

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ
ΚΑΤΕΥΘΗΝΣΗΣ»



ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΠΕΤΡΟΥ ΑΓΓΕΛΟΣ

Α.Γ.Μ.: 3751

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΑΓΑΡΑΣ ΣΤΑΜΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

Ιούνιος 2018

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΑΓΑΡΑΣ ΣΤΑΜΟΣ

ΘΕΜΑ: «ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ
ΚΑΤΕΥΘΗΝΣΗΣ»

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΠΕΤΡΟΥ ΑΓΓΕΛΟΣ

Α.Γ.Μ.: 3751

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:

A/A	Όνοματεπώνυμο	Ειδικότητα	Αξιολόγηση	Υπογραφή
1				
2				
3				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΗΝΤΗΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ: ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Κεφάλαιο 1 ^ο : Ναυσιπλοΐα.....	7
1.1 Ορισμός ναυσιπλοΐας.....	7
1.2 Ιστορική εξέλιξη ναυσιπλοΐας.....	8
1.3 Ακτοπλοΐα.....	10
1.3.1 Εισαγωγή.....	10
1.3.2 Γραμμές θέσεως.....	11
1.3.3 Προσδιορισμός ακτοπλοϊκού στίγματος ακρίβει.....	15
1.3.4 Στίγμα μεταφοράς.....	20
1.4 Ωκεανοπλοΐα.....	21
1.4.1 Εισαγωγή.....	21
1.4.2 Όργανα ναυσιπλοΐας.....	21
1.4.3 Αστρονομικά στίγματα.....	30
Κεφάλαιο 2 ^ο : Συστήματα Πλοήγησης.....	35
2.1 Εισαγωγή.....	35
2.2 Επίγεια συστήματα πλοήγησης.....	35
2.2.1 Εισαγωγή.....	35
2.2.2 Σύστημα LORAN-C.....	36
2.2.2.1 Τρόπος λειτουργίας.....	36
2.2.2.2 Σφάλματα του συστήματος LORAN-C.....	38
2.2.2.3 Ακρίβεια του συστήματος LORAN-C.....	38
2.2.3 Σύστημα OMEGA.....	39
2.2.3.1 Τρόπος λειτουργίας.....	39
2.2.3.2 Εκπομπή σταθμών OMEGA.....	40
2.2.3.3 Αναγνώριση λαμβανόμενων σημάτων στο δέκτη OMEGA.....	41
2.2.3.4 Σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA.....	42
2.2.3.5 Ακρίβεια του συστήματος OMEGA.....	43
2.2.3.6 Γενικά χαρακτηριστικά δεκτών OMEGA.....	43
2.2.4 Σύστημα DECCA.....	44
2.2.4.1 Αρχές λειτουργίας του συστήματος DECCA.....	44
2.2.4.2 Αλυσίδες σταθμών DECCA.....	45

2.2.4.3	Ακρίβεια και σφάλματα συστήματος DECCA.....	46
2.2.4.4	Γενικά χαρακτηριστικά και κατηγορίες δεκτών DECCA.....	46
2.2.5	Ραδιογωνιόμετρο.....	48
2.2.5.1	Γενικές αρχές ραδιογωνιόμετρου.....	48
2.2.5.2	Κατηγορίες ραδιογωνιόμετρων.....	48
2.2.5.3	Αυτόματοι και χειροκίνητοι δέκτες ραδιογωνιόμετρου.....	49
2.2.5.4	Σφάλματα ραδιογωνιόμετρου.....	50
2.3	Συστήματα δορυφορικής πλοήγησης.....	51
2.3.1	Εισαγωγή.....	51
2.3.2	Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσεως GPS των ΗΠΑ.....	53
2.3.2.1	Γενική περιγραφή του συστήματος GPS.....	53
2.3.2.2	Διαστημικό τμήμα του GPS.....	53
2.3.2.3	Επίγειο τμήμα ελέγχου του GPS.....	54
2.3.2.4	Τμήμα χρηστών του συστήματος GPS – Παρεχόμενες υπηρεσίες.....	55
2.3.3	Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Πλοήγησης Glonass της Ρωσίας.....	56
2.3.3.1	Γενική περιγραφή του συστήματος Glonass.....	56
2.3.3.2	Διαστημικό τμήμα του συστήματος Glonass.....	56
2.3.3.3	Επίγειο τμήμα ελέγχου του συστήματος Glonass.....	57
2.3.3.4	Τμήμα χρηστών του συστήματος Glonass – Παρεχόμενες υπηρεσίες.....	58
2.3.4	Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Πλοήγησης Galileo της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	58
2.3.4.1	Γενική περιγραφή του συστήματος Galileo.....	58
2.3.4.2	Διαστημικό τμήμα του συστήματος του Galileo.....	59
2.3.4.3	Επίγειο τμήμα ελέγχου του συστήματος Galileo.....	60
2.3.4.4	Τμήμα χρηστών του συστήματος Galileo – Παρεχόμενες υπηρεσίες.....	61
2.3.5	Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Πλοήγησης BeiDou της Κίνας.....	63
2.3.5.1	Γενική περιγραφή του συστήματος BeiDou.....	63
2.3.5.2	Διαστημικό τμήμα του συστήματος BeiDou.....	63
2.3.5.3	Επίγειο τμήμα Ελέγχου του συστήματος BeiDou.....	64
2.3.5.4	Τμήμα χρηστών του συστήματος BeiDou – Παρεχόμενες Υπηρεσίες.....	65
Κεφάλαιο 3 ^ο :	Έλεγχος κατεύθυνσης πλοίου.....	66
3.1	Εισαγωγή.....	66
3.2	Αυτόματο πηδάλιο.....	67
3.2.1	Εισαγωγή.....	67

3.2.2 Βασικές μονάδες του πηδαλίου.....	67
3.2.3 Συναγερμός εκτός πορείας (Off Course Alarm – OCA).....	69
Συμπεράσματα.....	70
Βιβλιογραφία.....	71

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης θέματα τα οποία συνδέονται με την ναυσιπλοΐα, την πλοήγηση και τον έλεγχο κατεύθυνσης των πλοίων. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται ο ορισμός της ναυσιπλοΐας και γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη της ναυσιπλοΐας. Έπειτα, γίνεται λόγος για την ακτοπλοΐα και πιο συγκεκριμένα, για τις γραμμές θέσης που χρησιμοποιούνται και τον προσδιορισμό στίγματος ακριβείας και μεταφοράς. Τέλος, γίνεται αναφορά στην ωκεανοπλοΐα, στα όργανα ναυσιπλοΐας τα οποία χρησιμοποιούταν ανά τους αιώνες για αστρονομικές παρατηρήσεις και στα αστρονομικά στίγματα. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην πλοήγηση και πιο συγκεκριμένα στα επίγεια συστήματα πλοήγησης, όπως το LORAN-C, το DECCA, το OMEGA και το ραδιογωνιόμετρο, και στην πλοήγηση με δορυφορικά συστήματα, δηλαδή το αμερικάνικο GPS, το ρώσικο Glonass και τα υπό ανάπτυξη Galileo της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το κινέζικο Beidou, για τα οποία γίνεται λεπτομερής περιγραφή. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η έννοια του ελέγχου κατεύθυνσης, γίνεται λόγος για την λειτουργία του αυτόματου πηδαλίου και τις βασικές μονάδες από τις οποίες αποτελείται το πηδάλιο και αναφέρεται η χρησιμότητα του συναγερμού εκτός πορείας (Off Course Alarm – OCA).

Λέξεις-κλειδιά: Ακτοπλοΐα, Ωκεανοπλοΐα, Επίγεια Συστήματα Πλοήγησης, Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης, Αυτόματο Πηδάλιο.

ABSTRACT

This paper focuses on issues related to navigation and control of ships. The first chapter analyzes the definition of navigation and refers to the historical evolution of navigation. Then, we talk about coastal navigation and more specifically, about the lines of position that are used and the determination of fix position and dead-record position. Finally, reference is made about ocean navigation, aids of navigation that are used over the centuries for astronomical observations and about astronomical position. The second chapter refers to navigation, and more specifically to terrestrial navigation systems such as LORAN-C, DECCA, OMEGA and direction finder, and to satellite navigation systems, such as the US GPS, the Russian Glonass and the under development European Union's Galileo and Chinese Beidou, for which a detailed description is made. Finally, the third chapter describes the meaning of control of ships, refers to operation of the automatic pilot and the basic units which constitute the rudder and the usefulness of the Off Course Alarm.

Keywords: Coastal Navigation, Ocean Navigation, Terrestrial Navigation Systems, Satellite Navigation Systems, Automatic pilot.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ

1.1 Ορισμός ναυσιπλοΐας

Η ναυσιπλοΐα (navigation) είναι το σύνολο των διαδικασιών που εφαρμόζονται, για να καθοδηγηθεί – κατευθυνθεί το πλοίο με ασφάλεια και στο συντομότερο χρονικό διάστημα από ένα λιμάνι σε άλλο, ή από ένα σημείο του πλανήτη μας σε άλλο σημείο. Ο όρος «navigation» προέρχεται από το λατινικό ρήμα «navigare», όπου η λέξη «navis» σημαίνει πλοίο και «agere» σημαίνει κινώ – κατευθύνω. Έτσι, ο όρος ναυσιπλοΐα είναι το ουσιαστικό του ρήματος «ναυσιπλώω», που σημαίνει διαπλέω τις θάλασσες. Η ναυσιπλοΐα ανάλογα με την περιοχή που πλέει ένα πλοίο, τα μέσα και τα όργανα που χρησιμοποιεί, καθώς και τις μεθόδους που εφαρμόζει, διακρίνεται ως εξής:

α) Με βάση την περιοχή πλου έχουμε:

- Την **ακτοπλοΐα (coastal sailing)** ή αλλιώς τη **ναυσιπλοΐα εν όψει ακτών**. Κατά την ακτοπλοΐα και όταν η ορατότητα είναι καλή, οι ακτές και τα καταφανή σημεία είναι ορατά από τη γέφυρα του πλοίου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή μεθόδων κατευθύνσεως και προσδιορισμού του στίγματος του πλοίου. Ειδικά, όταν το πλοίο πλέει μέσα σε διαύλους και επικίνδυνα νερά κοντά στις ακτές, ο πλους χαρακτηρίζεται ως **πλοηγία (piloting ή pilotage)**, ενώ μέσα σε πλωτούς ποταμούς και λίμνες χαρακτηρίζεται ως **ποταμοπλοΐα (inland navigation)**.
- Την **ωκεανοπλοΐα (ocean sailing)** κατά την οποία το πλοίο πλέει μακριά από ακτές. Κατ' αυτή, το πλοίο κατευθύνεται και προσδιορίζεται η θέση του με μεθόδους που βασίζονται στα ουράνια σώματα. Λόγω ειδικών συνθηκών πλου σε περιοχές κοντά στους πόλους έχει διαμορφωθεί η **πολική ναυσιπλοΐα (polar navigation)**.

β) Με βάση τις μεθόδους πλου έχουμε:

- Τη **ναυσιπλοΐα αναμετρήσεως (dead reckoning navigation)**. Είναι η μέθοδος πλου, κατά την οποία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά τα στοιχεία της πορείας, της ταχύτητας και του χρόνου ταξιδιού του πλοίου. Η αναμέτρηση χρησιμοποιείται στην ακτοπλοΐα και την ωκεανοπλοΐα.

- Την **ακτοπλοϊκή ναυσιπλοΐα (coast navigation)**. Είναι η μέθοδος πλου κατά την οποία χρησιμοποιούνται οι ακτές που φαίνονται (ενόψει ακτές).
- Την **αστρονομική ναυσιπλοΐα (celestial navigation)**. Είναι η μέθοδος πλου κατά την οποία χρησιμοποιούνται στοιχεία ορατών ουρανίων σωμάτων.
Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο τα ηλεκτρονικά όργανα ναυσιπλοΐας άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στα πλοία. Έτσι, δημιουργήθηκε ένας ξεχωριστός κλάδος ναυσιπλοΐας, η **ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα ή ραδιοναυσιπλοΐα (radio ή electronic navigation)**. Ανάλογα με τα ηλεκτρονικά όργανα και τα συστήματα που χρησιμοποιεί, η ραδιοναυσιπλοΐα υποδιαιρείται σε :
 - **Ραδιογωνιομετρική ναυσιπλοΐα**, με βάση τη συσκευή ραδιογωνιόμετρου.
 - **Ναυσιπλοΐα radar**, με βάση τη συσκευή radar.
 - **Υπερβολική ναυσιπλοΐα**, με βάση τα συστήματα υπερβολικής (Loran, decca, omega)
 - **Δορυφορική ναυσιπλοΐα (satellite navigation)**, με βάση τους τεχνητούς δορυφόρους.
 - **Ναυσιπλοΐα αδράνειας (inertial navigation)**, με βάση σύστημα που στηρίζεται στην αρχή της αδράνειας.
 - **Ναυσιπλοΐα Doppler**, με βάση το σύστημα Doppler.

1.2 Ιστορική εξέλιξη ναυσιπλοΐας

Από τα πανάρχαια χρόνια, η ναυσιπλοΐα ήταν συνδεδεμένη με την ανάπτυξη διαφόρων πολιτισμών. Πολύ αόριστες πληροφορίες υπάρχουν για τη ναυτική δραστηριότητα των λαών της ανατολικής και της νότιας Ασίας κατά τους αιώνες πριν από την έλευση του χριστιανισμού. Στην Ανατολική Μεσόγειο, οι Αιγύπτιοι αποτέλεσαν τους πρώτους ναυτίλους, οι οποίοι, τροποποιώντας τα σκάφη που χρησιμοποιούσαν στον Νείλο, αντιμετώπισαν την ανοιχτή θάλασσα και επικοινωνούσαν με τους λαούς του μινωικού (κρητικού) και του μυκηναϊκού πολιτισμού καθώς και με τους Φοίνικες. Οι τελευταίοι, ανάμεσα στα τέλη της 2ης χιλιετίας π.Χ. και στις αρχές της επόμενης, προχώρησαν στην κεντρική και στη δυτική Μεσόγειο, ιδρύοντας ακμαίες αποικίες· αργότερα, μεταξύ 6ου και 4ου αιώνα π.Χ., οι Φοίνικες, που

είχαν περάσει τις Ηράκλειες Στήλες (το σημερινό Γιβραλτάρ), έπλευσαν κατά μήκος των ατλαντικών ακτών της Ευρώπης και της Αφρικής. Σε αυτούς οφείλονται, άλλωστε, και τα πρώτα στοιχεία της ναυσιπλοΐας (γνώση των ανέμων και των ρευμάτων, ναυσιπλοΐας εξ αναμέτρησης, προσανατολισμός με παρατήρηση των άστρων). Οι αρχαίοι Έλληνες προσέφεραν ουσιώδη συμβολή στην τέχνη της ναυσιπλοΐας, αν και περιορίστηκαν να εκτελούν πλόες αποκλειστικά στον χώρο της Μεσογείου. Οι Ρωμαίοι με τη σειρά τους, μοιλονότι ευνοούσαν τις γεωγραφικές και ναυτικές μελέτες, ασχολήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά με την κατασκευή καλών λιμανιών και φάρων, που ήταν απαραίτητοι για τη ναυτική τους επέκταση στη Μεσόγειο και στη βορειοδυτική Ευρώπη. Ενώ το βυζαντινό ναυτικό δεν συνέβαλε σημαντικά στην πρόοδο της ναυσιπλοΐας, μεταξύ του 11ου και του 13ου αιώνα, η τέχνη της ναυσιπλοΐας έλαβε αξιοσημείωτη ώθηση από τους Άραβες και από τις ιταλικές ναυτικές δημοκρατίες (διάδοση και τελειοποίηση της πυξίδας και του αστρολάβου). Με την ανάπτυξη των συγκοινωνιών και τις επαφές μεταξύ των θαλασσοπόρων χωρών, προπάντων από τον 15ο αιώνα και ύστερα, άρχισαν να βελτιώνονται ολοένα περισσότερο όχι μόνο οι παρατηρήσεις για τους ανέμους, τα ρεύματα και τις παλίρροιες αλλά και οι λεπτομερείς γνώσεις των ακτών, η αναπαράστασή τους και η συλλογή στους πορτολάνους (λιμενοδείκτες) όλων των χρήσιμων στους ναυτίλους πληροφοριών.

Όσον αφορά τη χρήση των αστρονομικών παρατηρήσεων στους σκοπούς της ναυσιπλοΐας, πρέπει να αναφερθεί ότι ήδη από τα τέλη του Μεσαίωνα μπορούσε να καθοριστεί, αν και με μέτρια προσέγγιση, το γεωγραφικό πλάτος με την παρατήρηση του ύψους του πολικού αστέρα ή του Ήλιου, για τον οποίο ήταν γνωστές οι τιμές απόκλισης. Μέσω αυτών των εγχειρημάτων και των αναγκών που απαιτούσαν, η χαρτογραφία, όπως ήταν φυσικό, γνώρισε αξιοσημείωτη ανάπτυξη. Το πρόβλημα που μελετήθηκε ιδιαίτερα ήταν εκείνο της αναπαράστασης σε επίπεδο της επιφάνειας της υδρογείου, με τέτοιον τρόπο ώστε η διανυόμενη από ένα πλοίο διαδρομή, καθοριζόμενη από την πυξίδα με σταθερή πορεία, να μπορεί να χαραχθεί ως ευθεία. Το πρόβλημα επιλύθηκε κατά τα τέλη του 16ου αιώνα, ενώ από τον 18ο αιώνα η ναυτική επιστήμη άρχισε να χρησιμοποιεί δύο όργανα που συνέβαλαν αποφασιστικά στην ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας. Το ένα ήταν ο εξάντας, που επιτρέπει πολύ ακριβή μέτρηση του ύψους των αστέρων, και το άλλο το χρονόμετρο, το

οποίο, δίνοντας την ώρα του πρώτου μεσημβρινού, επιτρέπει να λυθεί το πρόβλημα του ακριβούς καθορισμού του γεωγραφικού μήκους, το οποίο έως τότε υπολογιζόταν κατά προσέγγιση από το στίγμα εξ αναμέτρησης. Κατά τη διάρκεια των δύο αιώνων που ακολούθησαν, οι μέθοδοι υπολογισμού και τα όργανα που διέθεταν οι ναυτίλοι τελειοποιήθηκαν σε μέγιστο βαθμό. Το 1874 υιοθετήθηκε, για τον καθορισμό του στίγματος του πλοίου, η ευθεία του ύψους, το 1900 κατασκευάστηκε η γυροσκοπική πυξίδα και αργότερα, με τη χρησιμοποίηση των ερτζιανών κυμάτων, κατέστη δυνατή η εισαγωγή στη ναυσιπλοΐα των ραδιοηλεκτρικών συστημάτων. Οι ραδιοεπικοινωνίες, εκτός του ότι βελτίωσαν και έκαναν πιο ευέλικτες τις μεθόδους της ναυσιπλοΐας, συνέβαλαν αποφασιστικά, έμμεσα και άμεσα, στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, προπάντων κατά την ομίχλη ή το σκοτάδι. Από την αρχή του 20ού αιώνα, άρχισε να χρησιμοποιείται το σόναρ, κυρίως για τη ναυσιπλοΐα των υποβρυχίων, ενώ από τη δεκαετία του 1970 γίνεται εκτενής χρήση δορυφορικών συστημάτων, όχι μόνο για τηλεπικοινωνίες αλλά και για τον προσδιορισμό του στίγματος της ταχύτητας και της πορείας.

1.3 Ακτοπλοΐα

1.3.1 Εισαγωγή

Η Ακτοπλοϊκή ναυσιπλοΐα είναι ο αρχαιότερος τρόπος - μέθοδος διενέργειας πλόων "εν όψει ακτών" όπου και ο προσδιορισμός της θέσης γίνεται από εμφανή σημεία ξηράς παράλληλα με την αναγνώριση ενδείξεων που φέρονται στους ναυτικούς χάρτες και παρατηρήσεων π.χ. φάρων, σημαντήρων βυθομετρήσεων κλπ, δια των οποίων και προσδιορίζεται η συνέχεια της πορείας (πλεύσης) του πλοίου. Όλα τα είδη θαλάσσιας πλεύσης ξεκινούν με ακτοπλοΐα και καταλήγουν σ' αυτή.

