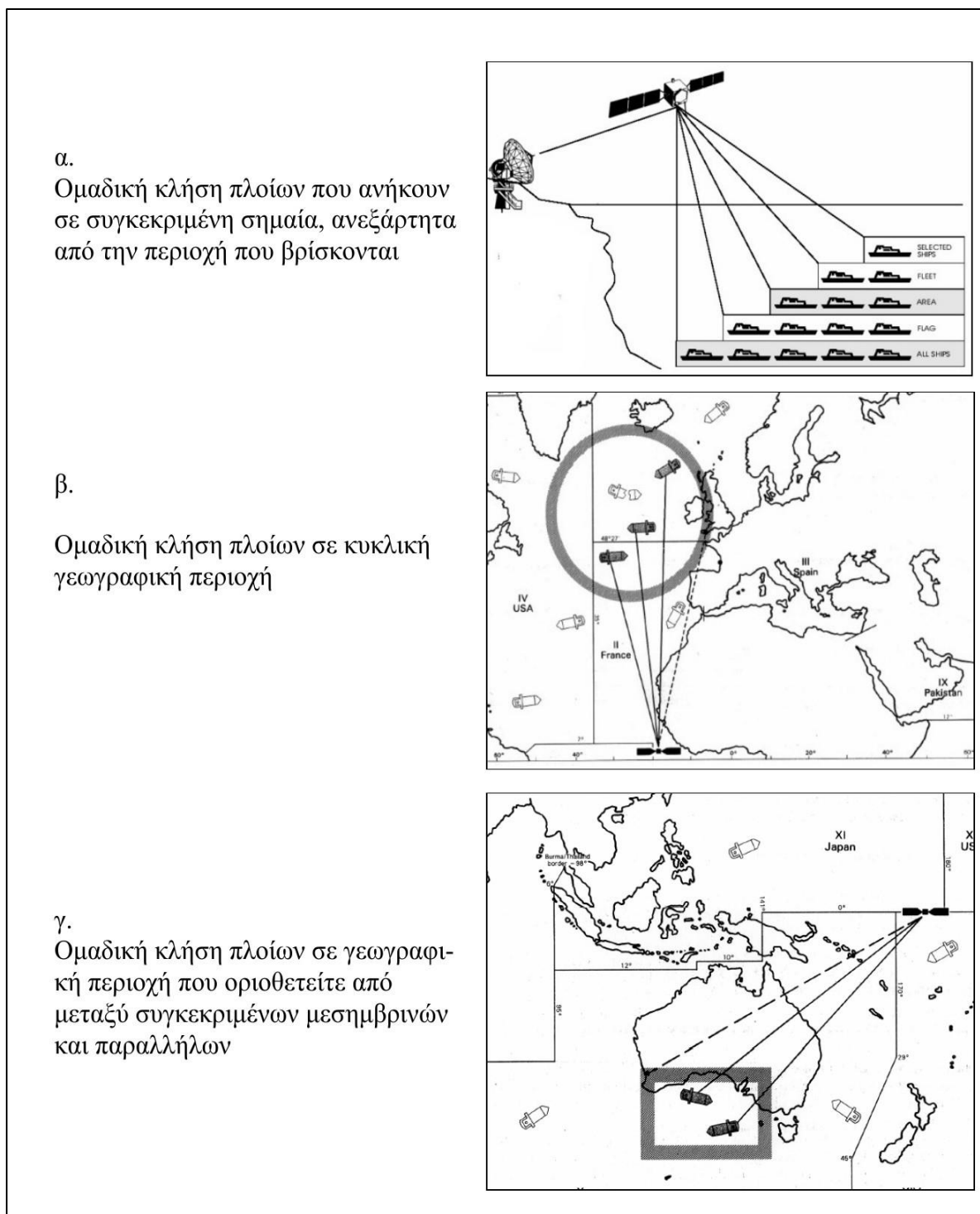
αυτόνομα συστήματα, καθ' ένα από τα οποία διαθέτει το δικό του ανεξάρτητο δορυφορικό σχηματισμό και το δικό του σύστημα επιγείων σταθμών παρακολουθήσεως και ελέγχου. Εν τούτοις, παράλληλα με την αυτονομία τους τα συστήματα αυτά έχουν διαλειτουργικές δυνατότητες, οι οποίες επιτρέπουν στους χρήστες, εφόσον διαθέτουν τους κατάλληλους δέκτες να λαμβάνουν και να επεξεργάζονται δορυφορικά σήματα από οποιονδήποτε συνδυασμό δορυφόρων (Galileo, GPS, GLONASS). Με τον τρόπο αυτό οι χρήστες θα έχουν στη διάθεσή τους αντί των τριών ανεξαρτήτων συστημάτων, ένα εικονικό ενιαίο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα ναυσιπλοΐας, το οποίο θα χρησιμοποιεί 80 περίπου δορυφόρους, έναντι των 24-30 που θα διαθέτει καθ' ένα από τα τρία αυτόνομα συστήματα (Galileo, GPS-III, GLONASS-M). Το εικονικό αυτό παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα ναυσιπλοΐας, ονομάζεται GNSS.

η) *Εκσυγχρονισμός των συστημάτων GPS και GLONASS.* Οι ΗΠΑ έχουν ανακοινώσει πρόγραμμα εκσυγχρονισμού του συστήματος GPS, προκειμένου να του προσδώσουν δυνατότητες ανάλογες με τις δυνατότητες του νέου ευρωπαϊκού συστήματος Galileo. Το νέο σύστημα GPS θα αποτελείται από δορυφόρους νεότερης τεχνολογίας (GPS-III), προκειμένου να αναβαθμισθούν οι παρεχόμενες για πολιτικές και στρατιωτικές χρήσεις υπηρεσίες. Ανάλογο πρόγραμμα εκσυγχρονισμού έχει ανακοινωθεί, και από τη Ρωσική Ομοσπονδία για το σύστημα GLONASS. Το νέο σύστημα θα αποτελείται από δορυφόρους νεότερης τεχνολογίας (GLONASS-M), προκειμένου να παρέχει αναβαθμισμένες υπηρεσίες για πολιτικές και στρατιωτικές χρήσεις ανάλογες των συστημάτων Galileo και GPS-III.

5.1.8 Το παγκόσμιο ναυτιλιακό σύστημα κινδύνου και ασφάλειας GMDSS.

Το 1979 θα θεσπιστεί η Διεθνής Σύμβαση Έρευνας και Διάσωσης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού, που αντικειμενικό στόχο είχε να καθιερωθεί ένα παγκόσμιο ναυτιλιακό σχέδιο για την έρευνα και διάσωση με ένα πλαίσιο πολυμερών ή διμερών συμφωνιών των γειτονικών κρατών. Το 1988, η Διάσκεψη Ραδιοεπικοινωνιών, υιοθέτησε με το Κεφάλαιο Δ' της Διεθνούς Σύμβασης για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) ένα χρονοδιάγραμμα εφαρμογής του Παγκόσμιου Ναυτιλιακού Συστήματος Κινδύνου και Ασφάλειας με αρχή την 1/2/1992 και πέρας την 1/2/1999. Η εισαγωγή του GMDSS, το 1992, αποτέλεσε τη μεγαλύτερη και πιο σημαντική αλλαγή που έγινε ποτέ, από την ανακάλυψη του ασυρμάτου το 1899, στον τομέα της ασφάλειας των πλοίων. Η σύγχρονη τεχνολογία που ενσωματώνεται στο GMDSS περιλαμβάνει τις τεχνικές δορυφόρου και ψηφιακής κλήσης, έτσι ώστε ένας συναγερμός κινδύνου να εκπέμπεται και να λαμβάνεται αυτόματα σε μεγάλη απόσταση, χωρίς να επηρεάζεται από μετεωρολογικές ή άλλου είδους παρεμβολές. Παρέχει, επίσης, επικοινωνίες επείγοντος και ασφαλείας, διασπορά πληροφοριών ναυτικής ασφάλειας, περιλαμβανομένων των ναυτιλιακών και μετεωρολογικών προειδοποιήσεων. Στα πλοία που

σταδιακά εφαρμοζόταν το GMDSS η μορσική τηλεγραφία δεν απαιτούνταν πλέον.. Ως αποτέλεσμα αυτό κατέστησε περιττή την ειδικότητα του παραδοσιακού ασυρματιστή.



Σχ. 5.1ζ.
Τεχνική ομαδικής κλήσεως (EGC).

Το παγκόσμιο ναυτιλιακό σύστημα κινδύνου και ασφάλειας (Global Maritime Distress And Safety System–GMDSS) συνίσταται στη διασύνδεση διαφόρων συστημάτων, με το συνδυασμό των οποίων επιτυγχάνεται:

α) Άμεση ενεργοποίηση των υπηρεσιών έρευνας και διασώσεως με πραγματοποίηση μιας κλήσεως κινδύνου μόνο με το πάτημα ενός κουμπιού και μετάδοσή της με όλα τα διαθέσιμα στην περιοχή επίγεια και δορυφορικά συστήματα επικοινωνιών, ώστε να ληφθεί άμεσα, τόσο από το πλησιέστερο παράκτιο κέντρο συντονισμού επιχειρήσεων έρευνας και διασώσεως, όσο και από τα παραπλέοντα πλοία.

β) Παροχή στα πλοία υψηλών δυνατοτήτων επικοινωνιών, χωρίς την απαίτηση εκτελέσεως ιδιαίτερης φυλακής επικοινωνιών (κατάργηση της ειδικότητας του ραδιοτηλεγραφετή).

Οι σημαντικότερες από τις νέες δυνατότητες επικοινωνιών του συστήματος GMDSS, είναι:

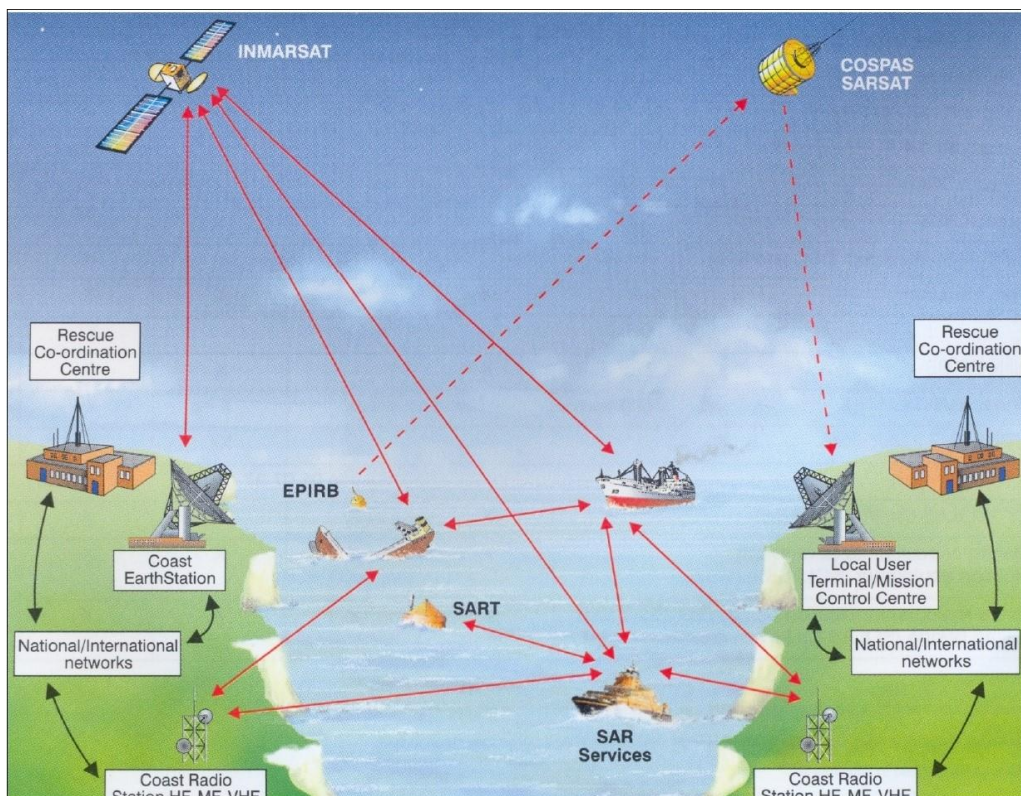
α) Αυτόματη και άμεση λήψη πληροφοριών ασφάλειας ναυσιπλοΐας.

β) Ραδιοτηλεφωνία με δυνατότητα άμεσης αμφίδρομης φωνητικής επικοινωνίας «πλοίου-σταθμού ξηράς», «πλοίου-πλοίου» και «πλοίου-αεροσκάφους».

γ) Τηλεγραφία Στενής Ζώνης Άμεσης Εκτυπώσεως [Narrow Band Direct printing Telegraphy–NBDB (Ραδιοτηλετυπία)].

δ) Ψηφιακή Επιλογική Κλήση-DSC (Digital Selective Calling).

ε) Ομαδική Κλήση-EGC (Enhanced Group Calling) (σχ.5.1ζ).



Σχ.5.1η.

Ενεργοποίηση διαδικασιών έρευνας και διάσωσης του συστήματος GMDSS.

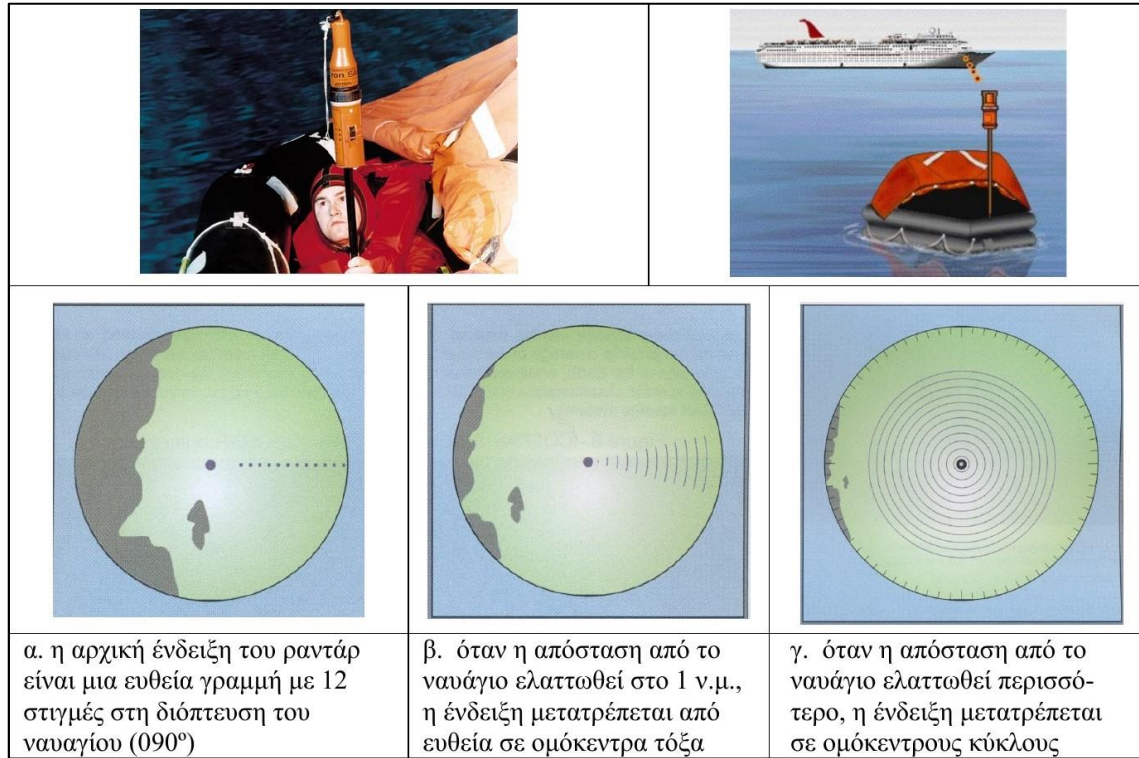
Η ενεργοποίηση των διαδικασιών έρευνας και διάσωσης του συστήματος GMDSS περιλαμβάνει την αυτόματη ενημέρωση παραπλεόντων πλοίων, παράκτιων σταθμών και κέντρων συντονισμού έρευνας και διάσωσης (Rescue Coordinating Centers RCC) (σχ.5.1η).

Η ενεργοποίηση των υπηρεσιών έρευνας και διάσωσης πραγματοποιείται με αρκετά επίγεια και δορυφορικά μέσα, όπως:

- Εκπομπή σήματος κινδύνου από τους ειδικούς πομποδέκτες GMDSS.
- Ενεργοποίηση των δορυφορικών φορητών *Ραδιοσημαντήρων Θέσεως Κινδύνου (Emergency Position Radar Beacon-EPIRB)*. Οι ραδιοσημαντήρες EPIRB (σχ.5.1θ) τοποθετούνται σε σωσίβιες λέμβους με δυνατότητα ελεύθερης πλεύσης αυτόματης ενεργοποίησης για την εκπομπή συναγερμού κινδύνου. Όταν ενεργοποιηθούν, παρέχουν πληροφορίες ταυτότητας κινδυνεύοντος, πλοίου, στίγματος, φύσης κινδύνου και ώρας ενεργοποίησής του. Μπορούν επίσης να ενεργοποιηθούν με το χέρι.
- Ενεργοποίηση των *Αναμεταδοτών Ραντάρ Έρευνας και Διάσωσης (Search and Rescue Radar Transponder-SART)*. Είναι συσκευή που λειτουργεί στη ζώνη των 9 GHz (XBAND) και χρησιμοποιείται σαν συμπληρωματικό σύστημα κινδύνου. Το SART βοηθά κάθε πλοίο, αεροπλάνο και ελικόπτερο της περιοχής να εντοπίζει εύκολα τους επιζώντες με τη χρήση του συστήματος ραντάρ τους. Μεταφέρεται στη σωσίβια λέμβο όταν εγκαταλείπετε το πλοίο σε κατάσταση κινδύνου. Πρέπει να τοποθετηθεί σε ύψος τουλάχιστον ενός μέτρου πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και να ενεργοποιηθεί στη λειτουργία Αναμονής (Standby). Έτσι ο SART θα μπορέσει να απαντήσει σε εκπομπές πλοίων, ελικοπτέρων και αεροπλάνων που συμμετέχουν στην επιχείρηση SAR. (σχ.5.1ι).