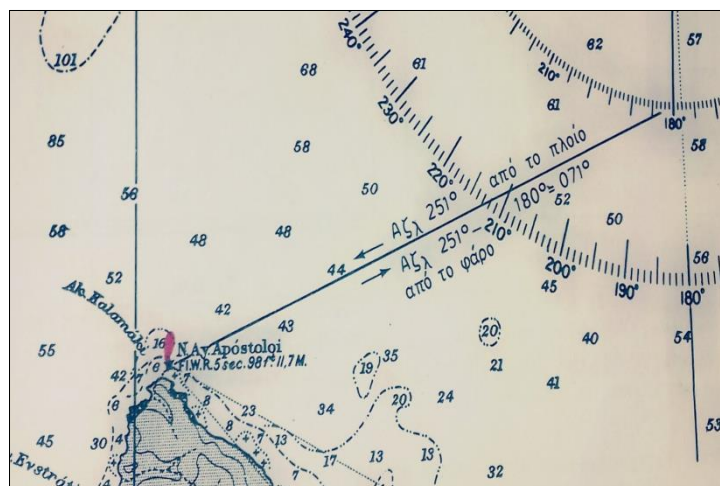
Κύριο γνώρισμα της ακτοπλοΐας είναι οι τρόποι της ανεύρεση της θέσης του πλοίου με τη βοήθεια στοιχειωδών ναυτιλιακών οργάνων, όπως π.χ. της πυξίδας, του δρομόμετρου, του βυθομέτρου, του διαπαράλληλου κανόνα, του κουμπάσου και μιας γραφίδας με την οποία σημειώνονται επί ναυτικού χάρτη οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις. Τα γεωγραφικά στίγματα στην ακτοπλοΐα προσδιορίζονται κατά δύο τρόπους, α) λογιστικά, με τους κανόνες της εξ

αναμετρήσεως και β) γραφικά, πάντα «εν όψει» σημείων που σημειώνονται στο χάρτη. Νυκτερινά στίγματα, δίνουν οι έντονης φωτοβολίας φάροι των οποίων οι θέσεις αναγράφονται στους χάρτες και η αναγνώρισή τους από τη φωτοβολία τους γίνεται από τους φαροδείκτες (Ο φαροδείκτης ή List of lights είναι μία σειρά βιβλίων που περιέχει όλα τα στοιχεία των φάρων, φανών, φαρόπλοιων, βοηθημάτων ραντάρ και ηχητικών σημάτων όλης της Υδρογείου). Η δε διόπτειυσή τους θεωρείται ακριβέστερη. Βέβαια εκτός των παραπάνω υπάρχουν και οι δύσκολες καταστάσεις όπως π.χ. η ομίχλη όπου δεν υφίστανται «εν όψει» ακτές ή σημεία όπου τότε γίνεται αποκλειστική χρήση των ραδιοκυμάτων, (ραδιογωνιόμετρον, ραντάρ κλπ).

1.3.2 Γραμμές θέσεως

Γραμμή θέσεως ΓΘ (Line Of Position – LOP) είναι μία γραμμή σε κάποιο σημείο της οποίας πρέπει να βρίσκεται το πλοίο σε μια ορισμένη στιγμή. Κάθε σημείο της γραμμής αποτελεί πιθανή θέση του πλοίου, όπως αυτή προσδιορίζεται είτε με παρατήρηση, είτε με απευθείας μέτρηση. Δηλαδή η γραμμή θέσεως αποτελεί το γεωμετρικό τόπο του στίγματος του πλοίου. Οι γραμμές θέσεως της ακτοπλοΐας είναι είτε ευθείες, είτε περιφέρειες κύκλου. Μια μοναδική γραμμή θέσεως δεν δίνει το στίγμα του πλοίου. Δίνει όμως μια γραμμή σε κάποιο σημείο της οποίας βρίσκεται το πλοίο. Μοναδική γραμμή θέσεως μπορεί να δώσει και αρνητικές πληροφορίες. Οι σπουδαιότερες γραμμές θέσεως που χρησιμοποιούνται στην ακτοπλοΐα είναι:

- **Διόπτειυση (bearing).** Η διόπτειυση αποτελεί την απλούστερη, ευκολότερη αλλά και την πιο συνηθισμένη στη γέφυρα γραμμή θέσεως. Τις διοπτειύσεις



Εικόνα 1.3α.
Αληθής διόπτειυση φάρου.

των βοηθημάτων ναυσιπλοΐας και των άλλων καταφανών σημείων της ξηράς μετράμε με το παλινώριο της πυξίδας, το radar και το ραδιογωνιόμετρο (ραδιοδιοπτύσεις). Για τη χάραξη τους στο ναυτικό χάρτη τις μετατρέπουμε πρώτα σε απόλυτες Αζ_π, αν είναι σχετικές, και στη συνέχεια τις διορθώνουμε σε αληθείς Αζ_λ (Εικόνα 1.3α).

- **Ευθυγράμμιση (range ή in-line ή transit).** Όταν δυο καταφανή αντικείμενα σκοπεύονται από τη γέφυρα με την ίδια διόπτρευση, λέμε ότι βρίσκονται σε ευθυγράμμιση. Κατά την ευθυγράμμιση το ένα αντικείμενο βρίσκεται μπροστά και το άλλο πίσω σε κάποια απόσταση (Εικόνα 1.3β). Η ευθυγράμμιση δίνει μια ιδανική γραμμή θέσεως, κυρίως όταν η απόσταση μεταξύ παρατηρητή και πλησιέστερου αντικειμένου δεν υπερβαίνει το τριπλάσιο της αποστάσεως μεταξύ των δυο αντικειμένων. Δεδομένου ότι η ευθυγράμμιση είναι ανεξάρτητη από την παραλλαγή της πυξίδας και δεν υπόκειται σε σφάλμα λήψεως, αποτελεί την πιο ακριβή γραμμή θέσεως.

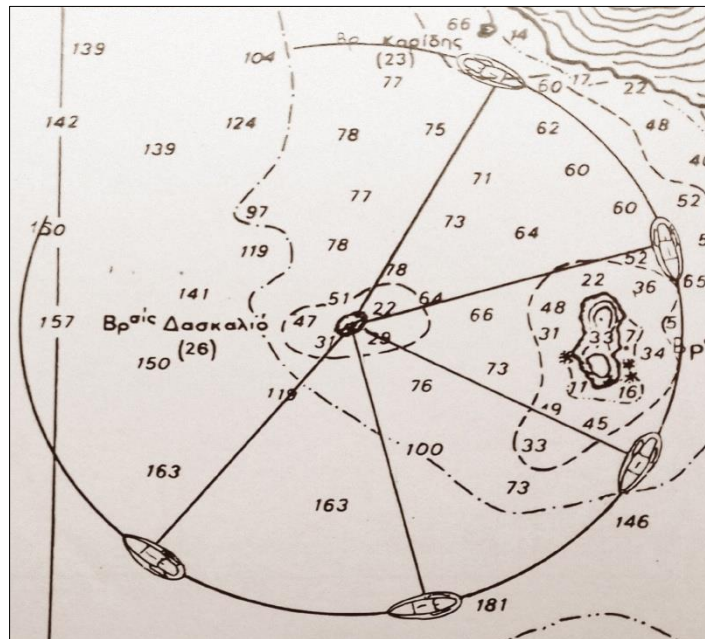


Εικόνα 1.3β.
Ευθυγράμμιση φανών.

Όταν ταξιδεύει το πλοίο έχουμε τη δυνατότητα να δούμε σε ευθυγράμμιση και φυσικά και τεχνητά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Φυσικά χαρακτηριστικά είναι ένας βράχος μέσα στη θάλασσα και ένας κάβος, δυο κάβοι, δυο βραχονησίδες, ένας βράχος μέσα στη θάλασσα και μια βουνοκορφή κλπ. Πάντοτε τα αντικείμενα που παρουσιάζονται σε ευθυγράμμιση λαμβάνονται κατά ζεύγη. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα δυο αυτά καταφανή σημεία στον ορίζοντα να σημειώνονται καθαρά στο χάρτη. Ευθυγράμμιση με τεχνητά σημεία είναι αυτή που τα δυο σημεία της έχουν

εγκατασταθεί εκεί για να εξυπηρετούν αυτό το σκοπό. Τέτοια τεχνητά χαρακτηριστικά είναι δυο φανοί, δυο στήλες, δυο καταφανή κτίσματα κλπ.

- **Απόσταση (distance).** Η μέτρηση της αποστάσεως του πλοίου από καταφανές σημείο είναι μια γραμμή θέσεως, η οποία αποτελεί τόξο περιφέρειας κύκλου, με κέντρο το καταφανές σημείο και ακτίνα την απόσταση του πλοίου. Η γραμμή θέσεως στην περίπτωση αυτή σημαίνεται με την απόσταση που μετρήθηκε σε ναυτικά μίλια και δέκατα και την ώρα λήψεως αυτής (Εικόνα 1.3γ).

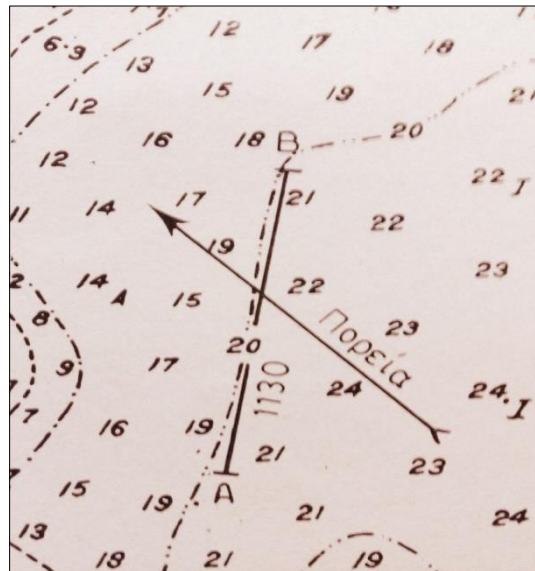


Εικόνα 1.3γ.
Απόσταση πλοίου από καταφανές σημείο.

Η μέθοδος μετρήσεως της αποστάσεως με ραντάρ έχει γενικευθεί σήμερα στα πλοία που διαθέτουν τέτοια συσκευή. Ο στόχος πρέπει να εξέχει από την επιφάνεια της θάλασσας. Πραγματοποιείται δε ανεξάρτητα από το χρόνο (μέρα – νύχτα), την ορατότητα και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Η μέτρηση αυτή θεωρείται η πιο ακριβής (ακρίβεια 20-30 m) και υπερκαλύπτει τις ανάγκες της ναυσιπλοΐας και στις πιο δυσμενείς περιπτώσεις της περιορισμένης ορατότητας. Η ακρίβεια αυτή επιτυγχάνεται απόλυτα στις μικρές κλίμακες έρευνας και εφόσον η συσκευή διαθέτει μεταβλητό σημειωτή αποστάσεων (VRM). Έτσι, σπάνια σήμερα χρησιμοποιούνται οι κλασικές μέθοδοι ναυσιπλοΐας για τη μέτρηση αποστάσεως. Αυτές είναι η μέτρηση κατακόρυφης γωνίας αντικειμένου με τον

εξάντα, προσδιορισμός αποστάσεως με τη γεωγραφική φωτοβολία φάρου και προσδιορισμός αποστάσεως με ηχητικά σήματα.

- **Ισοβαθής καμπύλη (depth contour).** Προσεγγίζουσα γραμμή θέσεως έχουμε με τη μέτρηση του βάθους της θάλασσας, που αντιστοιχεί σε ορισμένη ισοβαθή καμπύλη, σημειωμένη στο χάρτη. Σε θαλάσσιες περιοχές με σύγχρονες χαρτογραφήσεις και επαρκή κάλυψη πυκνότητας των βυθομετρήσεων, μπορούμε να έχουμε μια γραμμή θέσεως, όταν σημειώσουμε την ένδειξη του βυθομέτρου και τη συγκρίνουμε με το αντίστοιχο βάθος της ισοβαθούς που αναγράφεται στο χάρτη. Αυτή η γραμμή θέσεως είναι ακριβέστερη όσο το βάθος μεταβάλλεται ταχύτερα και η περιοχή έχει καλύτερα χαρτογραφηθεί. Όσο πυκνότερες είναι οι ισοβαθείς τόσο ακριβέστερες θεωρούνται οι γραμμές θέσεως με τη μέθοδο αυτή(Εικόνα 1.3δ).



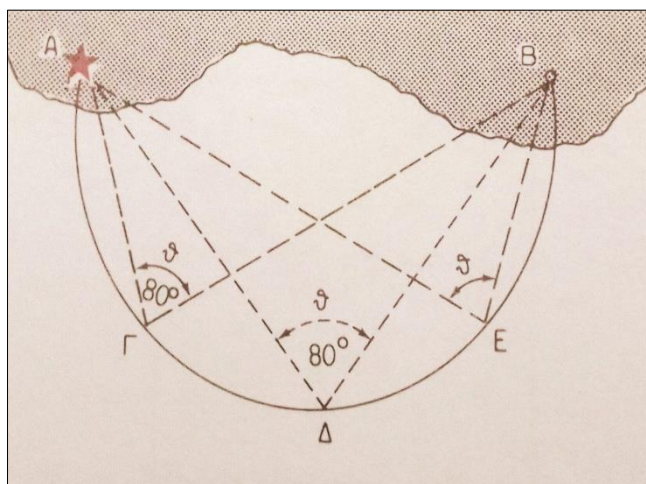
Εικόνα 1.3δ.

Γραμμή θέσεως με ισοβαθή καμπύλη.

Η πληροφορία για το βάθος της θάλασσας είναι χρήσιμη μόνο για προφύλαξη από προσάραξη. Εντούτοις είναι πολύ χρήσιμη στην ακτοπλοΐα, γιατί ενώ η ισοβαθής σαν γραμμή θέσεως είναι ποιοτικά μικρότερης αξίας από άλλες γραμμές, σε περίπτωση που το βάθος που αναγράφεται στο βυθόμετρο δεν ανταποκρίνεται στο βάθος του στίγματος του πλοίου στο χάρτη πρέπει να ανησυχήσουμε ιδιαίτερα. Γιατί, ανεξάρτητα από την ακρίβεια του στίγματος που υπολογίσαμε με διάφορες μεθόδους, αν το στίγμα αυτό δεν επαληθεύεται

και από το βάθος της θάλασσας είναι βέβαιο ότι κάτι το ύποπτο συμβαίνει που θέτει σε κίνδυνο την ασφάλεια του πλοίου.

- **Οριζόντια γωνία (horizontal angle).** Η οριζόντια γωνία δίνει γραμμή θέσεως περιφέρειας κύκλου. Στην οριζόντια γωνία χρησιμοποιούμε δυο αντικείμενα, των οποίων μετράμε με τον εξάντα τη γωνιακή μεταξύ τους απόσταση από το πλοίο. Δηλαδή οριζόντια γωνία είναι η γωνία που έχει κορυφή τον παρατηρητή και πλευρές τις κατευθύνσεις των δυο αντικειμένων. Αν μετρηθεί με τον εξάντα η οριζόντια γωνία δυο καταφανών σημείων και χαραχθεί στο χάρτη το αντίστοιχο τόξο περιφέρειας κύκλου, το οποίο να δέχεται τη γωνία που μετρήθηκε σαν εγγεγραμμένη, αυτό θα αποτελεί μια γραμμή θέσεως του πλοίου. Η οριζόντια αυτή γωνία ονομάζεται δεκτικό τμήμα. Αποτελεί μια από τις πιο ακριβείς γραμμές θέσεως γιατί είναι απαλλαγμένη από την παραλλαγή της πυξίδας (Εικόνα 1.3ε).



Εικόνα 1.3ε.
Γραμμή θέσεως με οριζόντια γωνία.

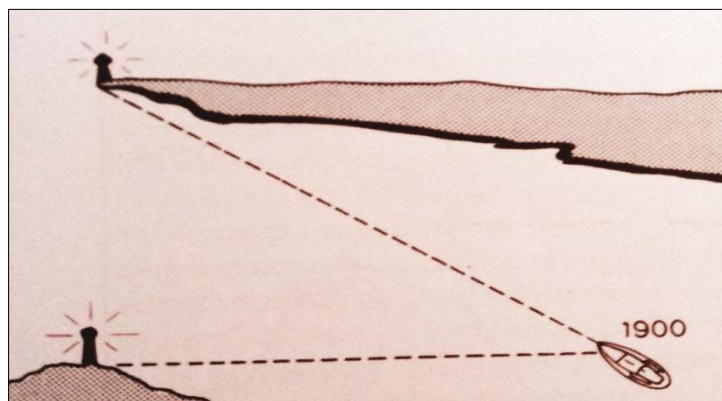
1.3.3 Προσδιορισμός ακτοπλοϊκού στίγματος ακρίβειας

Ο προσδιορισμός του ακτοπλοϊκού στίγματος ακρίβειας γίνεται με οπτικές παρατηρήσεις ή με παρατηρήσεις ραντάρ καταφανών από το πλοίο σημείων της ξηράς. Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη υποενότητα, μια γραμμή θέσεως παριστάνει σειρά διαδοχικών θέσεων του πλοίου. Ποτέ όμως μοναδική θέση του πλοίου. Εντούτοις αν μπορούμε να έχουμε στο πλοίο την ίδια ώρα δυο ή περισσότερες γραμμές θέσεως, που να τέμνονται, τότε η μοναδική θέση πάνω στη γη και στο χάρτη είναι η τομή των δυο ή

περισσότερων γραμμών θέσεως που παρατηρήσαμε από τη γέφυρα του πλοίου μας. Αυτό το σημείο τομής αποτελεί το **ακτοπλοϊκό στίγμα ακρίβειας (Fix)**. Επιτυγχάνεται δε αυτό συνδυάζοντας δυο ή και περισσότερες γραμμές θέσεως διάφορων ειδών, όπως:

➤ **Σύγχρονες διοπτύσεις:**

α) Στίγμα ακρίβειας με δυο σύγχρονες διοπτύσεις. Το στίγμα με δυο σύγχρονες διοπτύσεις δυο καταφανών σημείων αποτελεί την πιο συνήθη και απλή μέθοδο προσδιορισμού στίγματος στην ακτοπλοΐα. Στο χάρτη είναι η τομή των δυο διοπτύσεων (Εικόνα 1.3στ).



Εικόνα 1.3στ.

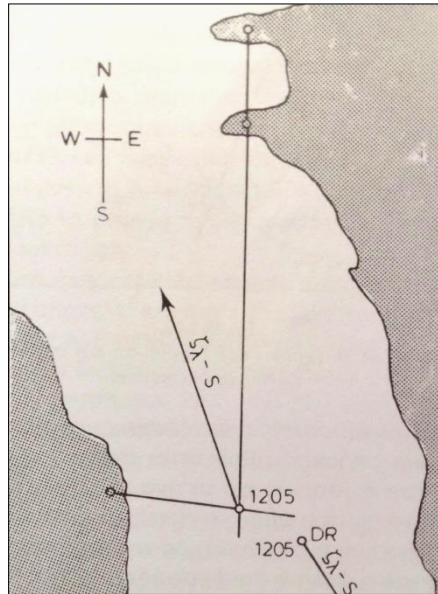
Στίγμα με δύο σύγχρονες διοπτύσεις την ώρα 19:00.

β) Στίγμα ακρίβειας με τρεις σύγχρονες διοπτύσεις. Θεωρητικά είναι δυνατό να διοπτύσουμε τρία αντικείμενα συγχρόνως. Η χάραξη στο χάρτη των τριών διοπτύσεων από τα αντίστοιχα σημεία του χάρτη δίνει ένα κοινό σημείο τομής, που αποτελεί το στίγμα με τρεις σύγχρονες διοπτύσεις. Σαν χρόνο του στίγματος θεωρούμε την ώρα λήψεως της δεύτερης – μεσαίας διοπτύσεως.

Στην πράξη όμως αποδεχόμαστε ότι υπάρχει μόνο σταθερό σφάλμα προερχόμενο από το σφάλμα της πυξίδας. Έτσι, αντί για σημείο τομής έχουμε τρίγωνο τομής ή, όπως ονομάζεται, τρίγωνο σφάλματος (cocked hat). Στη συνήθη περίπτωση που το σχηματιζόμενο τρίγωνο έχει μικρές διαστάσεις, ως στίγμα του πλοίου λαμβάνεται το φαινομενικό κέντρο του τριγώνου. Όταν όμως το τρίγωνο σφάλματος έχει σημαντικές διαστάσεις, τότε το στίγμα του πλοίου είναι το σημείο τομής των διχοτόμων του τριγώνου.

➤ **Ευθυγράμμιση και διόπτυση άλλου αντικειμένου.** Ο συνδυασμός σύγχρονης διοπτύσεως και ευθυγραμμίσεως δίνει ένα πολύ καλό ακτοπλοϊκό

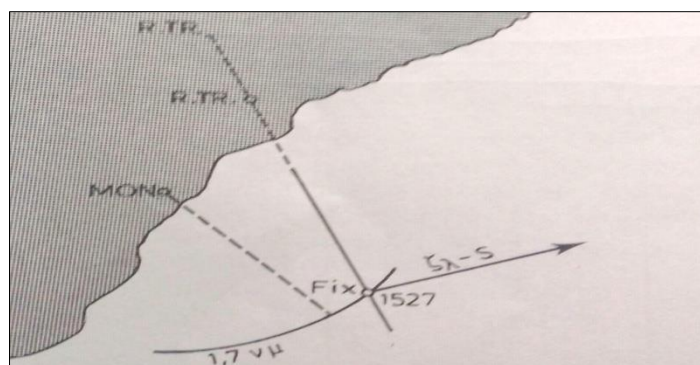
στίγμα ακριβείας, γιατί η μία γραμμή θέσεως από τις δυο που τέμνονται είναι ευθυγράμμιση. Ένα τέτοιο στίγμα μπορεί να προσδιορισθεί αν κατά την στιγμή της διέλευσης του πλοίου από την ευθυγράμμιση δυο καταφανών σημείων πάρουμε και τη διόπτευση τρίτου αντικειμένου. Το στίγμα αυτό βρίσκεται στην τομή της ευθυγραμμίσσεως και της διοπτεύσεως. Στη μέθοδο αυτή χαράσσουμε την ευθυγράμμιση και στη συνέχεια την διόπτευση που πήραμε, την οποία όμως έχουμε διορθώσει προηγουμένως για την παραλλαγή.