Σχ.5.1θ.
*Ραδιοσημαντήρες Θέσεως Κινδύνου
(Emergency Position Radar Beacon-EPIRB).*



Σχ.5.1ι.

Αναμεταδότης έρευνας και διάσωσης SART και ενδείξεις οθόνης ραντάρ

5.1.9 Το σύστημα AIS.

Το σύστημα AIS είναι ένα αμφίδρομο σύστημα αυτόματης ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πλοίων και παρακτίων σταθμών, το οποίο σχεδιάστηκε για την υποστήριξη της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα και της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Ο σκοπός της ανάπτυξης του συστήματος AIS είναι η βελτίωση του επιπέδου ασφαλείας κατά τον πλου, η δυνατότητα εκτελέσεως ασφαλέστερης και αποτελεσματικότερης ναυτιλίας, η αναγνώριση των στόχων, η υποβοήθηση της παρακολούθησης των στόχων, η απλούστευση της επικοινωνίας / ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πλοίων και η παροχή επιπρόσθετης πληροφορίας για ορθή εκτίμηση του ναυτιλιακού περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τις σχετικές αποφάσεις του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), το σύστημα AIS πρέπει:

α) Να αποστέλλει αυτόματα πληροφορίες, οι οποίες θα περιέχουν τα εξής στοιχεία: «ταυτότητα πλοίου», «θέση», πορεία», «ταχύτητα», καθώς και άλλες πληροφορίες σχετικά με το δρομολόγιο και την ασφάλεια προς άλλα παραπλέοντα πλοία, παράκτιους σταθμούς και αεροσκάφη.

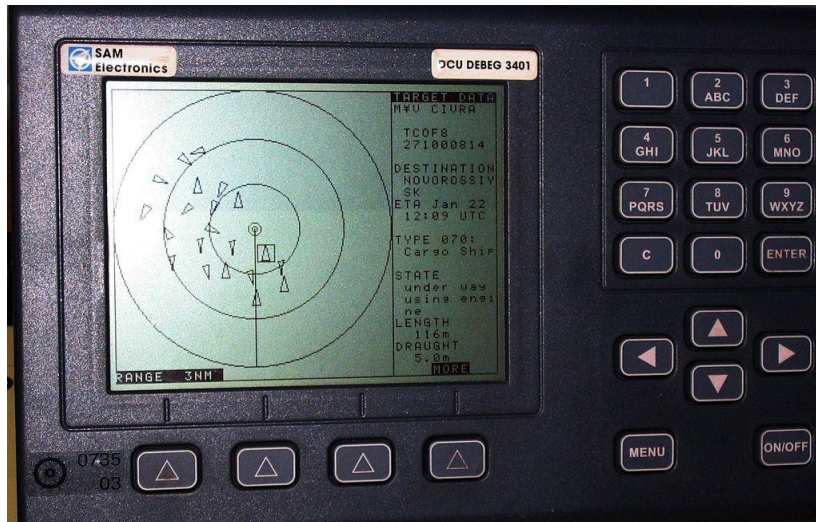
β) Να λαμβάνει αυτόματα τις ανωτέρω πληροφορίες, οι οποίες εκπέμπονται από άλλα

πλοία.

γ) Να παρακολουθεί και να υποτυπώνει πλοία και τέλος

δ) να ανταλλάσσει δεδομένα με παράκτιους σταθμούς.

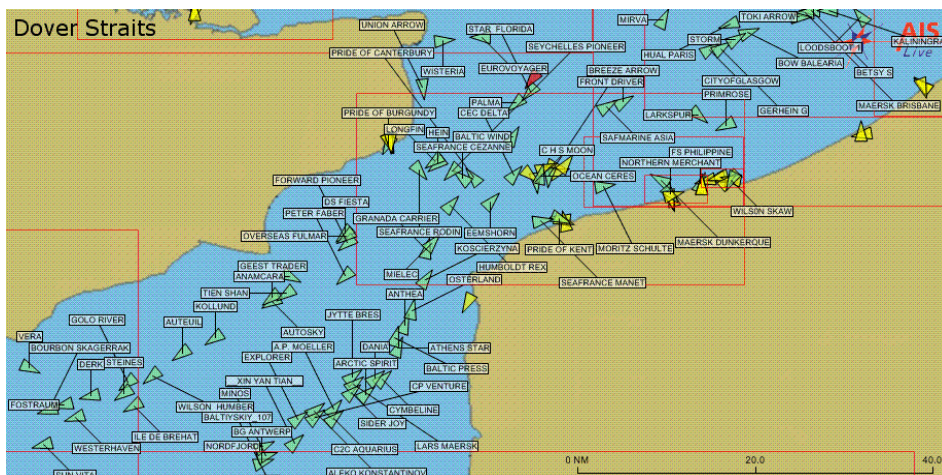
Το σύστημα AIS επιτυγχάνει τον έγκαιρο εντοπισμό και την αναγνώριση των παραπλεόντων πλοίων, έστω και αν αυτά αποκρύπτονται από την ξηρά, πίσω από μία νήσο ή εντός ενός όρμου και



Σχ. 5.1κ.

Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης-AIS κατά τη λειτουργία του σε πλοίο.

για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατόν να εντοπιστούν με το radar. Οι πληροφορίες του συστήματος εμφανίζονται σε σύγχρονο απεικονιστικό μέσο (οθόνη) (σχ.5.1κ), ενώ ενσωματώνονται επίσης και στις πληροφορίες των Συστημάτων Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών (ECDIS) (σχ.5.1λ).



Σχ. 5.1λ.

Ενδεικτική εικόνα ενός συστήματος AIS, μέσω της συσκευής ECDIS, για το Στενό του Ντόβερ.

5.1.10 Το δρομόμετρο.

Τα δρομόμετρα είναι όργανα τα οποία μετρούν την ταχύτητα των πλοίων και την απόσταση που αυτά διανύουν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Σε αυτές τις πληροφορίες βασίζεται η ναυσιπλοΐα αναμετρήσεως.

Τα πρώτα δρομόμετρα χρησιμοποιήθηκαν κατά τον 17^ο αιώνα και ήταν τα λεγόμενα κοινά δρομόμετρα. Κατά τον 19^ο αιώνα χρησιμοποιήθηκε το μηχανικό δρομόμετρο (παρκέτα) (σχ.5.1μ). Η λειτουργία των σύγχρονων δρομόμετρων βασίστηκε σε αυτό. Τύποι ηλεκτρικών δρομόμετρων ανάλογα με την αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία τους είναι:



Σχ.5.1μ.
Παρκέτα-Δελτωτό .

α) Ο τύπος του οποίου η λειτουργία βασίζεται στην περιστροφή της έλικας από την οφειλόμενη στην κίνηση του πλοίου δυναμική πίεση του θαλάσσιου νερού στα πτερύγια της. Παρέχει άμεσα την ένδειξη της διανυθείσας αποστάσεως και έμμεσα την ένδειξη της ταχύτητας του πλοίου. Τέτοια είναι τα δρομόμετρα Chernikeef (Βρετανικής προελεύσεως) και FORBER (Αμερικανικής προελεύσεως).

β) Ο τύπος του οποίου η λειτουργία βασίζεται στην οφειλόμενη στην κίνηση του πλοίου δυναμική πίεση του θαλάσσιου νερού στο άνοιγμα του σωλήνα Pilot. Παρέχει άμεσα την ένδειξη της ταχύτητας του πλοίου και έμμεσα την ένδειξη της αποστάσεως που διανύθηκε. Τέτοια είναι τα δρομόμετρα Pitometers και Sal.

Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως τα σύγχρονα δρομόμετρα φαινομένου Doppler (σχ.5.1ν) που χρησιμοποιούν υπέρηχους (sonar doppler logs) τα οποία παρέχουν άμεσα ενδείξεις ταχύτητας και απόστασης .Η λειτουργία των δρομόμετρων Doppler, βασίζεται στο φαινόμενο Doppler. Σύμφωνα με αυτό, όταν μεταβάλλεται η απόσταση μεταξύ πηγής κυμάτων και παρατηρητή (υπάρχει σχετική κίνηση), για τον παρατηρητή μεταβάλλεται και η συχνότητα του κύματος. Η μεταβολή της συχνότητας είναι ανάλογη με τη σχετική ταχύτητα και όταν η απόσταση παρατηρητή - πηγής ελαττώνεται, η συχνότητα του κύματος αυξάνεται ενώ η αύξηση της αποστάσεως συνεπάγεται ελάττωση της συχνότητας του κύματος.

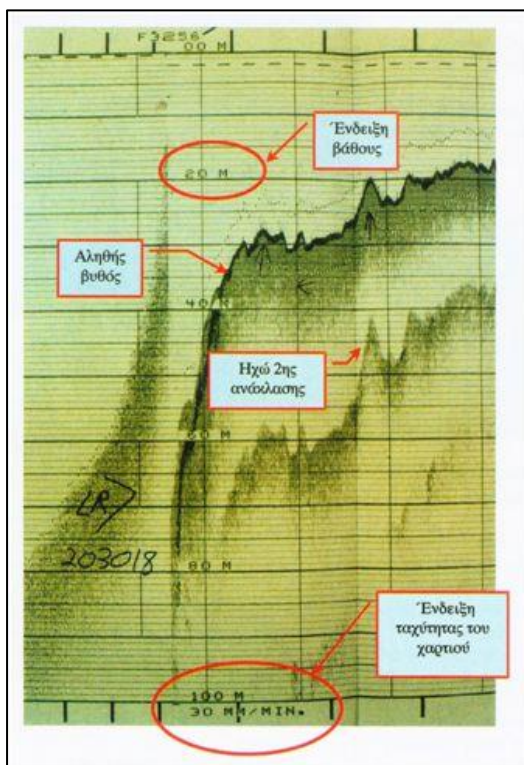


Σχ.5.1ν.
Ενδείκτης δρομόμετρου Doppler.

5.1.11 Το ηχοβολιστικό-βυθόμετρο.



Σχ.5.1ξ.
Ο Dorsey με το βυθόμετρο.



Σχ.5.1ο.
Ενδείξεις του σύγχρονου βυθόμετρου σε θερμικό χαρτί.

Το βυθομετρό (fathometer) ή ηχοβολιστική συσκευή (depth sounder ή echo sounder) είναι η σύγχρονη ηλεκτρονική συσκευή με την οποία μετριέται εύκολα και με ικανοποιητική ακρίβεια το βάθος της θάλασσας, στο σημείο εκείνο που βρίσκεται κάθε στιγμή το πλοίο κατά τον πλου του. Η γνώση του βάθους της θάλασσας έχει μεγάλη σημασία για την ασφαλή εκτέλεση του πλου. Εφευρέτης του βυθόμετρου είναι ο καθηγητής

Dorsey. (σχ.5.1ξ).

Το ηχοβολιστικό μηχανήμα, Echo Sounder, βασίζεται στην αρχή της ανάκλασης στο βυθό ενός υπερήχου που εκπέμπεται από τον πομπό του μηχανήματος και τη μέτρηση του χρόνου, που μεσολαβεί έως και την επιστροφή του σήματος αυτού στον δέκτη του μηχανήματος. Πομπός και δέκτης είναι ενσωματωμένοι σε μια συσκευή τον προβολέα (transducer) που βρίσκεται στον πυθμένα του σκάφους.

Οι ενδείξεις του σύγχρονου βυθομέτρου απεικονίζονται σε οθόνη υγρών κρυστάλλων (σχ.5.1π) ή σε θερμικό χαρτί.(σχ.5.1ο). Ο βυθός και οι ανωμαλίες που παρουσιάζει, δίνουν μια γραμμή που αποτυπώνεται στο αντίστοιχο βάθος που καταγράφεται στην κλίμακα της οθόνης ή του χαρτιού. Τα ηχοβολιστικά μηχανήματα έχουν ρυθμιστή που αυξομειώνει την ένταση της εκπομπής. Αν το σήμα είναι πολύ δυνατό και ο βυθός ανακλά έντονα το σήμα, θα λάβουμε δευτερεύουσες ενδείξεις βάθους εξαιτίας της πολλαπλής ανάκλασης, που εμφανίζονται όπως στην

εικόνα 5.1ο σε αναλογικά βάθη.

Το μόνο που δεν κάνουν τα σύγχρονα βυθόμετρα σε σχέση με το παλιό καλό σκαντάλιο¹ είναι να δείχνουν την ποιότητα του βυθού. Καλό είναι να θυμόμαστε ότι τα περισσότερα βυθόμετρα δεν «κοιτάζουν» μπροστά αλλά μετρούν κάθετα, κάτω από το σκάφος μας. Παράλληλα, υπάρχουν και βυθόμετρα, που βλέπουν μπροστά από την πλώρη και ίσως μπορούν να προλάβουν καταστάσεις.



Σχ. 5.1π.
Ενδείξεις του σύγχρονου βυθόμετρου σε οθόνη υγρών κρυστάλλων.

¹μεταλλικό συνήθως ορειχάλκινο όργανο που φέρεται στην άκρη λεπτού και ισχυρού σχοινιού, καλούμενο "βολιδόσχοινο" με το οποίο πραγματοποιούνται βυθομετρήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6.1 Αναμενόμενες εξελίξεις των ναυτικών ηλεκτρονικών οργάνων.

Το ναυτικό επάγγελμα, ανέκαθεν αποτελούσε πόλο έλξης της τεχνολογικής καινοτομίας. Επιχειρώντας να προσδιορίσουμε τις μελλοντικές εξελίξεις στα ναυτικά όργανα, εκτιμούμε ότι αυτές θα περιστραφούν γύρω από τους ακόλουθους κατευθυντήριους άξονες:

- α) Βελτίωση της υφιστάμενης γεωγραφικής καλύψεως, αλλά και της ποιότητας των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών ENC's.
- β) Βελτίωση του συστήματος ECDIS με την προσθήκη:
 - Τεχνικών τρισδιάστατης απεικόνισης.
 - Τεχνικών δυναμικής απεικόνισης των γεωγραφικών πληροφοριών χάρτη, όπως οπτική ένδειξη λειτουργίας φάρων και οπτική ένδειξη της διεύθυνσεως-εντάσεως θαλάσσιου ρεύματος.
 - Εμπλουτισμού της βάσεως δεδομένων του συστήματος με την έκδοση ναυτιλιακών εκδόσεων (πλοηγών, φαροδείκτη κ.λπ.) σε ψηφιακή μορφή.
- γ) Συνδυασμένη λειτουργία συσκευής radar με συσκευές αναγνωρίσεως του τύπου του εντοπιζόμενου πλοίου ή εμποδίου (π.χ. οπτικές-θερμικές κάμερες).
- δ) Βελτίωση διαλειτουργικότητας των δορυφορικών συστημάτων του GNSS.
- ε) Απόλυτη επικράτηση της δικτυοκεντρικής προσεγγίσεως της οργανώσεως των ναυτιλιακών οργάνων και βοηθημάτων.
- στ) Διαρκής ασύρματη διασύνδεση του πλοίου με υπηρεσίες ξηράς στο πλαίσιο ενημερώσεως και κατάλληλης απεικόνισης ναυτιλιακών και λοιπών πληροφοριών όπως:
 - Καιρού.
 - Λιμένα (ευκολίες, ναυτιλιακοί κίνδυνοι κ.λπ.).
 - Έκτακτης ανάγκης κ.λπ..
- ζ) Εισαγωγή πλήθους εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης-ρομποτικής, με εκτίμηση των συνθηκών του πλου και άμεσος προσδιορισμός (ή και εκτέλεση) του απαιτούμενου ελιγμού μέσω αυτοματοποιημένων συστημάτων.

Γενικότερα, θα λέγαμε ότι αποτέλεσμα της σημερινής τεχνολογικής προόδου, είναι με κάθε νέο πλοίο που προστίθεται στον εμπορικό στόλο, να εισάγονται και νέες τεχνολογικές καινοτομίες-δυνατότητες στην εκτέλεση ακριβούς ναυτιλίας και χειρισμού του πλοίου. Η τεχνολογία αυξάνει την αξιοπιστία, την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της φυλακής γέφυρας, ενώ παράλληλα μειώνονται οι απαιτήσεις σε προσωπικό.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούν σε **Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας** (Integrated Navigation Systems) και **Ολοκληρωμένα Συστήματα Γέφυρας** (Integrated Bridge Systems), τα οποία επιτυγχάνουν τον άρτιο συνδυασμό των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού θέσεως-κινήσεως του πλοίου, του ηλεκτρονικού χάρτη, των συστημάτων παρακολουθήσεως της ναυτιλιακής κινήσεως-αποφυγής συγκρούσεως, των συστημάτων πηδαλιουχίσεως-προώσεως και των συστημάτων επικοινωνιών.