Εικόνα 1.3ζ.

Στίγμα με ευθυγράμμιση δυο αντικειμένων και διόπτευση τρίτου.

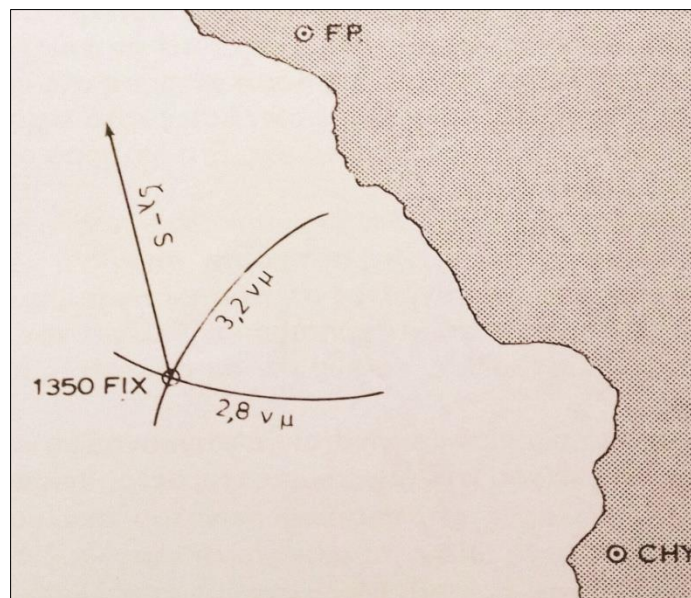
- **Ευθυγράμμιση και απόσταση.** Ο συνδυασμός σύγχρονης απόστασης και ευθυγράμμισης δίνει ένα πολύ καλό ακτοπλοϊκό στίγμα ακρίβειας. Στίγμα με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται αν κατά τη στιγμή της διελεύσεως του πλοίου από την ευθυγράμμιση δυο αντικειμένων πάρουμε και την απόσταση του ενός από αυτά ή τρίτου αντικειμένου. Το στίγμα βρίσκεται στο σημείο τομής της ευθυγράμμισης και της περιφέρειας κύκλου που γράφεται με κέντρο το σημείο και ακτίνα την απόσταση του πλοίου από αυτό (Εικόνα 1.3η).



Εικόνα 1.3η.

Στίγμα με ευθυγράμμιση και σύγχρονη απόσταση τρίτου αντικειμένου.

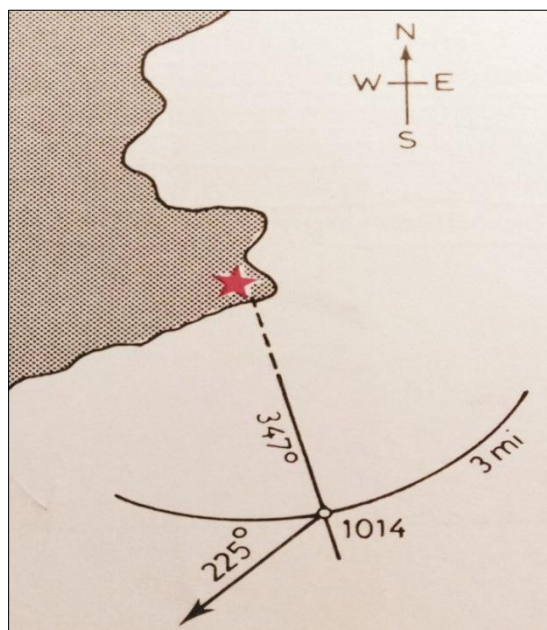
- **Σύγχρονες αποστάσεις.** Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη υποενότητα, η απόσταση του πλοίου από ένα καταφανές σημείο δίνει γραμμή θέσεως που είναι περιφέρεια κύκλου και γράφεται με κέντρο το σημείο και ακτίνα την απόσταση του πλοίου από αυτό. Σύμφωνα με αυτά, μετρώντας από το πλοίο συγχρόνως τις αποστάσεις δυο ή τριών καταφανών σημείων της ακτής βρίσκουμε ισάριθμες γραμμές θέσεως. Το σημείο τομής των περιφερειών δίνει το στίγμα του πλοίου, στον κοινό χρόνο μετρήσεως των αποστάσεων των σημείων (Εικόνα 1.30). Σημειώνεται ότι στην πραγματικότητα οι περιφέρειες τέμνονται σε δυο σημεία. Το στίγμα του πλοίου είναι η τομή που βρίσκεται πλησιέστερα προς το στίγμα αναμετρήσεως.



Εικόνα 1.30.
Στίγμα με δυο σύγχρονες αποστάσεις.

- **Συνδυασμός διόπτρευσης και απόστασης.** Το στίγμα με σύγχρονη διόπτρευση και απόσταση βρίσκεται στο σημείο τομής της περιφέρειας, που γράφεται με κέντρο το σημείο και ακτίνα την απόσταση, και της διοπτρεύσεως που χαράσσεται από το διοπτρεύμενο αντικείμενο (Εικόνα 1.31). Η μέθοδος αυτή παρουσιάζεται σε δυο μορφές. Η μια είναι ο συνδυασμός της διόπτρευσης και απόστασης του ίδιου αντικειμένου και η άλλη ο συνδυασμός της διόπτρευσης του ενός αντικειμένου και της απόστασης δεύτερου αντικειμένου. Στη μέθοδο αυτή, η απόσταση μετρείται συνήθως με το ραντάρ και η διόπτρευση με το παλινώριο της πυξίδας ή με το ραντάρ, ή ακόμα με το ραδιογωνιόμετρο

(ραδιοδιόπτρευση).



Εικόνα 1.3ι.

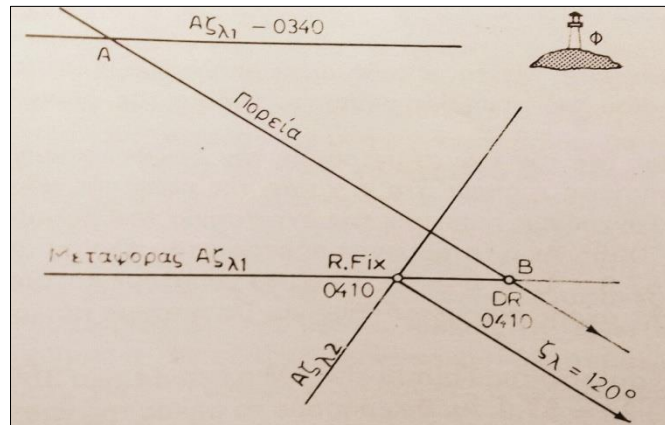
Στίγμα με σύγχρονη διάπτευση και απόσταση του ίδιου αντικειμένου.

- **Διόπτρευση φάρου τη στιγμή που εμφανίζεται στον ορίζοντα.** Κατά βάση πρόκειται για προσδιορισμό στίγματος κατά την εμφάνιση του εστιακού φωτός φάρου. Αποτελεί δε μερική εφαρμογή της μεθόδου ευρέσεως στίγματος με σύγχρονη μέτρηση απόστασης και διόπτρευσης του ίδιου αντικειμένου. Παίρνουμε από το χάρτη ή φαροδείκτη το ύψος του φάρου, έχοντας συγχρόνως και το γνωστό ύψος παρατηρητή από την θάλασσα. Από τους ειδικούς πίνακες του Almanac, εισερχόμαστε με ύψος φάρου και ύψος παρατηρητή και βρίσκουμε την απόσταση εμφάνισης του φάρου. Στη συνέχεια με κέντρο το φάρο και ακτίνα την απόσταση εμφάνισης χαράσσουμε περιφέρεια κύκλου, η οποία θα αποτελεί και το γεωμετρικό τόπο του στίγματος του πλοίου, όταν εμφανισθεί το εστιακό φως του φάρου. Ακολούθως με την εμφάνιση του εστιακού φωτός παίρνουμε τη διόπτρευση αυτού $Aζ_{\pi}$ σημειώνοντας και το χρόνο λήψεως, την οποία μετατρέπουμε σε αληθή $Aζ_{\lambda}$ και την χαράσσουμε από το φάρο. Το σημείο τομής της χαραχθείσης διοπτρεύσεως και της χαραχθείσης περιφέρειας με κέντρο το φάρο και ακτίνα την απόσταση εμφάνισης δίνει το στίγμα του πλοίου κατά το χρόνο λήψεως της διοπτρεύσεως.

- **Συνδυασμός διόπτεισης και ισοβαθούς.** Στη μέθοδο αυτή το στίγμα βρίσκεται στο σημείο τομής της διοπτύσεως και της ισοβαθούς. Κατά την πρόοδο του πλου παρακολουθούμε τις ενδείξεις του βυθομέτρου, από τις οποίες, προσθέτοντας το βύθισμα του πλοίου γνωρίζουμε το βάθος της θάλασσας, το οποίο συγκρίνουμε με τα βυθίσματα των ισοβαθών του χάρτη στην περιοχή του στίγματος αναμετρήσεως. Όταν βεβαιωθούμε ότι πραγματικά βρήκαμε βάθος ίδιο με το αναγραφόμενο στην ισοβαθή, τότε σημειώνουμε το χρόνο λήψεως, λαμβάνοντας συγχρόνως και μια διόπτειση αντικειμένου, που να σημειώνεται στο χάρτη της περιοχής αυτής. Η τομή των δυο γραμμών δίνει το στίγμα κατά την ώρα λήψεως της ισοβαθούς και της διοπτύσεως.

1.3.4 Στίγμα μεταφοράς

Μέχρι εδώ έχουν αναπτυχθεί οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην ακτοπλοΐα, για τον προσδιορισμό ακριβούς στίγματος με σύγχρονες παρατηρήσεις. Στην πράξη όμως δεν είναι πάντοτε δυνατή η σύγχρονη παρατήρηση, είτε γιατί δεν διατίθενται την ώρα που θέλουμε όλα τα κατάλληλα αντικείμενα, είτε γιατί οι συνθήκες παρατήρησης δεν ευνοούν τη σύγχρονη παρατήρηση των αντικειμένων. Έτσι, όταν δεν μπορούμε να έχουμε στίγμα ακρίβειας με σύγχρονες γραμμές θέσεως, μπορούμε να έχουμε στίγμα με μια παρατήρηση και μια γραμμή θέσεως «**εκ μεταφοράς**». Το στίγμα μεταφοράς μπορεί να βρεθεί με διόπτειση ενός αντικειμένου και μεταφορά προγενέστερης διοπτύσεως του ίδιου αντικειμένου. Για την υποτύπωση στο χάρτη ενός τέτοιου στίγματος μεταφοράς, παίρνουμε διόπτειση $Aζ_{\pi 1}$ ενός αντικειμένου, σημειώνουμε την ώρα λήψεως, τη διορθώνουμε σε $Aζ_{\lambda 1}$ και τη χαράσσουμε στο χάρτη. Από τη χρονική στιγμή λήψεως της $Aζ_{\pi 1}$ τηρούμε ακριβή αναμέτρηση. Όταν η διόπτειση του αντικειμένου μεταβληθεί περισσότερο από 30° , παίρνουμε δεύτερη διόπτειση $Aζ_{\pi 2}$ του ίδιου αντικειμένου σημειώνοντας την ώρα λήψεως. Διορθώνουμε την $Aζ_{\pi 2}$ σε $Aζ_{\lambda 2}$. Χαράσσουμε από το ίδιο αντικείμενο την $Aζ_{\lambda 2}$. Υπολογίζουμε τη μεταφορά της $Aζ_{\lambda 1}$ για το μεσολαβούντα πλου. Μεταφέρουμε με το διαπάλληλο την $Aζ_{\lambda 1}$ μέχρι να περάσει από το σημείο που υπολογίσαμε. Το σημείο τομής των δυο διοπτύσεων αποτελεί το στίγμα μεταφοράς. Ως ώρα του στίγματος σημειώνουμε την ώρα λήψεως της δεύτερης διόπτεισης $Aζ_{\pi 2}$ (Εικόνα 1.3κ).



Εικόνα 1.3κ.

Στίγμα μεταφοράς διαδοχικών διοπτρεύσεων του ίδιου αντικειμένου.

1.4 Ωκεανοπλοΐα

1.4.1 Εισαγωγή

Στη ναυσιπλοΐα μακριά από τις ακτές, ωκεανοπλοΐα, δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε τις μεθόδους ακτοπλοϊκής ναυσιπλοΐας. Αν εξαιρέσουμε τις μεθόδους ραδιοναυσιπλοΐας μεγάλων αποστάσεων, τότε η εφαρμογή μεθόδων αστρονομικής ναυσιπλοΐας αποτελεί την παραδοσιακή και συνήθη πρακτική προσδιορισμού του στίγματος και της επιλύσεως των συναφών προβλημάτων στην ωκεανοπλοΐα, χρησιμοποιώντας ευδιάκριτα και παρατηρήσιμα ουράνια σώματα. Απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις σφαιρικής τριγωνομετρίας, αστρονομικών παρατηρήσεων, ραδιοναυτιλίας κλπ. καθώς και απαραίτητες γνώσεις χειρισμού ειδικών οργάνων και συσκευών, η πλήρης γνώση των οποίων και διασφαλίζει την ακρίβεια των επιχειρούμενων πλόων καθώς και την ακριβή κάθε φορά θέση του πλοίου στους ωκεανούς.

Βέβαια σήμερα με την αλματώδη εξέλιξη των ναυτιλιακών οργάνων η ωκεανοπλοΐα καθίσταται σχετικά πολύ εύκολη πλην όμως οι γνώσεις περί αυτής καθίστανται εξ ίσου αναγκαίες και απαραίτητες τουλάχιστον στην επαλήθευση των ενδείξεων των οργάνων αυτών ή στην αντιμετώπιση τυχόν βλάβης αυτών.

1.4.2 Όργανα ναυσιπλοΐας

Για την ασφαλή εκτέλεση των ταξιδιών οι ναυτικοί ήταν υποχρεωμένοι να

χρησιμοποιούν ορισμένα ναυτικά όργανα για την εφαρμογή των κανόνων της ναυσιπλοΐας. Κάποια από αυτά ήταν ο αστρολάβος, ο εξάντας, ο οκτάντας, ο τετράντας, η πυξίδα κ.α. Ας δούμε όμως αναλυτικότερα τη χρήση και τη μορφή των σημαντικότερων ναυτικών οργάνων που χρησιμοποιούσαν οι ναυτικοί για αστρονομικές παρατηρήσεις και την ασφαλή τήρηση της πορείας του πλοίου.

- **Αστρολάβος.** Ο αστρολάβος είναι αρχαίο αστρονομικό όργανο που χρησιμοποιούνταν για να παρατηρηθούν ο ήλιος, η σελήνη, οι πλανήτες και τα αστέρια και να προσδιοριστεί το ύψος τους επάνω στον ορίζοντα. Σύμφωνα με όσα αναφέρουν οι αρχαίοι, ο αστρολάβος εφευρέθηκε τον 2^ο αιώνα π.Χ. από τον Ίππαρχο. Σύμφωνα με τον Πτολεμαίο ο αστρολάβος ήταν ένα είδος γεωγραφικού χάρτη. Στον Μεσαίωνα ο αστρολάβος ήταν το κύριο όργανο ναυσιπλοΐας, αργότερα όμως αντικαταστάθηκε από τον εξάντα. Ο ναυτικός αστρολάβος και ο παραπλήσιος τεταρτοκυκλικός κατασκευάστηκαν για αποκλειστική χρήση επάνω στα πλοία και μεθόδευαν την εύρεση του γεωγραφικού πλάτους στην ανοικτή θάλασσα με αστρονομικό τρόπο.

Ο αρχαιότερος και βασικός τύπος καλείται επιπεδοσφαιρικός αστρολάβος. Ανακαλύφθηκε, πιθανότατα, από τους Έλληνες ή Αλεξανδρινούς γύρω στο 100 π.Χ. ή και ακόμη παλαιότερα και εξελίχθηκε αργότερα από τους Άραβες. Στην αρχαία μορφή του ο αστρολάβος αποτελούνταν από ένα ξύλινο δίσκο που ήταν κρεμασμένος από έναν κρίκο. Στην άκρη του δίσκου ήταν χαραγμένες οι υποδιαίρέσεις του κύκλου. Ακόμη, υπήρχε ένα σκόπευτρο το οποίο περιστρέφονταν πάνω σε ένα κεντρικό άξονα με το οποίο μπορούσε κάποιος να σκοπεύσει τον ήλιο και τα αστέρια. Με το πέρασμα του χρόνου οι αστρολάβοι εξελίχθηκαν. Έγιναν μεταλλικοί και με αυτούς με αυτούς μπορούσες να προσδιορίσεις ακόμη και την ώρα. Στις αρχές του 20ου αιώνα είχαμε την εμφάνιση του πρισματικού αστρολάβου που επέτρεπε την ανάκλαση των ακτινών ενός ουράνιου σώματος πάνω σε υδραργυρική επιφάνεια και προσδιόριζε τη χρονική στιγμή που ο αστέρας έφθανε σε ορισμένο ύψος πάνω από τον ορίζοντα.

Κατά βάση ο αστρολάβος είναι ένα απλό μοντέλο ή πιο σωστά, ένα ανάλογο της γης και του ουρανού πάνω σε δύο επίπεδους δίσκους. Αυτοί είναι, συνήθως, κατασκευασμένοι από ορείχαλκο και έχουν διάμετρο μέχρι 25 εκατοστά. Ο ένας από τους δίσκους αναπαριστά τη γη και είναι χαραγμένος

με γραμμές, που αναπαριστούν τους μεσημβρινούς, τους παράλληλους, τον ορίζοντα του παρατηρητή και άλλες γωνίες πάνω από τον ορίζοντα. Επειδή είναι σχεδιασμένος, για να χρησιμοποιηθεί σε ένα ορισμένο παράλληλο, συνήθως υπάρχουν πολλοί δίσκοι της γης, για να χρησιμοποιείτε το όργανο σε διάφορα πλάτη. Ο άλλος δίσκος ονομάζεται «δίχτυ» ή «ιστός» εξαιτίας του σχήματός του. Είναι ένας απλός χάρτης του ουρανού, όπου οι θέσεις των λαμπερών αστερών σημειώνονται με καμπυλωμένους δείκτες. Σημειώνεται, επίσης, και η εκλειπτική γραμμή, η διαδρομή, δηλαδή, του ήλιου ανάμεσα στα άστρα. Οι δίσκοι αυτοί επικάθονται σε έναν τρίτο, το «μητρικό», που διαθέτει κλίμακα με ώρες στην περιφέρεια του εξωτερικά. Το δίχτυ είναι ελεύθερο να περιστρέφεται γύρω από το κέντρο.

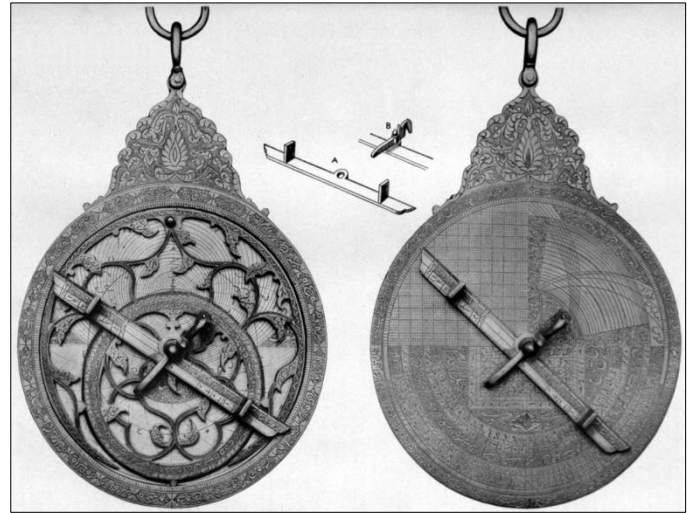
Ο μηχανισμός αυτός έχει τη δυνατότητα να ρυθμιστεί, για να μας δείξει οποιαδήποτε ημέρα και ώρα την εικόνα του ουρανού. Όταν έχουμε σκοπό να μετρήσουμε την πραγματική θέση του ήλιου και των άστρων, πάνω στον ίδιο άξονα, αλλά στο πίσω μέρος του μητρικού δίσκου, τοποθετείται ένας σκοπευτικός μηχανισμός, που καλείτε κλιτομετρικός κανόνας και έχει μια βαθμονομημένη κλίμακα γύρω από το εξωτερικό του χείλος. Ο αστρολάβος κρεμιέται από την κορυφή με ένα δαχτυλίδι, για να διατηρείται πάντα κατακόρυφος. Ο κλιτομετρικός κανόνας μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για χωρομέτρηση, π.χ. για να βρούμε το ύψος ενός κτιρίου. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούταν μια ορθογωνική κλίμακα, που είχε ένα οριζόντιο σκέλος, για να αναπαριστά το έδαφος και ένα κατακόρυφο σκέλος για το κτίριο. Ο παρατηρητής στεκόταν στο άκρο της σκιάς του κτιρίου και κρατούσε τον αστρολάβο, έτσι, ώστε η σκιά του ενός άκρου του κλιτομετρικού κανόνα να πέσει στο άλλο άκρο. Τότε η γωνία στο πίσω μέρος του αστρολάβου ήταν η ίδια με τη γωνία, που σχηματίζει το κτίριο με τη σκιά του, όποτε το ύψος του κτιρίου ήταν δυνατό να υπολογισθεί.