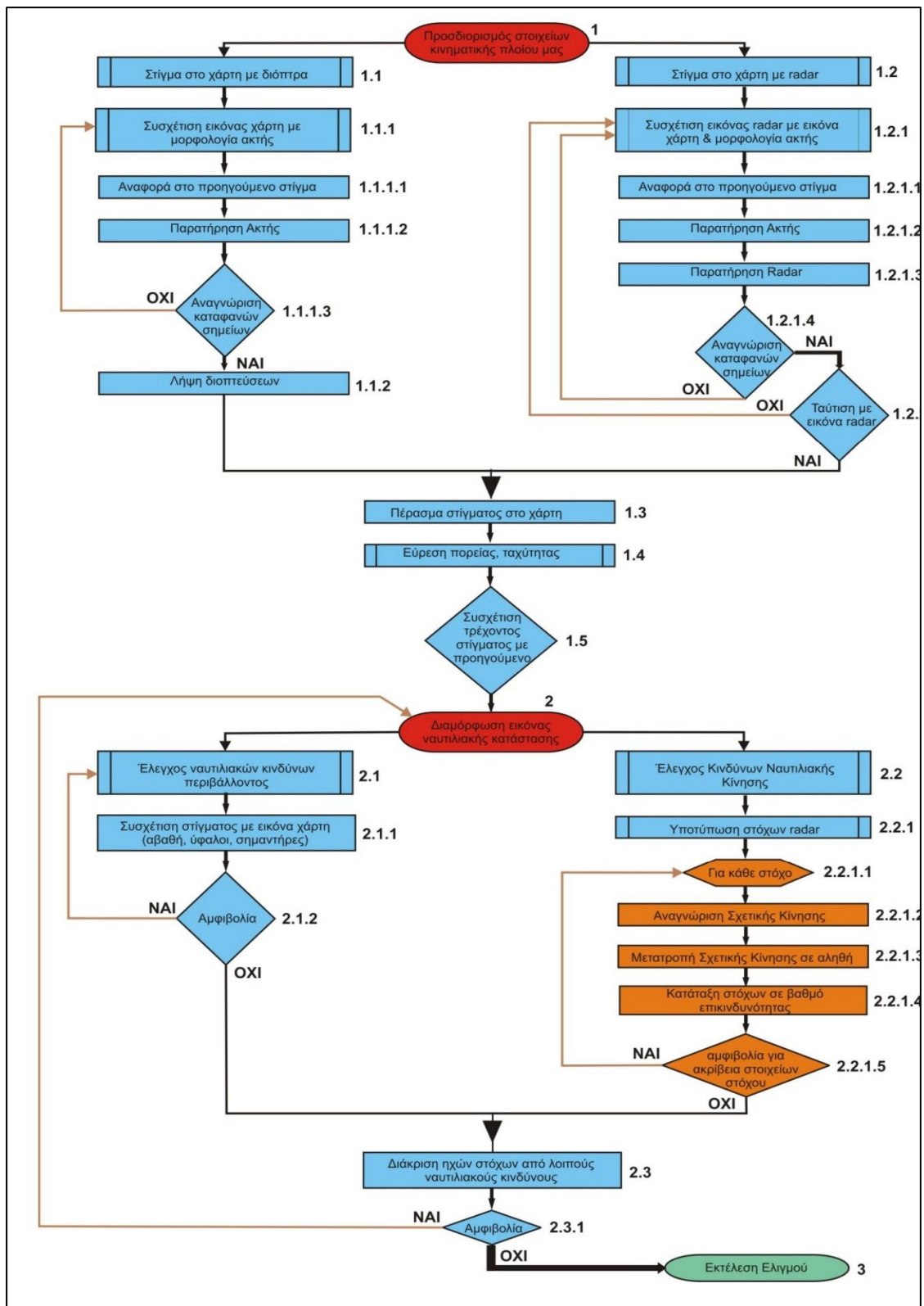
Η χρήση των ολοκληρωμένων συστημάτων ναυτιλίας είχε ως αποτέλεσμα την επαναστατική βελτίωση των μεθόδων ναυσιπλοΐας. Ο ναυτικός παλαιότερα ήταν αναγκασμένος να επεξεργασθεί μεμονωμένες πληροφορίες σε διαδοχικά στάδια, τις οποίες μετέπειτα έπρεπε να συσχετίσει και να συνδυάσει, προκειμένου να αποφασίσει για τον επόμενο ελιγμό του. Η διαδικασία αφομοιώσεως και κατανόησεως του συνόλου της πληροφορίας, αφενός απαιτούσε χρόνο, αφετέρου συμπεριλάμβανε παλινδρομήσεις από στάδιο σε στάδιο, είτε για λόγους επαληθεύσεως των αποτελεσμάτων, είτε γιατί ο απαιτούμενος φόρτος εργασίας ανά στάδιο οδηγούσε σε απώλεια της συνολικής εικόνας. Ας αναλογισθούμε επίσης το κοινό πρόβλημα που ανακύπτει, όταν ο ρυθμός μεταδόσεως των παραγόντων του περιβάλλοντος είναι ταχύτερος του κύκλου λήψεως αποφάσεως του επικείμενου χειρισμού. Πιο συγκεκριμένα, ας φαντασθούμε ένα περιβάλλον παράκτιας ναυσιπλοΐας με αναρίθμητες νήσους και μικρονήσους, όπου ταυτόχρονα πλέον ταχέως κινούμενοι στόχοι. Στην περίπτωση αυτή το ναυτιλιακό περιβάλλον παρουσιάζει μια ιδιαίτερη δυναμική, που δυσχεραίνει την απόκτηση σαφούς εικόνας της ναυτιλιακής καταστάσεως, όταν αυτό επιχειρείται με κλασικά μέσα. Έτσι, ακόμα και αν ο έμπειρος ναυτικός υπολογίσει ορθά τόσο τη θέση και την κίνηση του πλοίου του, όσο και των υπολοίπων πλοίων της περιοχής που επιχειρεί, με το πέρας των υπολογισμών τα στοιχεία αυτά θα έχουν ήδη μεταβληθεί. Εκεί ακριβώς που τα δευτερόλεπτα μετρούν, ο αυτοματισμός αποδεικνύεται ιδιαίτερα πολύτιμος.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα ναυτιλίας, παρέχει τη δυνατότητα της άμεσης συσχετίσεως και του συνδυασμού των πληροφοριών, μέσω της πλέον εργονομικής αναπαραστάσεώς τους, σε κοινό απεικονιστικό μέσο. Έτσι, ο ναυτικός δεν αποσπάται σε χρονοβόρες αναλύσεις, αλλά συμπεραίνει άμεσα τον αναγκαίο ελιγμό.

Για να γίνουν κατανοητοί οι προαναφερόμενοι ισχυρισμοί, θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα ευρέσεως στίγματος και υποτυπώσεως της ναυτιλιακής κινήσεως κατά την εκτέλεση ακτοπλοΐας. Προκειμένου ο ναυτικός να αποφασίσει για τον επόμενο χειρισμό του, εφαρμόζει συγκεκριμένη μεθοδολογία λήψεως αποφάσεως, η οποία και υποδιαιρείται στα εξής στάδια:

- α) Υπολογισμοί στοιχείων κινηματικής του πλοίου του.

- β) Υπολογισμοί διαμορφώσεως εικόνας ναυτιλιακής κινήσεως/καταστάσεως.
- γ) Συναίσθηση ναυτιλιακής καταστάσεως.
- δ) Απόφαση.



Σχ. 1.6α.

Διάγραμμα ροής υπολογιστικών διαδικασιών ευρέσεως της κινήσεως του πλοίου και διαμορφώσεως της εικόνας του ναυτιλιακού περιβάλλοντος, κατά την εκτέλεση ακτοπλοΐας.

Οι υπολογιστικές διαδικασίες που εφαρμόζονται από το ναυτικό κατά τα δύο πρώτα στάδια, μπορούν να αναπαρασταθούν σχηματικά μέσω του διαγράμματος ροής του σχήματος 6.1α

Η μελέτη του διαγράμματος αυτού οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα:

α) Η συσχέτιση διαφορετικών πληροφοριών αποτελεί επίπονη διαδικασία που ελέγχεται ως προς την ακρίβειά της. Οποιαδήποτε αδυναμία επαρκούς συσχέτισεως διαφορετικών πληροφοριών-δεδομένων, οδηγεί σε κυκλική επανάληψη του συνόλου των σχετικών διαδικασιών.

β) Αντίστοιχα, οποιαδήποτε αμφιβολία σχετικά με την ακρίβεια των εξαγομένων αποτελεσμάτων, οδηγεί είτε σε επανάληψη επιμέρους διαδικασιών, είτε και ολόκληρης της διαδικασίας.

Άμεσο επακόλουθο των προαναφερομένων διαπιστώσεων, αποτελεί το γεγονός ότι η διαδικασία ελέγχεται ως προς την ακρίβειά της (και ως συνάρτηση της κοπώσεως του ναυτικού), ενώ υστερεί σε αποτελεσματικότητα-αποδοτικότητα. Κατά συνέπεια, ο πολύτιμος χρόνος του ναυτικού αναλώνεται στους υπολογισμούς και στις διαδικασίες και όχι στον αντικειμενικό σκοπό της όλης προσπάθειας, που δεν είναι άλλος από τη σωστή εκτίμηση των δεδομένων και τη μετέπειτα απόφαση περί του επικείμενου ελιγμού.