Πριν μπουν σε χρήση τα αστρονομικά ημερολόγια και οι πίνακες, ο αστρολάβος χρησιμοποιούταν, για να ανευρίσκεται η ώρα της ημέρας, ώρα της ανατολής και δύσεως του ήλιου και των άστρων κλπ. Για ανθρώπους, που ήταν εξαρτημένοι από τον ήλιο, τα άστρα και την αστρολογία περισσότερο από ό,τι εμείς, ο αστρολάβος ήταν ένα ανεκτίμητο όπλο. Ο αστρολάβος πέρασε σε αχρηστία, όταν οι αστρονομικοί υπολογισμοί έγιναν περισσότερο ακριβείς και τα μηχανικά ωρολόγια, τα οποία είναι περισσότερο ακριβή.

Παρόλα αυτά, η χρήση του συνεχιζόταν στις αραβικές χώρες μέχρι και το 19ο αιώνα. Χρησιμοποιήθηκε, επίσης, πολύ στη Δυτική Ευρώπη το 14ο αιώνα και αργότερα, όταν πέρασε σε αχρηστία το 17ο αιώνα, ήταν ένα διακοσμητικό αντικείμενο της εποχής. Με την ανακάλυψη του τετράντα, του πρόδρομου του εξάντα, το 17ο αιώνα μπήκε σε αχρηστία.



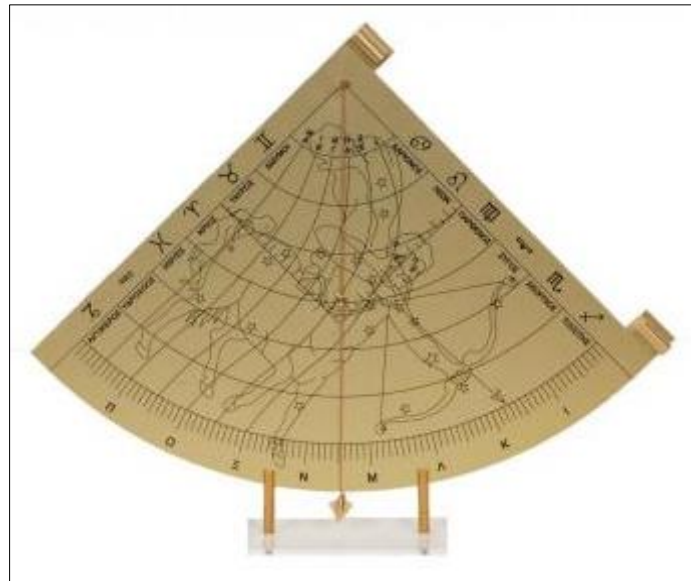
Εικόνα 1.4α.
Βυζαντινός αστρολάβος από το 1026 μ.Χ.



Εικόνα 1.4β.
Περσικός αστρολάβος του 1712.

- **Τετράντας.** Πρόκειται για ένα μετρητικό όργανο που χρησιμοποιούνταν στην αστρονομία και τη ναυσιπλοΐα για τον υπολογισμό αστρονομικών μεγεθών και στην τοπογραφία και την οικοδομική για τη μέτρηση γήινων αποστάσεων (π.χ. το ύψος ενός κτηρίου). Αποτελούνταν από ένα βαθμονομημένο σε μοίρες τεταρτοκύκλιο που στη μία ακμή του έφερε μια σκοπευτική διάταξη και από το κέντρο του αιωρούνταν ένα βαρίδιο. Το γεωγραφικό πλάτος κάθε τόπου μπορούσε να βρεθεί άμεσα με τη σκόπευση του πολικού αστέρα (ισοδυναμούσε με τη συμπληρωματική γωνία της γωνίας που σχημάτιζε η γραμμή σκόπευσης με το νήμα) και έμμεσα από τη μέτρηση της μεσουράνησης κάποιου άλλου ουρανίου σώματος (π.χ. του ήλιου). Αργότερα στην επιφάνεια του οργάνου χαράχθηκαν ευθύγραμμες κλίμακες για τη μετατροπή των γήινων γωνιών σε αναλογίες μηκών αλλά και μηνιαία τόξα με καμπύλες ωριαίες γραμμές για ένα ή περισσότερα γεωγραφικά πλάτη. Επίσης προστέθηκε ένα κινητό κουμπί που ολίσθαινε κατά μήκος του νήματος και ρυθμιζόταν ανάλογα με το μήνα που υποδείκνυε ο ζωδιακός στις ακμές του οργάνου (Εικόνα 1.4γ). Το όργανο με δεδομένη οποιαδήποτε ώρα της

ημέρας μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εντοπιστής θέσης ενώ με δεδομένο το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ως ηλιακό ωρολόγιο.



Εικόνα 1.4γ.
Ο τετράντας του Ιπάρχου 2^{ος} αιώνας π.Χ.

- **Οκτάντας.** Όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ύψους του Ηλίου ή κάποιου άλλου ουράνιου σώματος πάνω από τον ορίζοντα στη θάλασσα. Ο οκτάντας που εφευρέθηκε από τον Τζων Χάντλεϊ (Βρετανός αστρονόμος και μαθηματικός), αποτελείται από μια σταθερή υλική γωνία 45 μοιρών (= 1/8 περιφέρειας κύκλου = 1 ογδοημόριο, από το οποίο πήρε και το



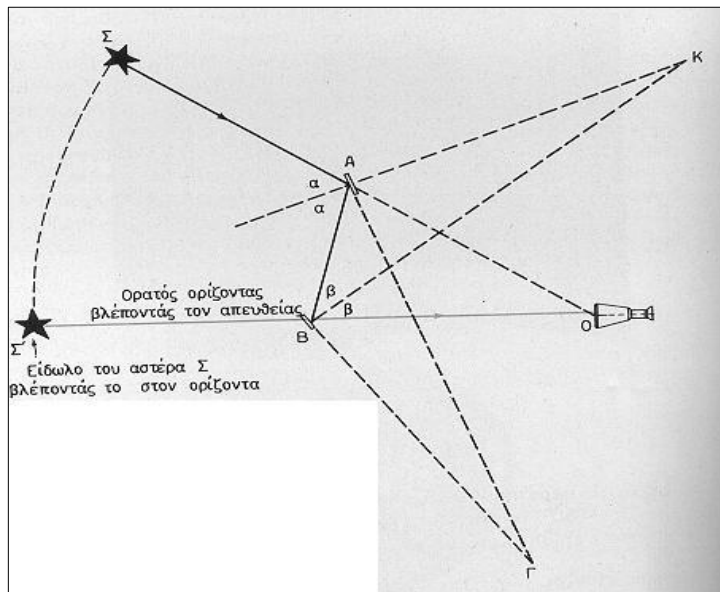
Εικόνα 1.4δ.
Ο οκτάντας που εφευρέθηκε το 1731 από τον Τζων Χάντλεϊ.

όνομά του), από έναν περιστρεφόμενο βραχίονα μπροστά σε μια σταθερή

άντυγα και ένα σύστημα κατόπτρων (Εικόνα 1.4δ). Στη συσκευή που επινόησε ο Χάντλεϋ, ένας κινητός βραχίονας που φέρει ένα κάτοπτρο και μπορεί να περιστρέφεται ως προς ένα βαθμονομημένο τόξο, δίνει ένα είδωλο του ουράνιου σώματος, το ύψος του οποίου μετρείται όταν το είδωλο αυτό συμπέσει με τη γραμμή του ορίζοντα, η οποία παρατηρείται απευθείας. Αν η θέση του σώματος στην ουράνια σφαίρα και ο χρόνος της παρατήρησης είναι γνωστά, είναι εύκολο να υπολογισθεί το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται ο παρατηρητής.

- **Εξάντας.** Ο ναυτικός εξάντας ή παλέστρα αποτελεί είδος γωνιομετρικού οργάνου, με το οποίο μετρούμε στη θάλασσα τα ύψη των ουρανίων σωμάτων, καθώς και τις κατακόρυφες και οριζόντιες γωνίες των γήινων αντικειμένων.

Η αρχή λειτουργίας του εξάντα βασίζεται στο φαινόμενο της ανακλάσεως. Είναι γνωστό από την οπτική ότι η γωνία προσπτώσεως που σχηματίζεται από την οπτική ακτίνα σε επίπεδο, είναι ίση με τη γωνία ανακλάσεως. Στο ναυτικό



Εικόνα 1.4ε.
Αρχή λειτουργίας εξάντα.

εξάντα για τη μέτρηση των γωνιακών αποστάσεων εφαρμόζεται η αρχή της διπλής ανακλάσεως.

Έστω ότι έχουμε δύο καθρέφτες A και B, από τους οποίους ο A είναι κινητός και ο B ακίνητος. Οι καθρέφτες αυτοί σχηματίζουν την οξεία

γωνία Γ. Έστω ακόμα ότι θέλουμε να μετρήσουμε τη

γωνιακή απόσταση δύο αντικειμένων Σ και Σ'. Η οπτική ακτίνα ΣΑ του αντικειμένου Σ προσπίπτει διαδοχικά στους καθρέφτες A και B και παίρνει την τελική κατεύθυνση ΒΟ όπου στο σημείο Ο είναι το μάτι του παρατηρητή. Οι ΑΚ και ΒΚ είναι οι κάθετες των καθρεφτών A και B, που τέμνονται στο Κ. Για να επιτευχθεί η συνθήκη αυτή μετρήσεως της γωνιακής αποστάσεως των

δύο αντικειμένων, πρέπει να παρατηρήσουμε το Σ μέσω διπλής ανακλάσεως με τους δύο καθρέφτες και το Σ' απευθείας μέσω διαφανούς τμήματος γυαλιού του ακίνητου καθρέφτη. Αν στρέψουμε κατάλληλα τον κινητό καθρέφτη A , η προσπίπτουσα ακτίνα ΣA ανακλάται πρώτα στον καθρέφτη A . Στη συνέχεια ανακλάται για δεύτερη φορά στον ακίνητο καθρέφτη και τελικά καταλήγει στο μάτι του παρατηρητή O . Ωστε, τη στιγμή αυτή θα συμπέσουν η τελική ανακλώμενη BO και η ακτίνα $\Sigma'O$, του αντικειμένου που βλέπουμε απευθείας. Έτσι θα συμπέσουν και τα αντικείμενα Σ και Σ' . Κατά τη στιγμή αυτή της συμπτώσεως του ειδώλου του Σ με το αντικείμενο Σ' , που βλέπουμε απευθείας, οι δύο καθρέφτες θα σχηματίζουν γωνία Γ , η οποία, όπως αποδείχθηκε, είναι το μισό της γωνίας O των αντικειμένων. Αν το αντικείμενο Σ είναι αστέρι και επιθυμούμε να μετρήσουμε το ύψος του, τότε, αντί για το αντικείμενο Σ' , θα παρατηρήσουμε απευθείας τον ορατό ορίζοντα, στον οποίο θα φροντίσουμε να φέρουμε το είδωλο της διπλής ανακλάσεως του Σ , με κατάλληλη στροφή του κινητού καθρέφτη. Για τη μέτρηση όμως της γωνιακής αποστάσεως δύο αντικειμένων, πρέπει να διπλασιάζουμε κάθε φορά τη μετρούμενη γωνία των καθρεφτών. Επειδή όμως αυτό αποτελεί μια πρόσθετη διαδικασία, οι υποδιαιρέσεις στο τόξο αναγνώσεως των γωνιών παριστάνουν γωνίες διπλάσιες από τις αντίστοιχες των καθρεφτών.

Ο ναυτικός εξάντας είναι όργανο ακριβείας και ήταν βασικό όργανο μέτρησης από τον 18ο αιώνα μέχρι τις αρχές του 20ου, σήμερα έχει περιπέσει σε αχρηστία γιατί έχουν κατασκευασθεί άλλα όργανα. Χρησιμοποιείται από το ναυτιλλόμενο κυρίως για τη μέτρηση υψών ουρανίων σωμάτων αλλά και για τη μέτρηση οριζοντίων και κατακόρυφων γωνιών γήινων αντικειμένων. Κατά την παρατήρηση του ύψους, ο εξάντας κρατείται κατακόρυφος και το είδωλο ουράνιου σώματος έρχεται σε επαφή με τον ορίζοντα με την κατάλληλη μετακίνηση του κανόνα, στον οποίο είναι προσαρμοσμένος ο μεγάλος, κινητός καθρέφτης. Η ανάγνωση του εξάντα αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή παρατηρήσεως. Το ύψος ενός ουρανίου σώματος στον εξάντα είναι το τόξο του κάθετου κύκλου από τον ορατό ορίζοντα μέχρι το ουράνιο σώμα.

Οι παλιότεροι θαλασσοπόροι προσδιόριζαν τη θέση του πλοίου τους στην ανοικτή θάλασσα με τη μέτρηση των γωνιών που σχημάτιζαν τα ουράνια σώματα, δηλαδή ο ήλιος, η σελήνη, ή τα άστρα, με τον ορίζοντα. Τα πρώτα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση αυτών των γωνιών ήταν οι

αστρολάβοι. Στις περισσότερες περιπτώσεις με τον αστρολάβο, ήταν απαραίτητη η σκόπευση ταυτόχρονα και του αστέρα και του ορίζοντα, από το κατάστρωμα του πλοίου, οδηγώντας έτσι συχνά σε ανακριβείς υπολογισμούς. Η συσκευή που αντικατέστησε τους αστρολάβους ήταν ο εξάντας.

Πρόδρομη συσκευή του εξάντα ήταν ο οκτάντας, που εφευρέθηκε από τον Τζόν Χάντλεϊ το 1731. Διέφερε στο σχεδιασμό από τον εξάντα μόνο στην τοξοειδή κλίμακα που έχουν τα δυο όργανα: ο οκτάντας έχει κλίμακα ενός ογδού του κύκλου, δηλαδή 45 μοιρών, ενώ ο εξάντας έχει κλίμακα ενός έκτου του κύκλου, δηλαδή 60 μοιρών. Τα δυο όργανα μετρούν τη γωνία της προσπίπτουσας φωτεινής ακτίνας (π.χ. από έναν αστέρα) σε σχέση με τον ορίζοντα, αλλά ο οκτάντας φτάνει να μετρά μέχρι 90 μοίρες γωνία, ενώ ο εξάντας μέχρι 120 μοίρες. Ο εξάντας ανακαλύφθηκε, σαν εξέλιξη του οκτάντα, από τον Άγγλο αξιωματικό του Ναυτικού Τζον Κάμπελ το 1757.

Ο εξερευνητής Τζέιμς Κουκ εκμεταλλεύτηκε πλήρως τις δυνατότητες του εξάντα για τη μέτρηση όχι μόνο κατακόρυφων γωνιών, αλλά γωνιών με οποιαδήποτε κλίση. Μετρώντας τη γωνία μεταξύ της σελήνης και ενός δοσμένου αστέρα, και με τη βοήθεια πινάκων της κίνησης της σελήνης μπορούσε να υπολογίζει ακριβή χρόνο, που του έδινε τη δυνατότητα να βρίσκει το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της θέσης του πλοίου του.

Ο ναυτικός εξάντας υπόκειται σε 7 είδη σφαλμάτων, από τα οποία τα 4 δεν μπορούν να ρυθμιστούν από το ναυτιλλόμενο, ενώ τα υπόλοιπα 3 μπορούν να ρυθμιστούν. Δεν ρυθμίζεται το:

- 1) Σφάλμα υποδιαίρεσεως του τόξου της ίτυος, του μικρομετρικού τυμπάνου και του βερνιέρου.
- 2) Σφάλμα έκκεντρης τοποθέτησεως του κανόνα.
- 3) Σφάλμα παραλληλότητας των δυο όψεων των καθρεφτών και χρωματιστών γυαλιών.
- 4) Σφάλμα παραλληλότητας οπτικού άξονα τηλεσκοπίου.

Τα ρυθμιζόμενα σφάλματα εξάντα στο πλοίο είναι:

- 1) Σφάλμα καθετότητας μεγάλου καθρέφτη ως προς το επίπεδο του στελέχους.
- 2) Σφάλμα καθετότητας μικρού καθρέφτη ως προς το επίπεδο του στελέχους.
- 3) Σφάλμα παραλληλότητας των καθρεφτών στο σημείο συρινισμού.

➤ **Πυξίδα.** Η πυξίδα (από την αρχαία ελληνική λέξη *πυξίς - ίδος*, που αρχικά σημαίνει ξύλινο κουτί) είναι όργανο με το οποίο επιτυγχάνεται ο προσανατολισμός του χρήστη, δείχνοντάς του την κατεύθυνση του Βορρά. Αποτελεί το βασικότερο όργανο ναυσιπλοΐας, που συνδυάζεται απόλυτα με την ασφάλεια του πλου. Με την πυξίδα τηρείται η πλεύση – πορεία και με αυτή και τη βοήθεια του παλινωρίου μετρούνται οι διοπτεύσεις. Επειδή το όργανο αυτό αναπτύχθηκε εξ ανάγκης στη ναυτιλία αλλά και εκ της σημαντικότητάς του σε αυτή, ονομάζεται συνηθέστερα ναυτική πυξίδα. Η ναυτική πυξίδα σήμερα διακρίνεται στην μαγνητική πυξίδα (magnetic compass) που βασίζεται στη λειτουργία της μαγνητικής βελόνας και στην γυροσκοπική πυξίδα που βασίζεται στην ταχεία περιστροφή του ελεύθερου γυροσκοπίου με μηδενικό σχεδόν σφάλμα.

α) Μαγνητική πυξίδα. Η αρχή λειτουργίας της μαγνητικής πυξίδας βασίζεται στο ότι μία βελόνα, κατασκευασμένη από κατάλληλο σιδηρομαγνητικό υλικό και αναρτημένη από μία κλωστή, προσανατολίζεται παράλληλα με τις γραμμές του μαγνητικού πεδίου της γης στην περιοχή που βρίσκεται και ηρεμεί με κατεύθυνση τον μαγνητικό μεσημβρινό του τόπου. Κατ' αυτή την έννοια, η μαγνητική πυξίδα ευθυγραμμίζεται στην κατεύθυνση του μαγνητικού Βορρά όταν βρίσκεται στην ξηρά. Στα σιδερένια πλοία η μαγνητική βελόνα της πυξίδας δείχνει την κατεύθυνση του Βορρά πυξίδας, λόγω συνδυασμένης επίδρασης του γήινου μαγνητισμού και εκείνου του πλοίου. Οι ενδείξεις της, επομένως, για να αναχθούν σε αληθείς, πρέπει να διορθωθούν κατά την παραλλαγή, δηλαδή για τη μαγνητική απόκλιση και παρεκτροπή.

β) Γυροσκοπική πυξίδα. Γυροσκοπική πυξίδα, ή γυροπυξίδα, ονομάζεται η πυξίδα της οποίας η λειτουργία βασίζεται στην κίνηση του γυροσκοπίου αντί της μαγνητικής βελόνας που φέρουν οι μαγνητικές πυξίδες.

Η κατασκευή της γυροσκοπικής πυξίδας βασίστηκε στις ιδιότητες του γυροσκοπίου που επινόησε και κατασκεύασε ο Λέων Φουκώ, ο οποίος το 1851 ασχολούμενος με την απόδειξη περιστροφής της Γης περί τον άξονά της χρησιμοποίησε την ιδιότητα του εκκρεμούς που διατηρούσε το επίπεδο αιώρησής του, (στο χώρο), σταθερό, με το γνωστό πείραμα που επιχείρησε στο Πάνθεον των Παρισίων. Επειδή όμως το πείραμα εκείνο δεν θεωρήθηκε απόλυτα ικανοποιητικό, λόγω της συνύπαρξης της βαρύτητας, τον επόμενο

χρόνο, το 1852 χρησιμοποιώντας το παιγνίδι "σβούρα", κατασκεύασε το γυροσκόπιο όπου με τη βασική ιδιότητα που παρατηρείται σε αυτό, της λεγόμενης γυροσκοπικής αδράνειας, κατάφερε να αποδείξει εκ νέου την περιστροφή της Γης, χωρίς αυτή τη φορά τη συμμετοχή της βαρύτητας στο πείραμά του. Από τότε παρήλθε σχεδόν μισός αιώνας όταν η ηλεκτρική ενέργεια κατέστησε δυνατή την περιστροφή του γυροσκοπίου και την παρακολούθησή του από τους επιστήμονες για την τεχνική εφαρμογή του σε διάφορους τομείς, σημαντικότερη των οποίων και ήταν η κατασκευή της γυροσκοπικής πυξίδας.

Για να κατασκευαστεί μια τέτοια πυξίδα θα πρέπει το χρησιμοποιούμενο μέσον να διατηρεί σταθερή κατεύθυνση ως προς το επίπεδο του ορίζοντα και η κατεύθυνση αυτή να είναι γνωστή. Επίσης ο άξονας περιστροφής του γυροσφονδύλου των γυροσκοπικών πυξίδων μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας διατηρεί σταθερή κατεύθυνση στο χώρο διατηρώντας σταθερή θέση προς τον Γήινο Μαγνητικό Πόλο όπου και στην πραγματικότητα καθίσταται παράλληλος με τον μεσημβρινό του τόπου που βρίσκεται.