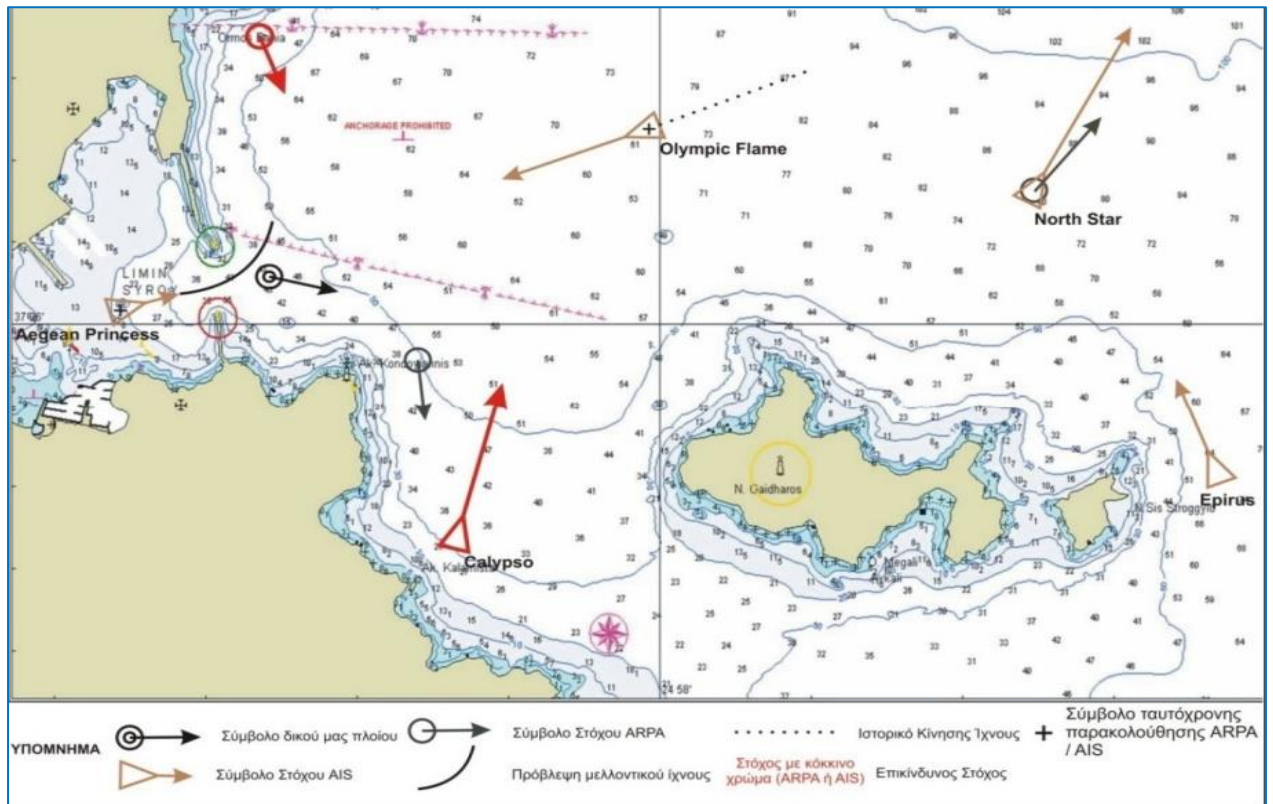
Σε αντίθεση με τις χειροκίνητες διαδικασίες, ο αυτοματισμός των ολοκληρωμένων συστημάτων ναυτιλίας παρέχει έτοιμα τα αποτελέσματα των σχετικών υπολογισμών και διαδικασιών, αίρει τις τυχόν αμφιβολίες και αποσαφηνίζει τη ναυτιλιακή εικόνα-κατάσταση. Έτσι, όλη η καταβολή της προσπάθειας του ναυτικού αφιερώνεται εξ ολοκλήρου στον επικείμενο ελιγμό του σκάφους.

Μία πρώτη εξοικείωση με τις δυνατότητες ενός σύγχρονου ολοκληρωμένου συστήματος ναυτιλίας, μπορεί να επιχειρηθεί με την επεξεργασία του σχήματος 6.1β. Στο σχήμα αυτό, αναπαρίσταται η συνδυασμένη πληροφορία όλων των συνεργαζομένων συστημάτων σε κοινό απεικονιστικό μέσο, με φόντο τον ηλεκτρονικό χάρτη. Τόσο η θέση του πλοίου, όσο και η μεταβολή των χαρακτηριστικών της κινήσεώς του, καθίστανται άμεσα αντιληπτές από τη μεταβολή του χαρακτηριστικού συμβόλου επί του ηλεκτρονικού χάρτη. Τα υπόλοιπα πλοία απεικονίζονται με κατάλληλο σύμβολο και χρώμα, ανάλογα με το σύστημα που παρέχει τα στοιχεία παρακολουθήσεώς τους. Σε κάθε σύμβολο υπερτίθεται κατάλληλο διάνυσμα, η διεύθυνση του οποίου αναπαριστά την ακολουθούμενη πορεία από το στόχο, ενώ το μήκος του αφορά στην υπό κλίμακα αναπαράσταση της ταχύτητάς του.

Ο χειριστής δηλαδή κατανοεί άμεσα εάν ο παρακολουθούμενος στόχος υποτυπώνεται είτε μέσω του συστήματος ARPA (στόχοι με τριγωνικό σύμβολο και καφέ χρώμα), είτε μέσω του

AIS (στόχοι με κυκλικό σύμβολο και μαύρο χρώμα). Σε οποιαδήποτε από τις δύο περιπτώσεις, εάν οι τροχιές των στόχων δημιουργούν προϋποθέσεις κινδύνου συγκρούσεως, οι στόχοι απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα. Η πληροφόρηση είναι πλήρης και αποκαλύπτει ακόμα και το γεγονός της ταυτόχρονης παρακολούθησεως ενός στόχου και από τα δύο συστήματα

Στην περίπτωση αυτή, μέσω τεχνικών συνδυασμού συντήξεως δεδομένων, το σύστημα υπολογίζει αυτόματα και μετέπειτα απεικονίζει ανάλογα την ταύτιση ή μη των στοιχείων του στόχου μεταξύ των δύο συστημάτων. Εάν τα στοιχεία των στόχων δεν διαφοροποιούνται περισσότερο από ένα προκαθορισμένο όριο ανοχής, τότε ο στόχος εμφανίζεται με το σύμβολο του AIS, ενώ η ταυτόχρονη παρακολούθηση και από τα δύο συστήματα υποδηλώνεται με το σήμα του σταυρού στο εσωτερικό του τριγώνου (πλοίο Aegean Princess που εξέρχεται του λιμένα της Σύρου). Εάν αντίθετα υφίσταται ικανή διαφοροποίηση των στοιχείων που προκύπτουν από τα δύο συστήματα για δεδομένο στόχο, τότε αυτός απεικονίζεται και με τα δύο σύμβολα μαζί με τα αντίστοιχα διανύσματα της πορείας. Η ευελιξία του συστήματος εκτιμάται μέσω της επεξεργασίας καταρχήν του στόχου με το όνομα Epirus (Ανατολικά Ν. Στρογγυλό). Ο στόχος αυτός αποκρύπτεται από το χερσαίο όγκο της νήσου και είναι αδύνατον να εντοπισθεί παρακολουθηθεί από το σύστημα RADAR/ARPA. Η διάθεση του συστήματος AIS όμως προ-



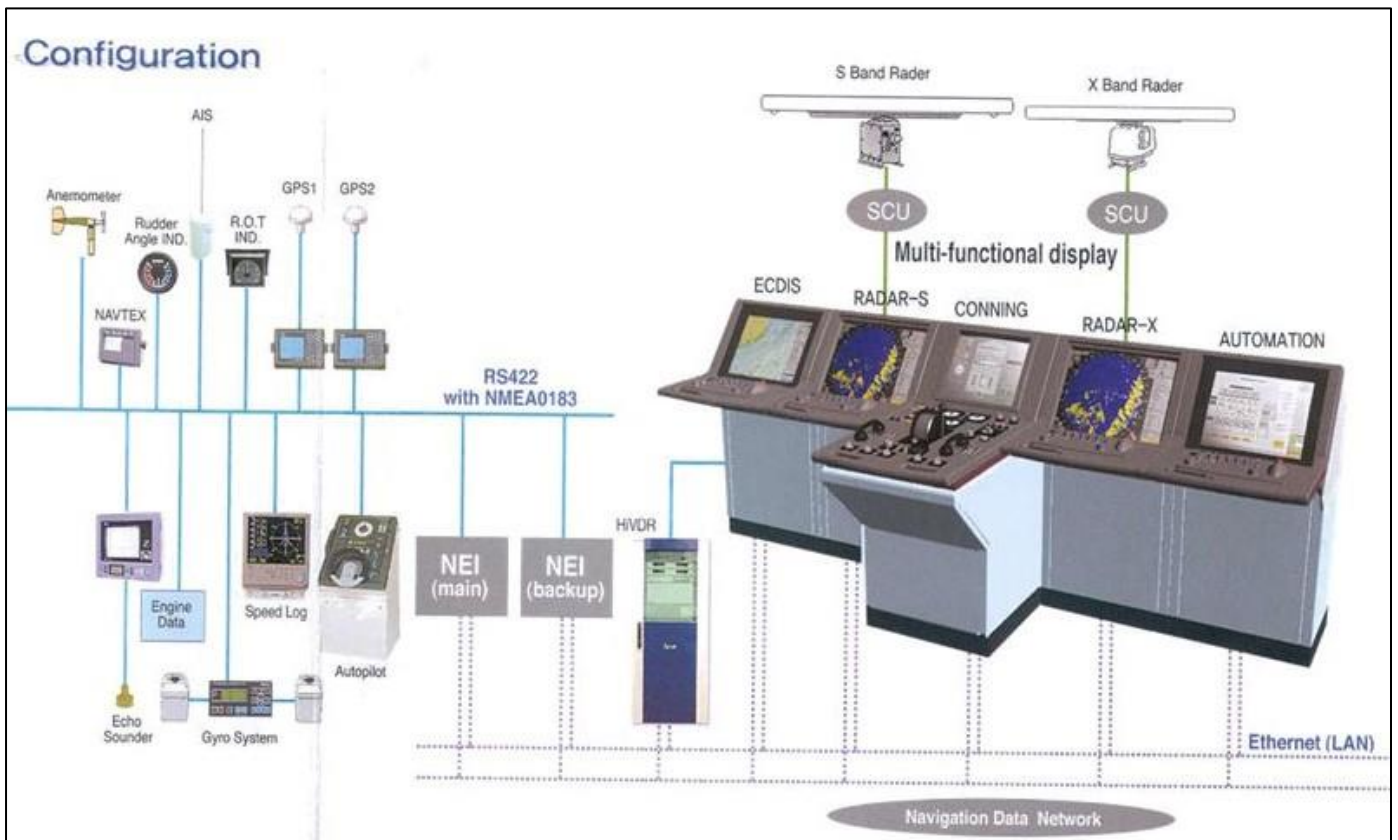
Σχ. 6.1β.
 Συνδυασμένη πληροφορία συνεργαζομένων συστημάτων σε ολοκληρωμένο σύστημα ναυτιλίας.