Κύριο και βασικό πλεονέκτημα των γυροσκοπικών πυξίδων έναντι των μαγνητικών είναι ακριβώς ότι ο άξονας περιστροφής του γυροσκοπίου τους στρέφεται προς την κατεύθυνση του αληθιού Βορρά – Νότου και παραμένει σταθερά εκεί, χωρίς να επηρεάζεται από μαγνητική απόκλιση ή και παρεκτροπή που αντίθετα συναντούνται στις μαγνητικές πυξίδες και που προέρχονται τόσο από το γήινο μαγνητικό πεδίο όσο και από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου του πλοίου, με συνέπεια να θεωρούνται αμφιβόλου ακριβείας αφού δεν υφίσταται δυνατότητα έγκαιρου ελέγχου των ενδείξεών τους με παρατήρηση. Γεγονός που σημαίνει ότι όλες οι ενδείξεις των γυροσκοπικών πυξίδων είναι πάντα αληθείς.

Αντιθέτως, σημαντικό μειονέκτημα των γυροσκοπικών πυξίδων είναι ότι ενώ η μαγνητική πυξίδα δεν απαιτεί για τη λειτουργία της καμία ηλεκτρική τροφοδότηση, κάθε γυροσκοπική απαιτεί τροφοδότηση από ειδική ηλεκτρική παροχή, δηλαδή εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλότερης συχνότητας.

1.4.3 Αστρονομικά στίγματα

Η αστρονομική ναυσιπλοΐα είναι η αρχαία επιστήμη με την οποία επιτυγχάνεται ο καθορισμός του στίγματος του πλοίου, ώστε να επιτρέπει

στον ναυτιλλόμενο να μεταβεί από ένα λιμάνι σε ένα άλλο, χωρίς να χρειάζεται να βασίζεται σε υπολογισμούς αναμέτρησης για να γνωρίζει το στίγμα του πλοίου.

Η αστρονομική ναυσιπλοΐα χρησιμοποιεί μεθόδους που βασίζονται στα ουράνια σώματα. Με την χρήση του εξάντα οι ναυτιλλόμενοι μετρούν την γωνία μεταξύ ενός ουράνιου σώματος (τον ήλιο, το φεγγάρι, έναν πλανήτη ή ένα αστέρι) και του ορατού ορίζοντα. Συνήθως παρατηρείται ο ήλιος, αλλά οι ναυτιλλόμενοι μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν το φεγγάρι, έναν πλανήτη, τον Πολικό Αστέρα ή ένα από τα 57 αστέρια πλοήγησης, των οποίων οι συντεταγμένες καταγράφονται στο Αλμανάκ.

Αν ληφθεί υπόψη ότι το πλοίο κινείται στην ανοικτή θάλασσα, όπου δεν υπάρχουν οι συνήθεις κίνδυνοι των αβαθών, όπως στην ακτοπλοΐα, γίνεται φανερό ότι η επιζητούμενη ακρίβεια στις μεθόδους της αστρονομικής ναυσιπλοΐας είναι κατά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη στην ακτοπλοΐα.

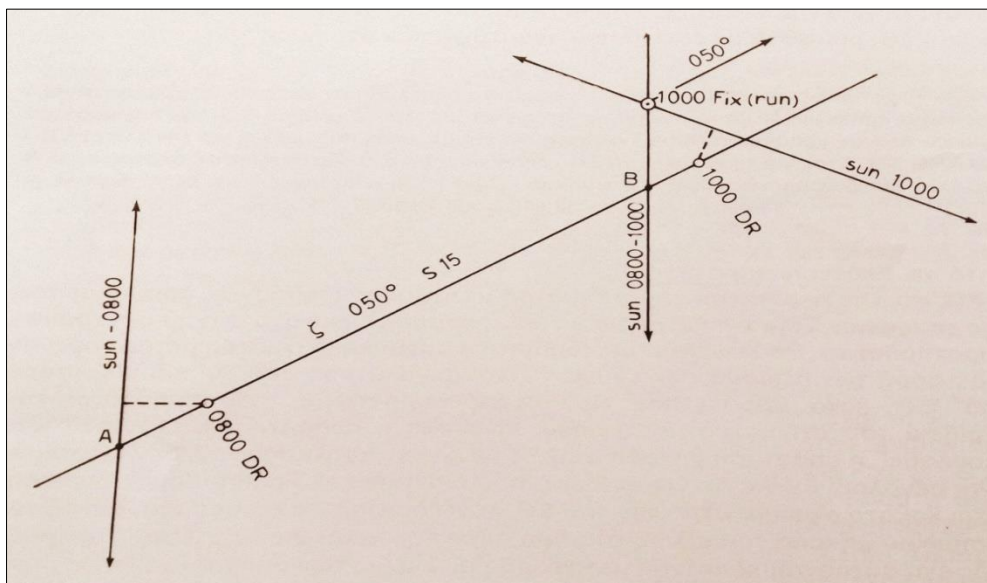
Η μετρημένη αυτή γωνία μεταξύ του ουράνιου σώματος και του ορατού ορίζοντα, μέσω ορισμένων υπολογισμών, χρησιμοποιείται για να σχεδιαστεί η Ευθεία Θέσεως ΕΘ (Line Of Position – LOP) πάνω στον ναυτικό χάρτη, με την θέση του παρατηρητή να βρίσκεται κάπου πάνω στην ευθεία.

Σχετικά με την χρησιμοποίηση της ευθείας θέσεως, ισχύει ότι η μοναδική ευθεία θέσεως που αποκτήθηκε μέσω αστρονομικής παρατήρησης μπορεί να χρησιμεύσει όπως και κάθε γραμμή θέσεως στην ακτοπλοΐα. Ασφαλώς μία ευθεία θέσεως δεν δίνει το στίγμα του πλοίου, αλλά το γεωμετρικό τόπο του στίγματος, αφού για το στίγμα απαιτείται τομή δυο ή περισσότερων ευθειών θέσεως. Παρέχει όμως σημαντικές πληροφορίες που αφορούν άμεσα την ασφάλεια του πλοίου.

Στην περίπτωση που είναι αδύνατη η παρατήρηση ενός ουράνιου σώματος, λόγω νεφελосκεπή ουρανού, τότε οι αστρονομικές ευθείες θέσεως μεταφέρονται, όπως ακριβώς και οι αντίστοιχες γραμμές θέσεως της ακτοπλοΐας, για το μεσολαμβάντα πλοίο μεταξύ δυο παρατηρήσεων. Η ευθεία θέσεως μεταφοράς υπόκειται ασφαλώς σε σφάλματα αναμέτρησης, λόγω ρευμάτων, ανέμων κλπ. Έτσι, θα πρέπει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί, από την παρατήρηση που έδωσε την ευθεία θέσεως μέχρι την ώρα που γίνεται η μεταφορά να είναι κατά το δυνατό μικρό, προς περιορισμό των σφαλμάτων αυτών.

Για να πετύχουμε αστρονομικό στίγμα, όπως στην ακτοπλοΐα για να έχουμε στίγμα ακρίβειας με σύγχρονες γραμμές θέσεως, απαιτείται η χάραξη στο ναυτικό χάρτη δυο τουλάχιστον γραμμών θέσεως, έτσι και στην ωκεανοπλοΐα απαιτούνται δύο τουλάχιστον σύγχρονες παρατηρήσεις ουρανίων σωμάτων και η χάραξη στο ναυτικό χάρτη των αντίστοιχων ευθειών θέσεως, των οποίων η τομή θα δώσει το στίγμα αυτό. Στην αστρονομική ναυσιπλοΐα η τομή δυο ευθειών θέσεως ισάριθμων σύγχρονων παρατηρήσεων δίνει το αστρονομικό στίγμα του πλοίου. Βέβαια η σύγχρονη παρατήρηση δυο διαφορετικών ουρανίων σωμάτων σπανίζει κατά την ημέρα. Ελάχιστες περιπτώσεις παρουσιάζονται μεταξύ ηλίου – σελήνης και ηλίου – Αφροδίτης. Η περίπτωση προσδιορισμού του στίγματος με δυο σύγχρονες παρατηρήσεις περιορίζεται στα στενά χρονικά όρια του λυκαυγούς και του λυκόφωτος, όπου γίνονται παρατηρήσεις των αστεριών.

Σχετικά με τα αστρονομικά στίγματα μεταφοράς, μια ευθεία θέσεως μπορεί να μεταφερθεί κατά το μεσολαβούντα πλου μέχρι τη δεύτερη παρατήρηση. Η ευθεία θέσεως που αποκτήθηκε σε μια χρονική στιγμή και μια άλλη ευθεία του ίδιου ή άλλου ουρανίου σώματος που είχε χαραχθεί σε προηγούμενο χρόνο και μεταφέρθηκε κατά το μεσολαβούντα πλου, τέμνονται στο σημείο Fix, το οποίο αποτελεί το αστρονομικό στίγμα μεταφοράς που βρισκόταν το πλοίο κατά τη δεύτερη παρατήρηση (Εικόνα 1.4στ).



Εικόνα 1.4στ.
Πρωινό στίγμα μεταφοράς.

Στη σύγχρονη πρακτική διακρίνουμε 4 συνήθεις περιπτώσεις αστρονομικών

στιγμάτων μεταφοράς, χωρίς βέβαια να αποκλείεται και οποιαδήποτε άλλη ενδιάμεση αυτών. Αυτές είναι:

- α) Πρωινό στίγμα μεταφοράς.
- β) Μεσημβρινό στίγμα μεταφοράς.
- γ) Απογευματινό στίγμα μεταφοράς.
- δ) Βραδινό στίγμα μεταφοράς.

Σημαντικές, επίσης, είναι οι πληροφορίες που παίρνουμε από την παρατήρηση των υψών των ουρανίων σωμάτων, όσον αφορά τον προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους.

Το ύψος ενός ουρανίου σώματος, κατά τη μεσημβρινή του διάβαση αποτελεί ειδική περίπτωση, κατά την οποία η ωρική γωνία και το αζιμούθ είναι 0° ή 180° . Εδώ το τρίγωνο θέσεως εκφυλλίζεται σε μια του πλευρά και ο επάνω πόλος (ομώνυμος με το πλάτος), το ίχνος του ουρανίου σώματος και το ζενίθ βρίσκονται επάνω στον ίδιο μέγιστο κύκλο, ο οποίος είναι ο μεσημβρινός του παρατηρητή. Έτσι, η μεσημβρινή παρατήρηση αποκτά ιδιαίτερη σημασία, διότι η ευθεία θέσεως που προκύπτει, αφού είναι κάθετη προς το αζιμούθ των 0° ή 180° , διέρχεται από παράλληλο, δίνοντας έτσι το γεωγραφικό πλάτος. Στην πράξη μόνο τον ήλιο από τα ουράνια σώματα χρησιμοποιούμε για μεσημβρινή παρατήρηση. Το πλάτος που βρίσκουμε με μεσημβρινή παρατήρηση του ηλίου ονομάζεται μεσημβρινό πλάτος ή πλάτος μεσημβρίας.

Επειδή στο βόρειο ημισφαίριο ο πολικός αστέρας βρίσκεται κατά προσέγγιση στη κατεύθυνση του άξονα του κόσμου και θεωρητικά στη προέκταση του άξονα της Γης, συνεπώς πάνω από τον Βόρειο Πόλο, το μετρούμενο κάθε φορά αληθές ύψος του αστέρα αυτού από τον ορίζοντα, προσδιορίζει και το γεωγραφικό πλάτος από το οποίο γίνεται η μέτρησή του. Βέβαια το ύψος του πολικού αστέρα δεν είναι απόλυτα ακριβές, χρειάζεται κάποιες διορθώσεις που καλούνται διορθώσεις ύψους πολικού με τις οποίες και μετατρέπεται αυτό σε γεωγραφικό πλάτος.

Έχοντας λοιπόν λυθεί ικανοποιητικά το πρόβλημα προσδιορισμού του γεωγραφικού πλάτους, έμενε ο προσδιορισμός του γεωγραφικού μήκους. Η λύση στη θεωρία ήταν απλή, αλλά η υλοποίησή της πολύ δύσκολη για την τεχνολογία της εποχής. Αν διαιρέσουμε τις 360 μοίρες του συνόλου των μεσημβρινών της Γης με τις 24 ώρες που διαρκεί μια περιστροφή της, θα

δούμε ότι δύο τόποι που απέχουν 15 μοίρες γεωγραφικού μήκους, έχουν μεσημέρι με διαφορά μιας ώρας ακριβώς. Άρα το πρόβλημα ήταν να μπορέσει να κατασκευαστεί ένα ρολόι αρκετά ακριβές και ανθεκτικό σε συνθήκες πλοίου, που να μπορεί να διατηρεί την ακρίβειά του για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

Δύο χρήσιμες μέθοδοι εξελίχθηκαν κατά τον 18^ο αιώνα και εξακολουθούν να ασκούνται μέχρι σήμερα. Η πρώτη είναι η χρήση ενός ακριβούς ρολογιού ή χρονομέτρου. Έτσι λοιπόν για παράδειγμα, αν το ρολόι είχε ρυθμιστεί να δείχνει 12:00 πμ όταν ο ήλιος ήταν στο μέγιστό του στο Γκρήνουιτς, ενώ στο σημείο που βρίσκονταν το πλοίο το μέγιστο του ήλιου (ελεγμένο με τον εξάντα) συνέβαινε όταν το ρολόι έδειχνε 11:00 πμ, θα σήμαινε ότι το πλοίο βρίσκονταν επάνω στον μεσημβρινό που περνάει 15 μοίρες ανατολικά από το Γκρήνουιτς. Η δεύτερη είναι η σεληνιακή απόσταση, δηλαδή η γωνία μεταξύ της Σελήνης και ενός άλλου ουρανίου σώματος, όπου στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται αυτή η γωνία και ένα ναυτικό Αλμανάκ για τον υπολογισμό της ώρας του Γκρίνουιτς. Από τη σύγκριση της ώρας του Γκρίνουιτς με την τοπική ώρα, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί από την μέτρηση του ύψους του ηλίου ή ενός αστεριού, ο ναυτιλλόμενος μπορεί να καθορίσει το γεωγραφικό του μήκος.

Σήμερα βέβαια όλα αυτά έχουν περισσότερο ιστορική αξία, καθώς με τα δορυφορικά συστήματα οι συντεταγμένες ενός πλοίου καθορίζονται σε απειροελάχιστο χρόνο και με ακρίβεια μερικών μέτρων, ενώ με τους υπολογιστές μπορούν να απεικονιστούν πληροφορίες που οι ναυτικοί δεν θα μπορούσαν ούτε να φανταστούν πριν λίγες δεκάδες χρόνια. Παρόλα αυτά, η γνώση της «κλασικής» μεθόδου εύρεσης στίγματος προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα:

- α)** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από τα βοηθήματα εδάφους.
- β)** Έχει παγκόσμια κάλυψη
- γ)** Δεν μπορεί να μπλοκαριστεί (παρόλο που μπορεί να αποκρύπτεται από σύννεφα)
- δ)** Δεν εκπέμπει κανένα σήμα που θα μπορούσε να ανιχνευθεί από έναν εχθρό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Αναζητώντας την ετοιμολογία της λέξης πλοηγός, βλέπουμε ότι αυτή δημιουργείται από την αρχαία λέξη *πλους* και την κατάληξη *-ηγός*, από το *άγω* και στην παρούσα περίπτωση σημαίνει αυτός που καθοδηγεί την πλεύση. Η λέξη πλοήγηση λοιπόν προέρχεται από το χώρο της πλεύσης στη θάλασσα, δηλαδή τη ναυσιπλοΐα.

Πλοήγηση είναι η επιστήμη της καθοδήγησης ενός πλοίου καθορίζοντας τη θέση, την πορεία και την απόσταση που ταξίδεψε, ενώ μερικές φορές καθορίζονται ακόμα η ταχύτητα και η επιτάχυνση του.

Πολύ συνοπτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι το αντικείμενο της πλοήγησης είναι να προσδιορίσει τη θέση μίας κινούμενης πλατφόρμας (π.χ. πλοίο, αεροπλάνο, αυτοκίνητο) και να την καθοδηγήσει στον τελικό της προορισμό.

Η πλοήγηση έχει εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό με την πάροδο του χρόνου. Οι κυριότερες τεχνικές και συστήματα πλοήγησης που αναπτύχθηκαν στην ιστορία είναι η ουράνια πλοήγηση, η πλοήγηση με επίγεια συστήματα και η δορυφορική πλοήγηση. Λόγος για την ουράνια πλοήγηση έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο, γι' αυτό και δεν θα υπάρξει αναφορά σε αυτήν στο παρόν κεφάλαιο. Παρακάτω θα αναλυθούν η πλοήγηση με επίγεια συστήματα, η οποία χρησιμοποιήθηκε για αρκετές δεκαετίες και η πλοήγηση με δορυφορικά συστήματα, η οποία αντικατέστησε την πλοήγηση με επίγεια συστήματα και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα.

2.2 Επίγεια συστήματα πλοήγησης

2.2.1 Εισαγωγή

Στα επίγεια συστήματα ο καθορισμός του στίγματος γίνεται με τη λήψη ραδιοκυμάτων τα οποία εκπέμπονται από σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης. Τα κυριότερα επίγεια συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι τα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας στα οποία

το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται στην τομή δυο υπερβολικών καμπύλων χαραγμένες πάνω στο χάρτη, κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη διαφορά αποστάσεων του πλοίου (δέκτη) από δυο σταθμούς ξηράς. Απαιτούνται δυο σταθμοί για να δώσουν υπερβολή – γραμμή θέσεως και δυο ζευγάρια σταθμών με τρεις σταθμούς για να δώσουν στίγμα τομής δυο σύγχρονων γραμμών θέσεως. Παραδείγματα υπερβολικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος αποτελούν τα συστήματα LORAN-C, OMEGA και DECCA τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω. Επίσης, στη συνέχεια της ενότητας αυτής θα γίνει αναφορά στο ραδιογωνιόμετρο, το οποίο αποτελεί το παλαιότερο ραδιοναυτικό βοήθημα που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του στίγματος του πλοίου με τη μέτρηση ραδιοδιοπευσεών προς ορισμένους σταθμούς (ραδιοφάρους), οι οποίοι εκπέμπουν ειδικά για το σκοπό αυτό σήματα.

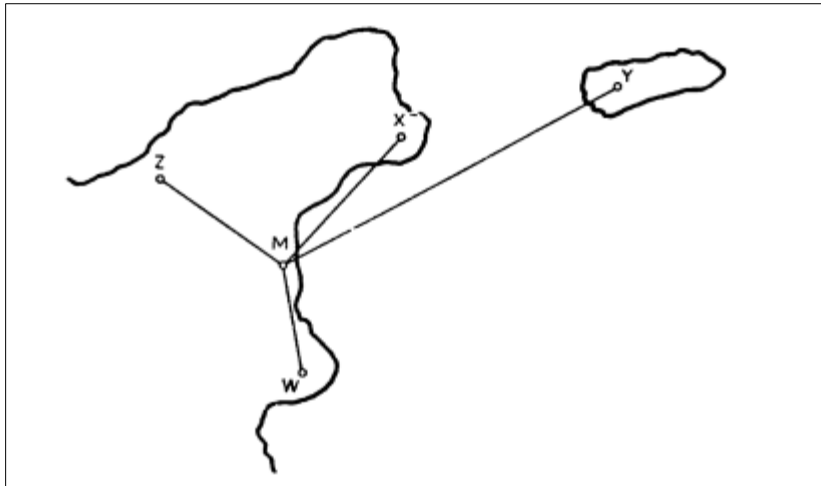
2.2.2 Σύστημα LORAN-C

2.2.2.1 Τρόπος λειτουργίας

Το LORAN-C είναι ένα υπερβολικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος μεγάλης εμβέλειας, όπου ο προσδιορισμός των υπερβολικών γραμμών θέσεως γίνεται με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου και τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως. Η ονομασία LORAN προέρχεται από τα αρχικά *LOng RAnge Navigation*. Το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου από τις ΗΠΑ για την παροχή στίγματος ακριβείας σε πλοία και αεροσκάφη. Το σύστημα αυτό λειτούργησε σε συχνότητες MF (1850-1950 kHz) και ήταν γνωστό σαν LORAN-A.

Περί το τέλος της δεκαετίας του 1950 άρχισε ένα πρόγραμμα δημιουργίας μιας νέας γενιάς του συστήματος. Το νέο σύστημα ονομάστηκε LORAN-C και σήμερα έχει αντικαταστήσει το LORAN-A.

Για τον προσδιορισμό του στίγματος LORAN-C σε μια περιοχή χρησιμοποιούνται οι σταθμοί της αντίστοιχης αλυσίδας. Μια αλυσίδα σταθμών LORAN-C αποτελείται από ένα κύριο σταθμό M και δύο, τρεις ή και τέσσερις δευτερεύοντες σταθμούς που συμβολίζονται με τα γράμματα X, Y, Z και W. Ο κύριος σταθμός της αλυσίδας βρίσκεται συνήθως στο κέντρο της περιοχής και οι δευτερεύοντες είναι εγκατεστημένοι γύρω από τον κύριο (Εικόνα 2.2α).