ειδοποιεί το ναυτικό για τον επικείμενο ναυτιλιακό κίνδυνο.

Σε αντίθεση με τον προαναφερόμενο στόχο, υφίστανται δύο έτεροι στόχοι, εκ των οποίων ο ένας πλέει βόρεια της εισόδου του λιμένα (με κόκκινο χρώμα, άρα με πορεία συγκρούσεως) και ο άλλος παραπλέει τον κάβο νοτιοανατολικά της εισόδου του λιμένα (με μαύρο χρώμα).

Οι στόχοι αυτοί δεν διαθέτουν σύστημα AIS. Την υποχρέωση της παρακολουθήσεώς τους καλύπτει το σύστημα RADAR/ARPA, χωρίς να υπολείπεται έτσι η πληρότητα της υποτυπώσεως της ναυτιλιακής εικόνας. Πλήθος άλλων απεικονιστικών ευκολιών συντελούν στην πλήρη κατανόηση και συναίσθηση της ναυτιλιακής καταστάσεως. Για παράδειγμα, ο χειριστής μπορεί να επιλέξει για συγκεκριμένο στόχο την εμφάνιση του ιστορικού κινήσεώς του (Olympic Flame), ενώ για κάθε στόχο που χειρίζεται το σύστημα εμφανίζει αυτόματα την πρόβλεψη του μελλοντικού του ίχνους (Aegean Princess).

Με βάση τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η διάθεση στο εμπόριο και η επικράτηση αναλόγων συστημάτων (σχ. 6.1γ) έχει αλλάξει τις απαιτήσεις εκτελέσεως φυλακής γέφυρας για το σύγχρονο ναυτικό. Αυτός, οφείλει βεβαίως να γνωρίζει άριστα τις κλασικές μεθόδους ναυτιλίας, καθώς επίσης και να αναπτύσσει τα ναυτικά ένστικτα που θα του επιτρέπουν να αισθάνεται κάθε χειρισμό, κάθε συμπεριφορά του πλοίου του.



Σχ. 6.1γ.

Χαρακτηριστική εικόνα σύγχρονης γέφυρας εμπορικού πλοίου

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ναυτιλία αποτελεί μια βιομηχανία που ρυθμίζεται κυρίως από διεθνείς κανονισμούς μέσω του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), ο οποίος έχει θεσπίσει έναν μεγάλο αριθμό από ρυθμιστικές συνθήκες σχετικά με την ασφάλεια των Θαλάσσιων μεταφορών, την έρευνα και διάσωση και την προστασία του περιβάλλοντος. Το νομοθετικό πλαίσιο σε παγκόσμιο επίπεδο βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη, με βάση τις συνθήκες του κλάδου, όπως αυτές διαμορφώνονται από την καθημερινή δραστηριότητα των πλοίων και των ναυτιλιακών εταιριών και τα πορίσματα από τη διερεύνηση των πάσης φύσεως ναυτικών ατυχημάτων.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) το ναυτικό ατύχημα είναι συνδεδεμένο με κάθε γεγονός το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα i. θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό ενός προσώπου, ο οποίος προκαλείται από ή σε συνδυασμό με τις εργασίες ενός πλοίου ii. την απώλεια ενός προσώπου από ένα πλοίο η οποία προκαλείται ή σε συνδυασμό με τις εργασίες ενός πλοίου. Τα αίτια των ναυτικών ατυχημάτων τα διερευνά η χώρα της οποίας και φέρει σημαία το πλοίο, ανεξάρτητα σε ποιά περιοχή βρίσκεται αυτό, όταν συνέβει το ατύχημα.

Ένα ατύχημα είναι αποτέλεσμα πολλών μικρών γεγονότων και ενεργειών που έγιναν λάθος. Είναι σαν μία αλυσίδα που αν σπάσει ένας κρίκος τότε έχουμε ένα σοβαρό ατύχημα. Το πρώτο και μοιραίο, ίσως, λάθος ήταν πιθανό στην εκπαίδευση και οργάνωση των αξιωματικών της γέφυρας. Η δουλειά του καπετάνιου είναι να δίνει εντολές και οι αξιωματικοί θα πρέπει να τις αποδέχονται αλλά και να τις κατανοούν.

Παρά τις συνεχείς εξελίξεις της τεχνολογίας, οι βασικές αρχές και ανάγκες της ναυσιπλοΐας παραμένουν διαχρονικά αναλλοίωτες και συνοψίζονται στην αποφυγή προσάραξης, αποφυγή σύγκρουσης και αποφυγή ζημιών λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών. Οι μόνες αλλαγές που δημιουργούνται με τη πάροδο του χρόνου είναι ο εκσυγχρονισμός των χρησιμοποιούμενων μεθόδων και των διατιθέμενων μέσων για την επίτευξη των προαναφερθέντων βασικών σκοπών (αποφυγή προσάραξης, σύγκρουσης και ζημιών λόγω καιρικών συνθηκών).

Ο εκσυγχρονισμός των μεθόδων ναυσιπλοΐας και η ανάπτυξη εξελιγμένων συστημάτων για την αυτοματοποίηση των εργασιών και διαδικασιών της παραδοσιακής ναυτιλίας για την προετοιμασία εκτέλεση και υποτύπωση του πλου, σε καμία περίπτωση δεν μετατρέπει τον ρόλο του αξιωματικού φυλακής γεφύρας σε απλό χειριστή για την παρακολούθηση και κατάγραφή της κατάστασης σε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα. Απεναντίας η χρησιμοποίηση αυτοματοποιημένων μεθόδων απαιτεί υψηλό βαθμό επαγγελματικής κατάρτισης, ετοιμότητας και εγρήγορσης για την επιλογή, την αξιολόγηση και την κατάλληλη αξιοποίηση των

απαραίτητων στοιχείων και πληροφοριών που διατίθενται από τα σύγχρονα ηλεκτρονικά ολοκληρωμένα συστήματα ναυτιλίας.

Οι σημερινές γέφυρες των πλοίων θα προκαλούσαν φόβο και δέος στους αξιωματικούς του περασμένου αιώνα. Οι περίπλοκες τεχνολογίες, τα νομικά πλαίσια, οι διαρκώς μεταβαλλόμενες πρακτικές και διατάξεις απαιτούν από τους σύγχρονους αξιωματικούς ναυσιπλοΐας να είναι άριστοι επαγγελματίες, που γνωρίζουν απ' έξω κι ανακατωτά τον χώρο τον οποίο υπηρετούν και έχουν επίγνωση του ότι πρέπει να παραμένουν ενήμεροι για τις εξελίξεις, τόσο στο πλοίο όσο και στη στεριά. Τα σύγχρονα ολοκληρωμένα συστήματα στη γέφυρα έχουν δώσει μεγάλη βαρύτητα στον εποπτικό ρόλο του αξιωματικού, ο οποίος πρέπει να αφιερώνει μεγάλο μέρος του χρόνου του παρακολουθώντας οθόνες και συστήματα, όπου απεικονίζουν και προβάλλουν κάθε είδους πληροφορία με εντυπωσιακή ακρίβεια. Οι τεχνικές δεξιότητες είναι εξίσου σημαντικές με τις μη τεχνικές και η τεχνολογία που υποστηρίζει τον αξιωματικό παίζει εξίσου ζωτικό ρόλο με τις πιο παραδοσιακές πρακτικές της ναυτικής τέχνης, που ο ρόλος τους ήταν ίσως πιο σημαντικός στην εποχή του Τιτανικού.