Εικόνα 2.2α.
Τυπική διάταξη των σταθμών μιας αλυσίδας LORAN-C.

Κάθε σταθμός LORAN-C εκπέμπει στη συχνότητα των 100 kHz ένα παλμικό σήμα που διαδίδεται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Ανάλογα με την ισχύ των σταθμών LORAN-C, την ευαισθησία του δέκτη και τις απώλειες κατά τη διάδοση, οι εκπομπές που διαδίδονται με κύμα εδάφους, είναι δυνατόν να ληφθούν σε αποστάσεις από 800 μέχρι 1200 ναυτικά μίλια. Μεγαλύτερες εμβέλειες, μέχρι και 2500 ναυτικά μίλια, είναι δυνατόν να επιτευχθούν με τη λήψη ουράνιου κύματος (κύμα απλής ανάκλασης στην ιονόσφαιρα).

Για τον προσδιορισμό του στίγματος LORAN-C ο δέκτης του συστήματος που βρίσκεται στο πλοίο μετρά τη διαφορά του χρόνου σε μικροδευτερόλεπτα (μsec), με την οποία λαμβάνει τα προερχόμενα από τον κύριο και κάθε δευτερεύοντα σταθμό παλμικά σήματα. Η μετρούμενη για κάθε ζεύγος κύριου – δευτερεύοντα σταθμού διαφορά χρόνου προσδιορίζει μια υπερβολική γραμμή θέσεως ενώ το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τιμή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Ο ναυτιλλόμενος προσδιορίζει το στίγμα LORAN-C με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- α) Με τη χρησιμοποίηση ειδικών χαρτών LORAN-C επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις μετρούμενες διαφορές χρόνου.
- β) Με τη χρησιμοποίηση πινάκων, συνήθως όταν δεν διαθέτει τους ειδικούς χάρτες LORAN-C.

γ) Απευθείας από τις ενδείξεις πλάτους και μήκους που παρέχουν ορισμένοι εξελιγμένοι σύγχρονοι δέκτες.

2.2.2.2 Σφάλματα του συστήματος LORAN-C

Τα προσδιοριζόμενα στίγματα με το σύστημα LORAN-C περιέχουν ορισμένα σφάλματα τα οποία διακρίνονται σε συστηματικά (systematic errors) και σε τυχαία (random errors).

Συστηματικά είναι τα σφάλματα που δημιουργούνται σύμφωνα με ορισμένους φυσικούς ή μαθηματικούς νόμους, με αποτέλεσμα να επιδρούν με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις μετρήσεις. Τα συστηματικά σφάλματα είναι δυνατόν να απαλειφθούν με την εφαρμογή των αντίστοιχων διορθώσεων. Εκφράζονται σαν διαφορές σε msec μεταξύ των ενδείξεων του δέκτη και των διαφορών χρόνου, που αναγράφονται στις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως των χαρτών. Τα συστηματικά σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των ραδιοκυμάτων είναι τα εξής:

- α) Σφάλματα λόγω διάδοσης των σημάτων LORAN-C με ουράνιο κύμα.
- β) Σφάλμα λόγω διάδοσης των σημάτων LORAN-C αποκλειστικά επάνω από θαλάσσια περιοχή.
- γ) Σφάλμα λόγω διάδοσης των σημάτων LORAN-C επάνω από ξηρά.

Για όλα τα παραπάνω συστηματικά σφάλματα του συστήματος LORAN-C υπολογίζονται διορθώσεις που παρέχονται έτοιμες στο ναυτιλλόμενο, είτε αυτές είναι ενσωματωμένες στις τιμές των διαφορών χρόνου, που εμφανίζονται στις υπερβολικές γραμμές θέσεως των χαρτών LORAN-C, είτε δίνονται αλγεβρικές διορθώσεις που πρέπει να επιφέρει ο ναυτιλλόμενος στις ενδείξεις του δέκτη του.

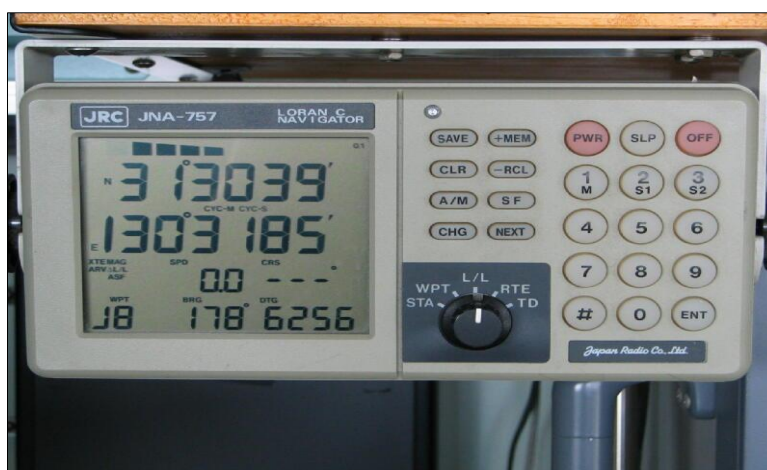
Τυχαία είναι τα σφάλματα για τα οποία δεν είναι δυνατόν να υπολογισθεί διόρθωση, επειδή η δημιουργία τους είναι τυχαία και δεν ακολουθεί κανένα κανόνα. Εν τούτοις, οι σύγχρονοι δέκτες LORAN-C έχουν τη δυνατότητα να προειδοποιούν το ναυτιλλόμενο για την ύπαρξη τους, έτσι ώστε να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για να αποφύγει τις επιπτώσεις τους.

2.2.2.3 Ακρίβεια του συστήματος LORAN-C

Παρόλα αυτά η ακρίβεια του στίγματος LORAN-C εξαρτάται από την επίδραση διάφορων παραγόντων όπως:

- α) Η γεωμετρία του στίγματος.
- β) Το μέσο διάδοσης των εκπομπών: διάδοση επάνω από ξηρά, επάνω από θάλασσα κλπ.
- γ) Η κατάσταση των σταθμών εκπομπής.
- δ) Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη.
- ε) Η ικανότητα και εμπειρία του χειριστή.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας δέκτης LORAN-C που χρησιμοποιούταν στα πλοία.



Εικόνα 2.2β.
Δέκτης LORAN-C.

2.2.3 Σύστημα OMEGA

2.2.3.1 Τρόπος λειτουργίας

Το OMEGA είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος παγκόσμιας κάλυψης, που λειτουργεί με την μέθοδο μέτρησης της διαφοράς φάσεως στην περιοχή των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (Very Low Frequency – VLF), από 10 έως 14 kHz.

Το σύστημα OMEGA αναπτύχθηκε από το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1960, ενώ από το 1971 όλη την υποστήριξη, τον έλεγχο και την ανάπτυξη του συστήματος ανέλαβε η ακτοφυλακή των ΗΠΑ (U.S. Coast Guard).

Το στίγμα με το σύστημα OMEGA προκύπτει από την τομή δυο υπερβολικών γραμμών θέσεως, κάθε μια από τις οποίες προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς φάσεως των σημάτων δυο σταθμών OMEGA που

λαμβάνονται από τον δέκτη.

Οι σταθμοί αυτοί είναι συνολικά 8 και χαρακτηρίζονται με τα γράμματα A, B, C, D, E, F, G, H. Λόγω της μεγάλης εμβέλειας των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (VLF) στις οποίες λειτουργεί το OMEGA, με τη βοήθεια των οκτώ σταθμών είναι δυνατός ο καθορισμός του στίγματος σε οποιοδήποτε σημείο της Γης.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι ότι δεν υπάρχουν κύριοι και δευτερεύοντες σταθμοί. Για τον καθορισμό του στίγματος, ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται ο δέκτης, επιλέγονται δυο ζεύγη σταθμών για κάθε ένα από τα οποία προσδιορίζεται μια υπερβολική γραμμή θέσεως και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή δυο τέτοιων γραμμών.

Ο ναυτιλλόμενος προσδιορίζει το στίγμα του πλοίου με το σύστημα OMEGA με έναν από τους επόμενους τρόπους:

- α) Απευθείας από τις ενδείξεις πλάτους και μήκους που παρέχουν οι σύγχρονοι δέκτες.
- β) Με τη χρησιμοποίηση ειδικών χαρτών OMEGA επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις μετρούμενες διαφορές φάσεως.
- γ) Με τη χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων.

2.2.3.2 Εκπομπή σταθμών OMEGA

Κάθε ένας από τους 8 σταθμούς OMEGA εκπέμπει κάθε 10 δευτερόλεπτα στις συχνότητες 10,2 kHz, 11,33 kHz, 13,6 kHz και σε μία τέταρτη, ξεχωριστή συχνότητα, η οποία όμως δεν χρησιμοποιείται για την μέτρηση διαφοράς φάσεως και τον καθορισμό του στίγματος.

Ο κύκλος εκπομπής των 10 δευτερολέπτων διαιρείται σε 8 χρονικά διαστήματα εκπομπής, όπου η κάθε εκπομπή διαρκεί από 0,9 έως 1,2 δευτερόλεπτα. Τα 8 χρονικά διαστήματα του κύκλου εκπομπής απέχουν μεταξύ τους 0,2 δευτερόλεπτα, έτσι ώστε να αποκλείεται το ενδεχόμενο της ταυτόχρονης εκπομπής σημάτων της ίδιας συχνότητας από δύο διαφορετικούς σταθμούς.

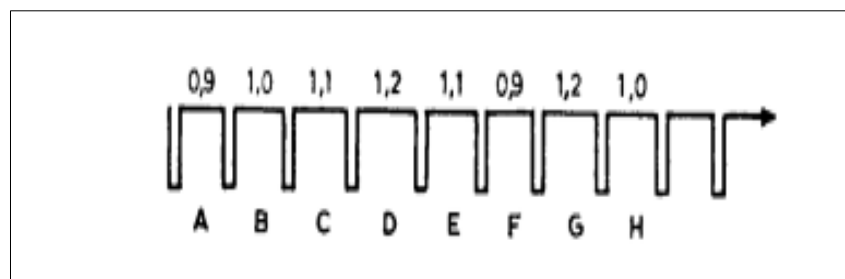
Τα χρονικά διαστήματα εκπομπής αναγνωρίστηκαν με τα πρώτα 8 γράμματα του αγγλικού αλφάβητου (A, B, C, D, E, F, G, H), τα οποία δεν

πρέπει να συγχέονται με τα σύμβολα των 8 σταθμών OMEGA.

2.2.3.3 Αναγνώριση λαμβανόμενων σημάτων στο δέκτη OMEGA.

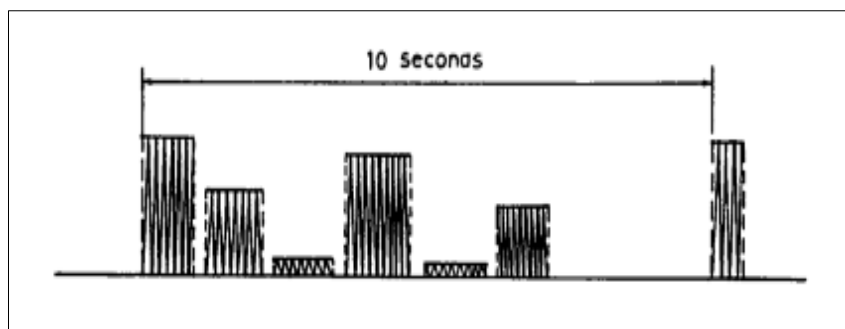
Προκειμένου να γίνει η μέτρηση της διαφοράς φάσεως των λαμβανόμενων σημάτων στο δέκτη OMEGA, πρέπει να προσδιορισθούν οι σταθμοί από τους οποίους προέρχονται.

Αν υποθέσουμε ότι σε κάποιο σημείο της γης λαμβάνονται στη βασική συχνότητα 10,2 kHz σήματα της ίδιας εντάσεως και από τους 8 σταθμούς OMEGA, τότε τα σήματα αυτά θα έχουν τη μορφή του σχήματος 2.2α. Στην πράξη όμως λαμβάνονται σήματα μόνο από 5-6 σταθμούς με διαφορετικές εντάσεις που έχουν τη μορφή του σχήματος 2.2β.



Σχήμα 2.2α.

Εκπομπή σημάτων συχνότητας 10,2 kHz από τους 8 σταθμούς OMEGA.



Σχήμα 2.2β.

Λήψη σημάτων συχνότητας 10,2 kHz από 6 σταθμούς OMEGA σε ένα σημείο της γης.

Πριν γίνει η μέτρηση της διαφοράς φάσεως, ο δέκτης πρέπει να προσδιορίσει για κάθε ένα από τα σήματα του σχήματος 2.2β το σταθμό από τον οποίο προέρχεται. Η διαδικασία αυτή λέγεται συγχρονισμός του δέκτη και ανάλογα με το δέκτη είναι δυνατό είτε να απαιτείται και επέμβαση του χειριστή, οπότε έχουμε χειροκίνητο συγχρονισμό, είτε να γίνεται αυτόματα, οπότε έχουμε αυτόματο συγχρονισμό.

Ο συγχρονισμός του δέκτη, είτε είναι αυτόματος είτε όχι, στηρίζεται στην ταύτιση του λαμβανόμενου σήματος (σχήμα 2.2β) με ένα σήμα αναφοράς που δημιουργείται στο δέκτη και έχει τη μορφή του σχήματος 2.2α.

Μια μέθοδος αυτόματου συγχρονισμού στηρίζεται στη χρονομέτρηση από το δέκτη της διάρκειας δυο διαδοχικών σημάτων (της ίδιας συχνότητας). Για παράδειγμα αναφέρεται, ότι ένα σήμα της βασικής συχνότητας των 10,2 kHz, διάρκειας 1,1 sec ακολουθούμενο από ένα σήμα διάρκειας 0,9 sec αντιστοιχεί στο σταθμό E και όχι στον σταθμό C (σχήμα 2.2α).

Μια άλλη μη αυτόματη μέθοδος συγχρονισμού που χρησιμοποιείται σε ορισμένους δέκτες στηρίζεται στην επέμβαση του χειριστή για τη χρονική ταύτιση της έναρξης του κύκλου εκπομπής των 10 δευτερολέπτων με την έναρξη εκπομπής του σήματος του σταθμού A. Ο χρονικός αυτός συγχρονισμός επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ενός χρονομέτρου ακρίβειας και την ενεργοποίηση του συστήματος συγχρονισμού του σήματος αναφοράς του δέκτη τη χρονική στιγμή έναρξης εκπομπής του σταθμού A.

Άλλη μη αυτόματη μέθοδος συγχρονισμού στηρίζεται στην επιλογή από το χειριστή του πλησιέστερου σταθμού του οποίου το σήμα θα είναι εντονότερο. Τότε με την αντίστοιχη εντολή, η οποία δίνεται με το κατάλληλο πλήκτρο της συσκευής, το σήμα αναφοράς του δέκτη μετακινείται όσο απαιτείται για την ταύτιση του σταθμού επιλογής με το ισχυρότερο από τα δυο λαμβανόμενα σήματα της ίδιας χρονικής διάρκειας. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι, αν το πλοίο βρίσκεται κοντά στις δυτικές ακτές της Αφρικής, επιλέγεται ο σταθμός B (Liberia), οπότε το σήμα αναφοράς του δέκτη θα μετακινηθεί, ώστε το σήμα του σταθμού B να ταυτιστεί με λαμβανόμενο σήμα διάρκειας 1,0 sec που έχει τη μεγαλύτερη ένταση.

2.2.3.4 Σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA

Η ακρίβεια του στίγματος OMEGA εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως: επιδράσεις από τη διάδοση των σημάτων των σταθμών OMEGA στην ατμόσφαιρα, γεωμετρία του στίγματος, κατάσταση των σταθμών εκπομπής, χαρακτηριστικά του δέκτη κλπ.

Από όλους αυτούς τους παράγοντες, τα σημαντικότερα σφάλματα δημιουργούνται από τα φαινόμενα που επηρεάζουν τη διάδοση των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα. Τα σφάλματα αυτά, που ορισμένες φορές

ξεπερνούν και τα 8 ναυτικά μίλια, οφείλονται στις αποκλίσεις που παρατηρούνται μεταξύ της πραγματικής φάσεως του σήματος ενός σταθμού που μετράται σε ένα σημείο της γης και της φάσεως που υπολογίστηκε για το σημείο αυτό και απεικονίζεται στους χάρτες OMEGA με βάση ορισμένες μέσες συνθήκες διάδοσης.

Η κατανόηση των σημαντικότερων αιτιών των σφαλμάτων που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA, επιτρέπει την πληρέστερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του δέκτη μας και τον περιορισμό των κυριότερων από τα σφάλματα αυτά, ώστε να επιτυγχάνεται ακρίβεια του στίγματος της τάξεως των 2 ναυτικών μιλίων ή καλύτερη.

2.2.3.5 Ακρίβεια του συστήματος OMEGA

Η ακρίβεια του στίγματος OMEGA εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία υπολογίζονται τα σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA. Με την πάροδο του χρόνου, όσο συγκεντρώνονται και αναλύονται περισσότερα στοιχεία για τα σφάλματα αυτά και αναθεωρούνται οι πίνακες διορθώσεων για τη διάδοση των σημάτων (OMEGA Propagation Correction Tables), τόσο καλύτερη ακρίβεια θα επιτυγχάνεται.

2.2.3.6 Γενικά χαρακτηριστικά δεκτών OMEGA

Οι σύγχρονοι δέκτες OMEGA παρέχουν τεράστιες ευκολίες στο χρήστη, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- α) Είναι πολύ μικρών διαστάσεων και απλοί στο χειρισμό τους.
- β) Εκτελούν αυτόματο συγχρονισμό και αναγνώριση διαύλου.
- γ) Δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση πινάκων διορθώσεων για τη διάδοση των σημάτων OMEGA, γιατί οι διορθώσεις αυτές περιέχονται στη μνήμη του ενσωματωμένου στο δέκτη μικροϋπολογιστή και γίνονται αυτόματα.
- δ) Εκτός από τις μετρούμενες διαφορές φάσεως, παρέχουν το στίγμα και με ενδείξεις πλάτους και μήκους.
- ε) Με τη βοήθεια του ενσωματωμένου στο δέκτη μικροϋπολογιστή παρέχουν τη δυνατότητα επίλυσης διάφορων ναυτλιακών προβλημάτων, όπως: ακολουθούμενη πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, επίλυση προβλημάτων ορθοδρομίας κλπ.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας σύγχρονος τύπος αυτόματου δέκτη OMEGA

που χρησιμοποιούταν στα πλοία.



Εικόνα 2.2γ.
Σύγχρονος τύπος αυτόματου δέκτη OMEGA.

2.2.4 Σύστημα DECCA

2.2.4.1 Αρχές λειτουργίας του συστήματος DECCA

Το DECCA είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος μικρής – μέσης εμβέλειας και μεγάλης ακρίβειας, που λειτουργεί με την μέθοδο σύγκρισης φάσης σε χαμηλές συχνότητες (70 – 130 kHz) και χρησιμοποιείται για τη ναυσιπλοΐα σε παράκτιες περιοχές με μεγάλη ναυτιλιακή κίνηση.

Σύμφωνα με την μέθοδο σύγκρισης φάσης:

α) Ο προσδιορισμός μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως στηρίζεται στη σύγκριση της φάσεως των εκπεμπόμενων από δυο σταθμούς συνεχών αδιαμόρφωτων σημάτων της ίδιας συχνότητας, τα οποία κατά τη χρονική στιγμή της εκπομπής τους από τους αντίστοιχους σταθμούς έχουν την ίδια φάση.

β) Η υπερβολική γραμμή θέσεως, που προσδιορίζεται με τη μέθοδο αυτή, εμπεριέχει την αβεβαιότητα διαύλου, η οποία οφείλεται στο ότι η μετρούμενη διαφορά φάσεως μεταξύ των λαμβανόμενων από τους δυο σταθμούς σημάτων αντιστοιχεί σε αρκετές υπερβολικές γραμμές θέσεως, οι οποίες τέμνουν τη γραμμή βάσεως σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους το μισό του μήκους κύματος που αποτελεί το εύρος διαύλου.

γ) Για τον ακριβή προσδιορισμό μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως, που

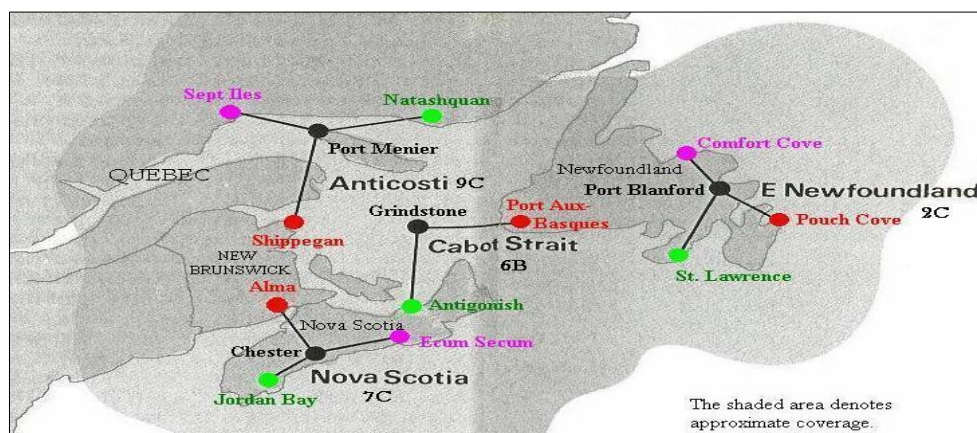
προκύπτει με τη μέθοδο σύγκρισης φάσης, πρέπει να γνωρίζουμε το στίγμα αναμέτρησης με ακρίβεια ίση με το μισό του εύρους διαύλου.

Το σύστημα DECCA εφευρέθηκε στις ΗΠΑ, αλλά η ανάπτυξη του πραγματοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αρχικά αναπτύχθηκε από το πολεμικό ναυτικό της Αγγλίας κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, όταν οι συμμαχικές δυνάμεις χρειαζόνταν ένα σύστημα το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη ακριβών προσγειώσεων και δεν θα ήταν γνωστό στους Γερμανούς και επομένως απαλλαγμένο από παρεμβολές. Μετά τον πόλεμο αναπτύχθηκε εκτεταμένα γύρω από το Ηνωμένο Βασίλειο και αργότερα χρησιμοποιήθηκε σε πολλές περιοχές του κόσμου. Η κύρια χρήση του συστήματος DECCA ήταν για πλοήγηση πλοίων σε παράκτια ύδατα, προσφέροντας πολύ καλύτερη ακρίβεια από το ανταγωνιστικό σύστημα LORAN.

2.2.4.2 Αλυσίδες σταθμών DECCA

Το δίκτυο των σταθμών DECCA αποτελείται από αλυσίδες (ομάδες) σταθμών, κάθε μια από τις οποίες καλύπτει μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και συνήθως αποτελείται από ένα κύριο και τρεις δευτερεύοντες σταθμούς.

Οι δευτερεύοντες σταθμοί κάθε αλυσίδας DECCA, ανάλογα με τη συχνότητα εκπομπής τους, χαρακτηρίζονται σαν κόκκινος (red), πράσινος (green) και μωβ (purple) (Εικόνα 2.2δ). Οι σταθμοί αυτοί συνήθως βρίσκονται σε αποστάσεις 60-120 ναυτικών μιλίων από τον αντίστοιχο κύριο σταθμό.



Εικόνα 2.2δ.
Αλυσίδες σταθμών DECCA στον Καναδά.

Οι συχνότητες εκπομπής των σταθμών μιας αλυσίδας είναι διαφορετικές μεν, αλλά κάθε μια από τις συχνότητες αυτές είναι αρμονική μιας βασικής για την αντίστοιχη αλυσίδα συχνότητας f , που είναι ίση με περίπου 14 kHz. Η σχέση που υπάρχει μεταξύ της συχνότητας εκπομπής κάθε σταθμού ως προς τη βασική συχνότητα f της αλυσίδας είναι η εξής:

- Συχνότητα εκπομπής κύριου σταθμού: $6 \times f$.
- Συχνότητα εκπομπής δευτερεύοντος κόκκινου σταθμού: $8 \times f$.
- Συχνότητα εκπομπής δευτερεύοντος πράσινου σταθμού: $9 \times f$.
- Συχνότητα εκπομπής δευτερεύοντος μωβ σταθμού: $5 \times f$.

Οι σταθμοί κάθε αλυσίδας εκπέμπουν σε διαφορετική συχνότητα, προκειμένου να είναι δυνατό να διαχωριστούν στο δέκτη τα σήματα που προέρχονται από κάθε σταθμό.

2.2.4.3 Ακρίβεια και σφάλματα συστήματος DECCA

Οι κυριότεροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια και τα σφάλματα του συστήματος DECCA είναι οι εξής:

- α) Γεωμετρία του στίγματος.
- β) Ανάμιξη ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους.
- γ) Διαφορές στην ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Η ακρίβεια του συστήματος DECCA κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέτρα (25-40 m), κατά τη διάρκεια της ημέρας σε περιοχές με καλή γεωμετρία στίγματος, μέχρι μερικά ναυτικά μίλια, κατά τη διάρκεια της νύχτας με ανάμιξη ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους, στα όρια των περιοχών κάλυψης της αλυσίδας.

2.2.4.4 Γενικά χαρακτηριστικά και κατηγορίες δεκτών DECCA

Οι δέκτες DECCA που χρησιμοποιούνταν στα εμπορικά πλοία ανήκουν σε μια από τις δυο επόμενες κατηγορίες:

- **Σύγχρονοι δέκτες**, οι οποίοι διαθέτουν ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή με του οποίου τη βοήθεια παρέχουν εκτός από τις δυνατότητες των παραδοσιακών δεκτών και τη δυνατότητα εκτέλεσης ταχύτατων υπολογισμών

και απεικόνισης στο ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη τα επόμενα στοιχεία:

- α) Γεωγραφικές συντεταγμένες (φ, λ) του στίγματος.
- β) Πραγματική πορεία και ταχύτητα του πλοίου.
- γ) Απόσταση και διόπτευση προς προκαθορισμένα σημεία.
- δ) Πορεία που πρέπει να τηρηθεί για την πλεύση σε κάποιο σημείο προορισμού.



Εικόνα 2.2ε.
Σύγχρονος δέκτης DECCA.

- **Παραδοσιακοί δέκτες**, από τους οποίους λαμβάνονται μόνο στοιχεία των υπερβολικών γραμμών θέσεως (χαρακτηριστικό ζώνης, χρώμα σταθμού, αριθμός διαύλου, εκατοστό του διαύλου) από τους αντίστοιχους ενδείκτες που λέγονται ντεκόμετρα και έχουν τη μορφή ρολογιών (Εικόνα 2.2στ).



Εικόνα 2.2στ.
Παραδοσιακός δέκτης DECCA.

Τόσο οι παραδοσιακοί, όσο και οι σύγχρονοι δέκτες DECCA, έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με διάφορες περιφερειακές μονάδες, για τη γραφική υποτύπωση τόσο του στίγματος, όσο και της τηρούμενης πορείας από το πλοίο.

2.2.5 Ραδιογωνιόμετρο

2.2.5.1 Γενικές αρχές ραδιογωνιόμετρου

Το ραδιογωνιόμετρο (Radio Direction Finding), όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή της ενότητας αυτής, αποτελεί το παλαιότερο ραδιοναυτιλιακό βοήθημα και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της διόπτουσης του σταθμού από τον οποίο εκπέμπονται τα λαμβανόμενα στο δέκτη της συσκευής σήματα.

Το ραδιογωνιόμετρο, του οποίου η αρχική επινοήση χρονολογείται από τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, αποτελείται από έναν ραδιοφωνικό δέκτη και μια κεραία βρόχου ή κεραία πλαισίου, της οποίας το σχήμα μπορεί να είναι κυκλικό, ορθογώνιο, τριγωνικό κλπ, και η οποία κεραία μπορεί να περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα.

Η βασική αρχή λειτουργίας του ραδιογωνιόμετρου στηρίζεται στην ιδιότητα της κεραίας του να παρέχει στο δέκτη σήμα μεταβαλλόμενης έντασης, ανάλογα με τη διεύθυνση από την οποία φθάνει το εκπεμπόμενο από έναν πομπό σήμα. Η ένταση των σημάτων είναι μέγιστη, όταν το επίπεδο της κεραίας συμπίπτει με τη διεύθυνση του πομπού, και ελάχιστη ή μηδενική, όταν η διεύθυνση του πομπού είναι ακριβώς κάθετη προς το επίπεδο της κεραίας.

Η ραδιοδιόπτουση ενός σταθμού παρέχει μια γραμμή θέσης, η οποία από μόνη της μπορεί να προσφέρει στοιχεία χρήσιμα για την ναυσιπλοΐα. Για τον προσδιορισμό του στίγματος του πλοίου, πρέπει να ληφθούν διοπτύσεις από δυο ή περισσότερους πομπούς με γνωστή θέση.

2.2.5.2 Κατηγορίες ραδιογωνιόμετρων

Τα ραδιογωνιόμετρα που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία ανήκουν σε μια από τις δυο επόμενες κατηγορίες:

- Ραδιογωνιόμετρα που εγκαθίστανται στα πλοία, προκειμένου να παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της διόπτρευσης (ραδιοδιόπτρευσης) ορισμένων σταθμών, που εκπέμπουν ειδικά για το σκοπό αυτό σήματα και λέγονται ραδιοφάροι. Με τα ραδιογωνιόμετρα αυτά ο ναυτιλλόμενος μπορεί να προσδιορίσει και τη διεύθυνση (ραδιοδιόπτρευση) από την οποία εκπέμπει οποιοσδήποτε πομπός ανάλογης συχνότητας είτε αυτός είναι εγκατεστημένος στην ξηρά είτε σε άλλο πλοίο.
- Ραδιογωνιόμετρα που εγκαθίστανται σε ειδικούς σταθμούς της ξηράς (ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί), προκειμένου να παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της ραδιοδιόπτρευσης του πλοίου που το ζητά, προς το οποίο στη συνέχεια οι σταθμοί μεταβιβάζουν τις ληφθείσες μετρήσεις.

Άρα, καταλήγουμε ότι το ραδιογωνιόμετρο χρησιμοποιείται στη ναυτιλία για τις εξής δύο εφαρμογές:

α) Προσδιορισμός του στίγματος του πλοίου με τη μέτρηση ραδιοδιοπτύσεων προς ορισμένους παράκτιους σταθμούς, οι οποίοι εκπέμπουν ειδικά για το σκοπό αυτό σήματα.

β) Ραδιοεντοπισμός κινδυνεύοντος πλοίου με ραδιοδιοπτύσεις από παράκτιους σταθμούς ραδιογωνιομέτρησης ή και από άλλα παραπλέοντα πλοία.

2.2.5.3 Αυτόματοι και χειροκίνητοι δέκτες ραδιογωνιόμετρου

Στα χειροκίνητα ραδιογωνιόμετρα για τη μέτρηση της ραδιοδιόπτρευσης ο χειριστής πρέπει να στρέψει χειροκίνητα είτε την κεραία είτε το πηνίο έρευνας, το οποίο ονομάζεται και γωνιόμετρο.

Στους σύγχρονους τύπους ραδιογωνιόμετρου, η ένδειξη της ραδιοδιόπτρευσης εμφανίζεται αυτόματα μετά από το συντονισμό της συσκευής στην κατάλληλη συχνότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνεχή περιστροφή του πηνίου έρευνας (γωνιόμετρου).

Πολλοί αυτόματοι δέκτες ραδιογωνιόμετρου έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν την ένδειξη της ραδιοδιόπτρευσης και σε ψηφιακό ενδείκτη. Άλλη δυνατότητα ορισμένων αυτόματων ραδιογωνιόμετρων είναι η ύπαρξη ειδικού ρυθμιστή για την ενεργοποίηση του κυκλώματος αντισταθμίσεως του

τεταρτοκυκλικού σφάλματος που οφείλεται στις υπερκατασκευές του πλοίου.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ραδιογωνιόμετρο αυτόματου τύπου (Εικόνα 2.2ζ). Στο ραδιογωνιόμετρο αυτό ο χειριστής δεν έχει παρά να συντονίσει το δέκτη στη συχνότητα εκπομπής του ραδιοφάρου και η ένδειξη της ραδιοδιόπτρευσης γίνεται αυτόματα.



Εικόνα 2.2ζ.

Τύπος αυτόματου ραδιογωνιόμετρου.

2.2.5.4 Σφάλματα ραδιογωνιόμετρου

Το ραδιογωνιόμετρο όταν λειτουργεί κάτω από ιδανικές συνθήκες, προσδιορίζει τις ραδιοδιοπτύσεις με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Εν τούτοις, η ακρίβεια που επιτυγχάνεται στην πράξη είναι χαμηλότερη από τη διακριτική ικανότητα της συσκευής, γιατί ο δέκτης απλώς προσδιορίζει τη διεύθυνση απ' όπου λαμβάνεται το σήμα του πομπού (ραδιοφάρου, πλοίου κλπ), που συνήθως δεν ταυτίζεται με την αντίστοιχη διόπτρευση. Η διαφορά αυτή οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, που επιδρούν στη διάδοση των ραδιοκυμάτων και δημιουργούν εκτροπή από την κανονική τους διαδρομή. Οι παράγοντες αυτοί δημιουργούν τα διάφορα σφάλματα των μετρούμενων ραδιοδιοπτύσεων τα οποία είναι τα εξής:

- α) Σφάλμα λόγω συννεύσεως⁽¹⁾ των μεσημβρινών.
- β) Σφάλμα πολικότητας ή επίδραση νύχτας.
- γ) Σφάλμα παράκτιας διάθλασης ή επίδραση ακτής.

(1) Σύννευση = Διαφορά μήκους x ημίτονο μέσου πλάτους.

δ) Σφάλματα που οφείλονται στο πλοίο, όπως τεταρτοκυκλικό και ημικυκλικό σφάλμα.

2.3 Συστήματα δορυφορικής πλοήγησης

2.3.1 Εισαγωγή

Τα πρώτα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης αναπτύχθηκαν κατά τη δεκαετία του '60, από τις ΗΠΑ το σύστημα *Navsat/Transit* και από τη Σοβιετική Ένωση το σύστημα *Tsikada*, 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 ανάπτυξη τους, διατέθηκαν και για διάφορες πολιτικές χρήσεις, όπως η ναυσιπλοΐα, η αεροπλοΐα, η γεωδαισία κλπ, παραμένοντας σε χρήση περίπου μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '90.

Από το τέλος της δεκαετίας του '70 και κυρίως κατά τη δεκαετία του '80, άρχισε η υλοποίηση σχετικών προγραμμάτων των ΗΠΑ και της Σοβιετικής Ένωσης για τη δημιουργία των δορυφορικών συστημάτων ναυσιπλοΐας δεύτερης γενιάς: *GPS* των ΗΠΑ και *Glonass* της Σοβιετικής Ένωσης. Τα συστήματα αυτά καλύπτουν ευρύ φάσμα στρατιωτικών και πολιτικών εφαρμογών εντοπισμού θέσεως, πλοήγησης και παροχής ακριβούς χρόνου αναφοράς, και για τον λόγο αυτό είναι γνωστά και ως **Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης, Πλοήγησης και Χρόνου**. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί ή βρίσκονται στο στάδιο της υλοποίησης και διάφορα άλλα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης, πλοήγησης και χρόνου τα οποία παρέχουν παγκόσμια ή περιφερειακή (τοπική) γεωγραφική κάλυψη. Τα συστήματα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- **Παγκόσμια Συστήματα Δορυφορικής Πλοήγησης (Global Navigation Satellite Systems – GNSS)**, τα οποία λειτουργούν με 24 – 35 δορυφόρους. Με αυτό το δορυφορικό σχηματισμό επιτυγχάνεται ικανοποιητική παγκόσμια κάλυψη, επειδή εξασφαλίζεται ότι σε οποιοδήποτε σημείο της επιφάνειας της γης θα είναι δυνατή οποιαδήποτε χρονική στιγμή η λήψη σημάτων από 4

δορυφόρους για τον προσδιορισμό της θέσης του δέκτη. Συστήματα της κατηγορίας αυτής είναι το σύστημα *GPS* των ΗΠΑ, το σύστημα *Glonass* της Ρωσίας, το υπό ανάπτυξη σύστημα *Galileo* της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας ESA (European Space Agency), καθώς και το υπό ανάπτυξη σύστημα *BeiDou* της Κίνας.

- **Περιφερειακά Συστήματα Δορυφορικής Πλοήγησης (Regional Navigation Satellite Systems – RNSS)**, τα οποία λειτουργούν με περιορισμένο αριθμό δορυφόρων (λιγότερων από 10) για την κάλυψη μιας εκτεταμένης γεωγραφικής περιοχής και όχι ολόκληρης της Γης. Συστήματα της κατηγορίας αυτής είναι το σύστημα *QZSS* της Ιαπωνίας και το σύστημα *IRNSS* της Ινδίας.

- **Δορυφορικά Συστήματα Επαυξήσεως (Satellite Based Augmentation Systems – SBAS)**, τα οποία λειτουργούν με λήψη σημάτων από τους δορυφόρους ενός ή περισσότερων παγκόσμιων συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης, καθώς και επιπρόσθετων σημάτων από γεωστατικούς δορυφόρους, για την επαύξηση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας τους σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή, όπως η Ευρώπη, Βόρεια Αμερική κλπ. Ενδεικτικά συστήματα της κατηγορίας αυτής είναι το ευρωπαϊκό σύστημα *EGNOS*, το σύστημα *WAAS* για την περιοχή ΗΠΑ-Καναδά, το σύστημα *MSAS* για την Ιαπωνία και το σύστημα *GAGAN* για την Ινδία.

Κάθε ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης GNSS, όπως το GPS, το Glonass, το Galileo και το Beidou, αποτελείται από τα επόμενα τρία κύρια τμήματα:

- α) Το δορυφορικό τμήμα, το οποίο αποτελείται από τους δορυφόρους του συστήματος.
- β) Το τμήμα ελέγχου, το οποίο αποτελείται από ένα δίκτυο επίγειων σταθμών.
- γ) Το τμήμα χρηστών, το οποίο αποτελείται από όλους τους δέκτες του συστήματος που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα πολιτικών και στρατιωτικών εφαρμογών.

Παρακάτω περιγράφονται τα τέσσερα Παγκόσμια Συστήματα Δορυφορικής Πλοήγησης (GNSS) που χρησιμοποιούνται σήμερα ή βρίσκονται υπό ανάπτυξη, για στρατιωτικούς και πολιτικούς λόγους.

2.3.2 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσεως GPS των ΗΠΑ

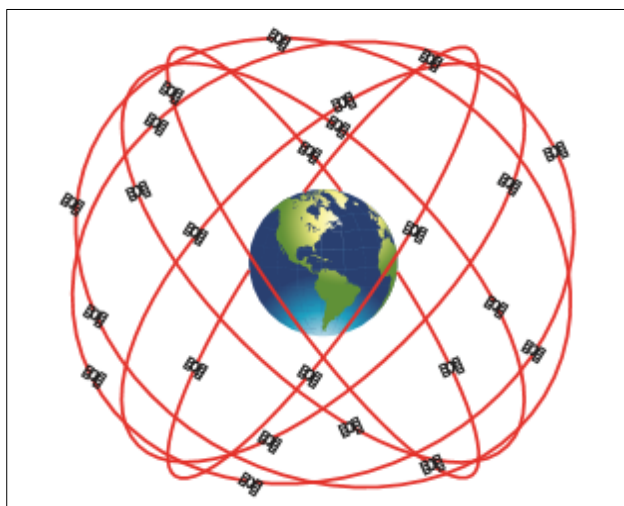
2.3.2.1 Γενική περιγραφή του συστήματος GPS

Το σύστημα GPS (Global Positioning System) σχεδιάστηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ κατά τη δεκαετία του '70, για στρατιωτική κυρίως χρήση και δευτερευόντως για πολιτική χρήση. Το σύστημα αναπτύχθηκε και διατέθηκε για αρχική δοκιμαστική χρήση από το δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας του '80. Μετά το πέρας της δοκιμαστικής περιόδου χρήσεως, το σύστημα τέθηκε σε πλήρη επιχειρησιακή διαθεσιμότητα κατά τη δεκαετία του '90.

Παρά το γεγονός ότι το σύστημα GPS δημιουργήθηκε για στρατιωτικές κυρίως χρήσεις, σήμερα οι δέκτες του συστήματος GPS, που χρησιμοποιούνται για πολιτικές χρήσεις αποτελούν το 95% του συνόλου των χρηστών του συστήματος. Οι πολιτικές χρήσεις του συστήματος GPS καλύπτουν ευρύ φάσμα εφαρμογών, τόσο για επαγγελματικούς σκοπούς (ναυσιπλοΐα, αεροπλοΐα, γεωδαισία, κτηματολόγιο, δημόσια ασφάλεια κλπ), όσο και για απλές ανάγκες της καθημερινότητας (ενσωμάτωση δεκτών GPS σε κινητά τηλέφωνα, ηλεκτρονικά συστήματα πλοήγησης αυτοκινήτων κλπ)

2.3.2.2 Διαστημικό τμήμα του GPS

Το σύστημα GPS σχεδιάστηκε για να λειτουργεί με 27 συνολικά δορυφόρους (24 βασικούς και 3 εφεδρικούς) κατανεμημένους σε 6 τροχιακά επίπεδα, τα οποία έχουν κλίση 55° με το επίπεδο του ισημερινού, το οποίο τέμνουν σε σημεία με διαφορά γεωγραφικού μήκους 60° (Εικόνα 2.3α).



Εικόνα 2.3α.

Δορυφορικές τροχιές του συστήματος GPS.