Οι αξιωματικοί ναυσιπλοΐας δεν θα πρέπει να εκπαιδεύονται απλώς σε μια αίθουσα διδασκαλίας και μετά να μπαίνουν στη γέφυρα για να εκτελέσουν τα καθήκοντά τους χωρίς καμία άλλη υποστήριξη. Οι δεξιότητες και οι ικανότητές τους πρέπει να δοκιμάζονται και να αναπτύσσονται διαρκώς, τόσο σε τυπικά όσο και σε άτυπα μαθησιακά περιβάλλοντα. Σεμινάρια, προσομοιωτές και άλλες σύγχρονες διδακτικές μέθοδοι παρέχουν τυπική μάθηση, ενώ μέσω της ανταλλαγής γνώσεων (mentoring) και της προσωπικής ανάπτυξης επί του πλοίου, παρέχεται άκρως αποτελεσματική άτυπη μάθηση.

Οι αξιωματικοί ναυσιπλοΐας πρέπει να αξιοποιούν στο έπακρο, τόσο τις παραδοσιακές, αποδεδειγμένης αξίας τεχνικές, όπως η οπτική παρατήρηση, προκειμένου να ορίζουν πορεία, να αποφεύγουν συγκρούσεις και να παρακολουθούν τις καιρικές συνθήκες, όσο και πιο σύγχρονα εργαλεία, όπως τα συστήματα απεικόνισης ηλεκτρονικών χαρτών και πληροφοριών (ECDIS), τα συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS), το λογισμικό βελτιστοποίησης πορείας και τα υπό εξέλιξη συστήματα eNavigation. Η ισορροπία στη χρήση αυτών των εργαλείων και τεχνικών προϋποθέτει επενδύσεις, υποστήριξη, εκπαίδευση, εμπειρία και σωστές διαδικασίες.

Η ποιοτική ναυτιλία με συνετούς πλοιοκτήτες και διαχειριστές, με αυστηρούς κανονισμούς και προληπτικά μέτρα είναι συμφέρον για όλους, ανεξάρτητα του ότι κάποιοι εκ των πλοιοκτητών ενδεχομένως να θεωρούν ακόμα και τις επιθεωρήσεις σαν ένα αναγκαίο κακό, που έχει αρνητική επίδραση στην κερδοφορία του πλοίου. Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης για την προστασία της ανθρώπινης ζωής αλλά και του πολύτιμου αγαθού του περιβάλλοντος, αντανάκλαται με την επιβολή και εφαρμογή των αντίστοιχων διατάξεων από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, οι τεχνολογικές εξελίξεις και η ευρύτερη ανάπτυξη και χρησιμοποίηση της τεχνολογίας στην ναυσιπλοΐα, έχει διευκολύνει σε πολύ μεγάλο βαθμό ενώ ταυτόχρονα έχει

προσφέρει τα μέγιστα στην ασφαλή πλοήγηση και την προστασία της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα. Τεράστια βήματα προς την σωστή κατεύθυνση έχουν ήδη γίνει και πολλά άλλα μπορούν να γίνουν. Οι προοπτικές με την παράλληλη ανάπτυξη της τεχνολογίας μοιάζουν να είναι ανεξάντλητες και απεριόριστες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Παλληράκης, Α., Κατσούλης, Γ. & Δαλακλής, Δ. (2008). Βιβλίο. *Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Παλληράκης, Α., Κατσούλης, Γ. & Δαλακλής, Δ. (2016). Βιβλίο. *Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα και συστήματα και Συστήματα Ηλεκτρονικού Χάρτη ECDIS*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Β.Α., Κώτσος (2013). Σημειώσεις Θεωρίας. *Ραντά-Ραδιοβοηθήματα Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα*. Λαμία: Αυτοέκδοση.
- Βρεττού, Α. (2016). *Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυσιπλοΐας*. Πειραιάς: Αυτοέκδοση.
- Σαββίδης, Γ. (2016). *Επίγειες Επικοινωνίες στη Ναυτιλία. Ραδιοτηλέφωνο VHF /MF / HF, Ραδιοτηλέτυπο MF / HF*. Νέα Μηχανιώνα: Αυτοέκδοση.
- Μητρούσιας, Μ. (2015). *Ηλεκτρονικά Ναυτιλιακά Όργανα Ναυσιπλοΐας*. ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ: Αυτοέκδοση.
- Δαλιώτης, Χ. ([χ.χ.]). *Ιστορικό της Εξέλιξης Των Επικοινωνιών στη Ναυτιλία Μέχρι Την Εναρξη Εφαρμογής Του Παγκόσμιου Ναυτιλιακού Συστήματος Κινδίνου και Ασφάλειας*. Νέα Μηχανιώνα: Αυτοέκδοση.
- Πασχαλίδης, Π. (2011). *Ο ρόλος του Ραντάρ στην Σύγχρονη Γέφυρα και η Αξιοποίησή του στη Διεξαγωγή της Ναυτιλίας*. Νέα Μηχανιώνα: Αυτοέκδοση.
- Κοσμάς, Σ. (2013). *Τεχνολογίες Δορυφορικής Πλοήγησης και Εφαρμογές στη Ναυτιλία*. Νέα Μηχανιώνα: Αυτοέκδοση.
- Καλαμιώτης, Ο., Καραμπάς, Γ., Λεοντάρης, Δ. & Τσιριγώτης, Δ. (2008-2009). *GPS Global Positioning System*. Βαθύ Αυλίδα: Αυτοέκδοση.
- (30 Μαΐου, 2017). *Radio Direction Finder – KODEN KS-5551*. Ανακτήθηκε 15 Απριλίου, 2017, από <https://radiohellenicsa.gr>.
- Μαλαχίας, Ν. (6 Ιουνίου, 2011). *Radar. Μια Σύντομη Ιστορική Αναδρομή*. Ανακτήθηκε 12 Απριλίου, 2017, από <http://perialos.blogspot.gr>.
- Dekker, R. ([χ.χ.]). *The most important tube from World War II*. Ανακτήθηκε 3 Απριλίου, 2017, από <http://www.dos4ever.com>.
- ([χ.χ.]). *US Navy radar scope, World War II*. Ανακτήθηκε 7 Απριλίου, 2017, από <https://www.sciencephoto.com>.

- Van de Velde, M. (0 Νοεμβρίου, 2010). *ECDIS*. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου, 2017, από <http://www.theartofdredging.com>.
- (2013). *Marine Automatic Identification Systems (AIS) for Ships at Sea*. Ανακτήθηκε 10 Μαΐου, 2017, από <http://www.psicompany.com>.
- ([χ.χ.]). *Βυθόμετρο*. Ανακτήθηκε 4 Μαΐου, 2017, από <http://www.ortsa.gr>.
- (2017). *Ship AIS / Class A / with screen*. Ανακτήθηκε 12 Μαΐου, 2017, από <http://www.nauticexpo.com>.
- (13 Μαΐου, 2017). *Gyroscope*. Ανακτήθηκε 5 Απριλίου, 2017, από <https://en.wikipedia.org>.
- (10 Μαρτίου, 2017). *Gyrocompass*. Ανακτήθηκε 5 Απριλίου, 2017, από <https://en.wikipedia.org>.
- (11 Απριλίου, 2017). *Automatic radar plotting aid*. Ανακτήθηκε 13 Απριλίου, 2017, από <https://en.wikipedia.org>.
- (6 Μαΐου, 2017). *Παγκόσμιο Ναυτιλιακό Σύστημα Κινδύνου και Ασφάλειας*. Ανακτήθηκε 17 Μαΐου, 2017, από <https://el.wikipedia.org>.
- (6 Μαΐου, 2017). *Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης*. Ανακτήθηκε 16 Μαΐου, 2017, από <https://el.wikipedia.org>.
- (22 Ιανουαρίου, 2017). *Herbert Grove Dorsey*. Ανακτήθηκε 17 Μαΐου, 2017, από <https://en.wikipedia.org>.
- (13 Φεβρουαρίου, 2011). *Βολίδα βυθομέτρησης*. Ανακτήθηκε 18 Μαΐου, 2017, από <https://el.wikipedia.org>.
- (22 Απριλίου, 2017). *USS Delaware (BB-28)*. Ανακτήθηκε 30 Μαΐου, 2017, από <https://en.wikipedia.org>.
- (25 Μαρτίου, 2017). *Ring laser gyroscope*. Ανακτήθηκε 30 Μαΐου, 2017, από <https://en.wikipedia.org>.
- (2017). *FIBER OPTIC GYROSCOPES (FOG) COMPONENTS*. Ανακτήθηκε 30 Μαΐου, 2017, από <http://emcore.com>.
- (27 Μαρτίου, 2017). *Nuclear Magnetic Resonance - NMR*. Ανακτήθηκε 30 Μαΐου, 2017, από <http://isic.epfl.ch>.
- (12 Ιουνίου, 2014). *Κόμβος*. Ανακτήθηκε 30 Μαΐου, 2017, από <https://el.wikipedia.org>.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Κωνσταντίνο Λιώτσιο για την πολύτιμη συμβολή αλλά και τις πολύτιμες οδηγίες και συμβουλές του κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα θερμά να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές της Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας για την πολύτιμη μετάδοση γνώσεων και κριτικό τρόπο σκέψης.

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / COPYRIGHT

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), τη φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».