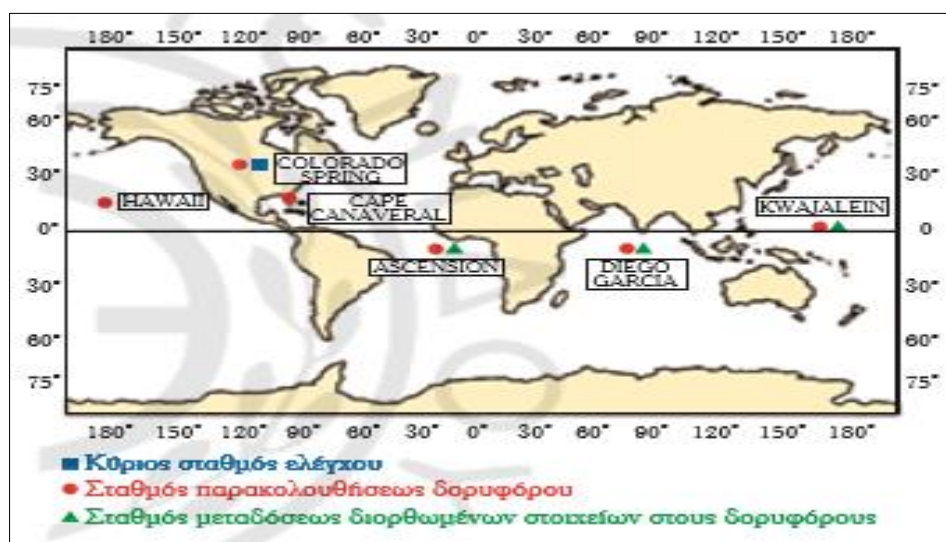
Το εύρος δέσμης της κεραίας εκπομπής κάθε δορυφόρου είναι 45° , ώστε να καλύπτεται από κάθε δορυφορική εκπομπή η

μέγιστη δυνατή επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι του συστήματος GPS ακολουθούν περίπου κυκλικές τροχιές σε ύψος 20.200 χιλιόμετρα επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24 ώρες. Με τις δορυφορικές αυτές τροχιές επιτυγχάνεται ομοιόμορφη παγκόσμια κάλυψη, εξασφαλίζοντας ότι οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, σε οποιοδήποτε σημείο της γης, λαμβάνεται ταυτόχρονα σήμα από 4 έως 8 δορυφόρους.

2.3.2.3 Επίγειο τμήμα ελέγχου του GPS

Το επίγειο τμήμα ελέγχου του συστήματος GPS αποτελείται από:

- Έναν κύριο σταθμό ελέγχου, που βρίσκεται στην αεροπορική βάση Falcon Schriever της πολιτείας Colorado Springs των ΗΠΑ (Εικόνα 2.3β).
- Πέντε επιπλέον επίγειους σταθμούς παρακολούθησης, που βρίσκονται στις θέσεις: α) Ακρωτήριο Canaveral των ΗΠΑ, β) Νήσος Hawaii του Ειρηνικού, γ) Νήσος Kwajalein του Ειρηνικού, δ) Νήσος Diego Garcia του Ινδικού, ε) Νήσος Ascension του Ατλαντικού (Εικόνα 2.3β). Από τους πέντε αυτούς σταθμούς, οι τρεις σταθμοί στα νησιά του Ατλαντικού, του Ινδικού και του Ειρηνικού ωκεανού, εκτός από τη λήψη των εκπεμπόμενων από τους δορυφόρους σημάτων, μεταδίδουν προς τους δορυφόρους χρήσιμες πληροφορίες, που προέρχονται από τον κύριο σταθμό ελέγχου (Colorado Springs). Οι πληροφορίες αυτές στη συνέχεια μεταδίδονται από τους δορυφόρους προς τους χρηστές (δορυφορικούς δέκτες) για τον προσδιορισμό θέσεως.



[54]

Εικόνα 2.3β.

Θέσεις επιγείων σταθμών τμήματος ελέγχου του GPS.

Για την καλύτερη παρακολούθηση των δορυφόρων οι επίγειοι σταθμοί παρακολούθησης και ελέγχου του συστήματος GPS έχουν ομοιόμορφη διασπορά στη γήινη επιφάνεια σε θέσεις με διαφορά γεωγραφικού μήκους 60° περίπου και μικρά ή μέσα γεωγραφικά πλάτη εκατέρωθεν του ισημερινού.

Ο κύριος σταθμός ελέγχου συλλέγει και επεξεργάζεται τα στοιχεία που εκπέμπονται από τους σταθμούς παρακολούθησης για τον προσδιορισμό και την πρόβλεψη διάφορων στοιχείων, όπως:

- α) Θέσεις δορυφόρων.
- β) Κατάσταση λειτουργίας δορυφόρων και σφάλματα δορυφορικών χρονομέτρων.
- γ) Ατμοσφαιρικές συνθήκες για μοντέλα διάδοσης δορυφορικών σημάτων.

Τα παραπάνω στοιχεία του τμήματος ελέγχου αποστέλλονται από τρεις επίγειους σταθμούς προς τους δορυφόρους, στους οποίους αποθηκεύονται για περαιτέρω εκπομπή προς τους χρήστες.

Το βασικό δίκτυο των έξι επίγειων σταθμών του τμήματος ελέγχου (Εικόνα 2.3β), έχει διασυνδεθεί με άλλα δίκτυα επίγειων σταθμών για βελτίωση της αξιοπιστίας και ακρίβειας του GPS, όπως το δίκτυο των σταθμών της διεθνούς υπηρεσίας IGS (International Gns Service – IGS).

2.3.2.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος GPS – Παρεχόμενες υπηρεσίες

Το τμήμα χρηστών του συστήματος GPS αποτελείται από όλους τους δέκτες του συστήματος που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα πολιτικών και στρατιωτικών εφαρμογών. Οι κυριότερες πολιτικές χρήσεις του συστήματος GPS είναι οι εξής:

- α) Άμεσος και συνεχής καθορισμός της θέσης οποιουδήποτε σημείου επάνω ή κοντά στην επιφάνεια της Γης, όπως το στίγμα πλοίων, αεροσκαφών, οχημάτων ξηράς, καθώς και μεμονωμένων ατόμων, όπως ποδηλατιστές, ορειβάτες κλπ.
- β) Ακριβής πλοήγηση πλοίων, αεροσκαφών και λοιπών οχημάτων για άφιξη στο επιθυμητό σημείο προορισμού.
- γ) Ακριβής υποτύπωση θέσης και κίνησης πλοίων με διασύνδεση δεκτών GPS με τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης πλοίων (AIS) και τα συστήματα ελέγχου θαλάσσιας κυκλοφορίας.
- δ) Ακριβής υποτύπωση θέσης και κίνησης αεροσκαφών από τα κέντρα

ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας.

ε) Γεωδαιτικές, τοπογραφικές, υδρογραφικές και χαρτογραφικές εργασίες, για τον άμεσο καθορισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων σημείων της επιφάνειας της Γης, με ακρίβεια που φθάνει και τα 2 εκατοστά και για την ακριβέστερη χαρτογράφηση διαφόρων περιοχών της Γης σε ένα ενιαίο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς.

στ) Παροχή ακριβούς χρόνου αναφοράς για το συγχρονισμό συστημάτων τηλεπικοινωνιών.

2.3.3 Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Πλοήγησης Glonass της Ρωσίας

2.3.3.1 Γενική περιγραφή του συστήματος Glonass

Το σύστημα Glonass (GLobal NAVigation Satellite System) αποτελεί το ρωσικό σύστημα προσδιορισμού θέσης, πλοήγησης και χρόνου, αντίστοιχο του αμερικανικού συστήματος GPS, και έχει σχεδιαστεί με τεχνικά χαρακτηριστικά, επιχειρησιακές δυνατότητες και αρχές λειτουργίας, παραπλήσιες με το σύστημα GPS. Η σχεδίαση και ανάπτυξη του χρονολογούνται τουλάχιστον από την αρχή της δεκαετίας του 1980 και αποτελεί την απάντηση, κατά την εποχή εκείνη, της Σοβιετικής Ένωσης στη δημιουργία του συστήματος GPS από τις ΗΠΑ. Ο πρώτος δορυφόρος του συστήματος Glonass τέθηκε σε τροχιά το 1982 και το σύστημα τέθηκε σε επιχειρησιακή χρήση το 1995. Οι υπηρεσίες του διατέθηκαν όμως σε πολιτικούς χρήστες το 2007.

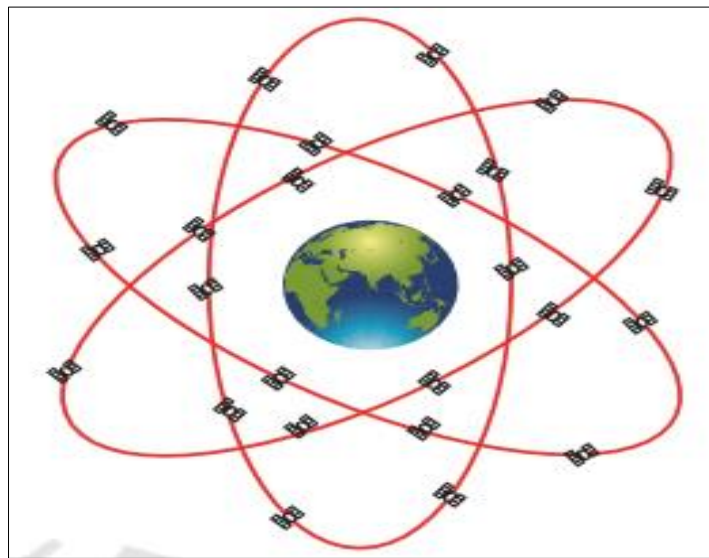
Στα συστήματα GPS και Glonass ο προσδιορισμός της θέσης στηρίζεται στη μέτρηση των αποστάσεων του δέκτη από τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους. Με τον τρόπο αυτό, η θέση του δέκτη προσδιορίζεται στην τομή τεσσάρων σφαιρικών επιφανειών, που έχουν κέντρα τις θέσεις των δορυφόρων και ακτίνες τις μετρούμενες ανά πάσα στιγμή αποστάσεις τους από τον δέκτη.

Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του συστήματος Glonass είναι το «PZ-90», σε αντίθεση με το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του συστήματος GPS που είναι το «WGS-84».

2.3.3.2 Διαστημικό τμήμα του συστήματος Glonass

Το διαστημικό τμήμα του συστήματος Glonass έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί με 24 συνολικά δορυφόρους, 21 βασικούς και 3 εφεδρικούς. Οι

δορυφόροι αυτοί περιστρέφονται σε ύψος 19.100 χιλιάμετρα περίπου (λίγο χαμηλότερα από το ύψος των δορυφόρων του συστήματος GPS), καταναμημένοι σε τρία τροχιακά επίπεδα αντί των έξι τροχιακών επιπέδων του συστήματος GPS, με περίοδο 11 ώρες, 15 λεπτά και 45 δευτερόλεπτα (Εικόνα 2.3γ). Τα τρία τροχιακά επίπεδα του συστήματος Glonass έχουν κλίση 55° ως προς το επίπεδο του ισημερινού και σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120° . Οι γειτονικοί δορυφόροι κάθε τροχιακού επιπέδου έχουν γωνιακή απόσταση 45° . Σε κάθε τροχιακό επίπεδο περιστρέφονται επτά βασικοί κι ένας εφεδρικός.



Εικόνα 2.3γ.
Δορυφορικές τροχιές του συστήματος Glonass.

2.3.3.3 Επίγειο τμήμα ελέγχου του συστήματος Glonass

Στο επίγειο τμήμα του Glonass εκτελείται εξαιρετικά ακριβής μέτρηση των σφαλμάτων του χρόνου και της φάσεως των λαμβανόμενων δορυφορικών σημάτων. Στη συνέχεια τα στοιχεία που θα εξαχθούν εκπέμπονται προς τους δορυφόρους του συστήματος, οι οποίοι διορθώνουν κατάλληλα τις εκπομπές τους προς τους χρήστες. Για να μετρηθούν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια τα δυο αυτά σφάλματα, το Glonass διαθέτει έναν **κεντρικό σταθμό ελέγχου**, ο οποίος υποδιαιρείται σε δυο λειτουργικά τμήματα: στον **κεντρικό συγχρονιστή** και στο **σύστημα ελέγχου της φάσεως**. Μέσω των δυο αυτών τμημάτων, εκτελείται συνεχής μέτρηση των αποστάσεων των δορυφόρων από τη γη με τεχνικές Radar. Παράλληλα, εκτελείται μέτρηση απόστασης με

συσκευές laser, ώστε η ακρίβεια της μέτρησης να αυξηθεί από τα 2-3 μέτρα σε μερικά εκατοστά. Οι μετρήσεις αυτές συγκρίνονται με τις ψευδοαποστάσεις που μετρούνται με τη συνήθη μέθοδο εξαγωγής της θέσεως από τους δορυφόρους. Οι ψευδοαποστάσεις μετρούνται από 4 σταθμούς **παρακολούθησης, ελέγχου και τηλεμετρίας**, οι οποίοι βρίσκονται στην Αγία Πετρούπολη, στο Schelkono (στην περιοχή της Μόσχας), στο Yenisseysk (στην περιοχή της Σιβηρίας) και στην πόλη Komsomolskna-Amure της Ανατολικής Ρωσίας. Οι σταθμοί αυτοί εκτελούν μετρήσεις ψευδοαποστάσεων δημιουργώντας πακέτα ψηφιακών δεδομένων, τα οποία εκπέμπονται στον κύριο σταθμό ελέγχου ανά 10-15 λεπτά.

Συνδυάζοντας όλα τα δεδομένα που συλλέγει, ο κεντρικός σταθμός ελέγχου του Glonass προσδιορίζει και προβλέπει τις δορυφορικές τροχιές και τα στοιχεία χρόνου, εκπέμποντας στη συνέχεια προς τους δορυφόρους το ναυτιλιακό μήνυμα. Επί πλέον, συγχρονίζει την αναφορά χρόνου των δορυφόρων και ελέγχει τη διαφορά χρόνου μεταξύ του Glonass και της UTC.

2.3.3.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος Glonass – Παρεχόμενες υπηρεσίες

Το σύστημα Glonass παρέχει δυο διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών για στρατιωτικές και για πολιτικές χρήσεις, όπως και το σύστημα GPS. Οι παρεχόμενες υπηρεσίες και εφαρμογές είναι αντίστοιχες με αυτές του συστήματος GPS.

2.3.4 Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Πλοήγησης Galileo της Ευρωπαϊκής Ένωσης

2.3.4.1 Γενική περιγραφή του συστήματος Galileo

Το σύστημα Galileo είναι το υπό ανάπτυξη πολιτικό, αυτόνομο, παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας ESA (European Space Agency), το οποίο παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1999 και πήρε το όνομα του από τον Ιταλό αστρονόμο Γαλιλαίο Γαλιλέι. Ένας από τους στόχους του Galileo είναι η παροχή ενός συστήματος εντοπισμού θέσης υψηλής ακρίβειας στο οποίο μπορούν να βασιστούν τα ευρωπαϊκά κράτη, ανεξαρτητοποιώντας τα έτσι από τα αντίστοιχα συστήματα Glonass (Ρωσία), GPS (ΗΠΑ) και BeiDou (Κίνα), τα οποία μπορούν να απενεργοποιηθούν εν καιρώ πολέμου ή συρράξεων.

Αντίθετα με την προϊστορία των συστημάτων GPS και Glonass, το σύστημα Galileo έχει σχεδιαστεί από την αρχή με πρωταρχικό σκοπό την αξιοποίηση του σε πολιτικές εφαρμογές και κατ' επέκταση σε στρατιωτικές-κυβερνητικές. Για το λόγο αυτό, στις αρχικές φάσεις αναπτύξεως του συστήματος, συμμετείχε τόσο ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO), όσο και ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (IMO). Επί πλέον, η ανάπτυξη του συστήματος όχι μόνο ξεκίνησε επηρεασμένη από τη τεχνολογική βάση του GPS, αλλά συνεχίζει να καθορίζεται από τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των δυο συστημάτων. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τονισθεί ότι το σύστημα Galileo είναι μεν συμβατό με το GPS, αλλά πλήρως ανεξάρτητο από αυτό. Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του Galileo, ταυτίζεται με το διεθνές σύστημα αναφοράς, όπως αυτό έχει καθοριστεί από την Διεθνή Υπηρεσία Περιστροφής της Γης (International Earth Rotation Service – IERS).

Στις 15 Δεκεμβρίου 2016 το ευρωπαϊκό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Galileo άρχισε να προσφέρει τις αρχικές υπηρεσίες του στις δημόσιες αρχές, τις επιχειρήσεις και τους πολίτες. Μέχρι τότε ο σχηματισμός του συστήματος Galileo αποτελούταν από 18 δορυφόρους ήδη σε τροχιά. Ο πλήρης σχηματισμός προβλέπει συνολικά 30 δορυφόρους και αναμένεται να ολοκληρωθεί έως το 2020.

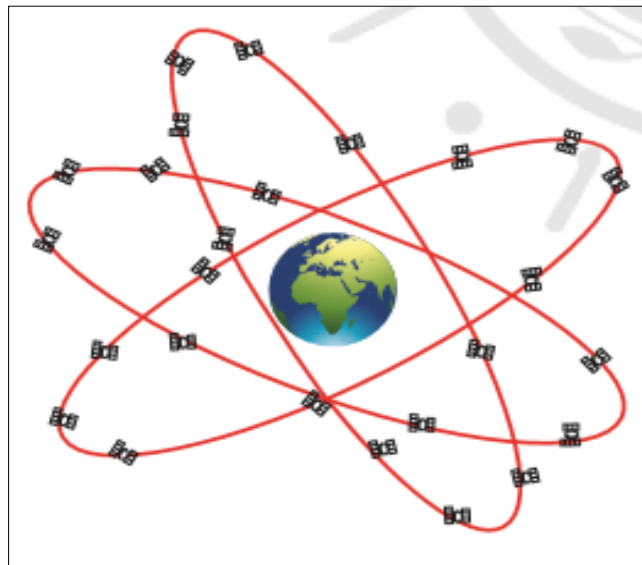
Με δεδομένο ότι το Galileo είναι διαλειτουργικό με τα συστήματα GPS, Glonass και BeiDou, οι εμπορικοί δέκτες του συστήματος θα έχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού θέσεως με την ταυτόχρονη λήψη δορυφορικών σημάτων από το σύνολο των συστημάτων GNSS.

2.3.4.2 Διαστημικό τμήμα του συστήματος του Galileo

Το διαστημικό τμήμα του συστήματος Galileo, όταν ολοκληρωθεί, προβλέπεται να περιλαμβάνει 30 συνολικά δορυφόρους, οι οποίοι θα είναι κατανεμημένοι σε τρία τροχιακά επίπεδα σε μέση γήινη τροχιά, με 10 δορυφόρους σε κάθε τροχιακό επίπεδο (Εικόνα 2.3δ). Ένας δορυφόρος σε κάθε τροχιά θα λειτουργεί ως εφεδρικός, διαθέσιμος να καλύψει οποιαδήποτε δυσλειτουργία άλλου δορυφόρου, που βρίσκεται στην ίδια τροχιά. Έτσι, η διαθεσιμότητα των εφεδρικών δορυφόρων, εξασφαλίζει ότι η απώλεια ενός δορυφόρου δεν θα έχει δυσμενή επίδραση στους χρήστες, καθόσον ο

δορυφορικός σχηματισμός θα αποκατασταθεί άμεσα με την εκκίνηση του εφεδρικού δορυφόρου για την αντικατάσταση του απολεσθέντος ή του προβληματικού.

Το ύψος της τροχιάς των δορυφόρων του συστήματος Galileo είναι 23.222 χιλιόμετρα και η περίοδος περιστροφής τους 14 ώρες και 4 λεπτά. Τα τροχιακά επίπεδα εμφανίζουν κλίση 56° ως προς το επίπεδο του ισημερινού. Το ύψος πτήσεως και η κλίση των τροχιών επιλέχτηκε έτσι, ώστε να εξασφαλίζει καλή κάλυψη των πολικών γεωγραφικών πλατών, τα οποία δεν εξυπηρετούνται επαρκώς από το GPS. Η προαναφερόμενη κατανομή δορυφόρων σε τροχιές, εγγυάται παγκόσμια κάλυψη για τους χρήστες, με διαθέσιμους τουλάχιστον 6 δορυφόρους ταυτόχρονα.



Εικόνα 2.3δ.

Δορυφορικός σχηματισμός συστήματος Galileo σε πλήρη ανάπτυξη.

2.3.4.3 Επίγειο τμήμα ελέγχου του συστήματος Galileo

Το επίγειο τμήμα ελέγχου του συστήματος Galileo δεν διαφέρει σε φιλοσοφία σχεδιάσεως από τα αντίστοιχα του GPS και του Glonass, παρά μόνο στο ότι διαθέτει πολύ μεγαλύτερο αριθμό σταθμών. Επιπλέον, επειδή αποτελεί κατά βάση πολιτικό σύστημα, είναι γνωστή σχεδόν κάθε λεπτομέρεια της υποδομής του. Η ανάλυση της υποδομής αυτής είναι επωφελής για την κατανόηση όχι μόνο του συγκεκριμένου συστήματος, αλλά γενικότερα κάθε σύγχρονου συστήματος GNSS.

Το επίγειο τμήμα ελέγχου του συστήματος Galileo, υποδιαιρείται στα εξής δυο λειτουργικά κέντρα:

- 1) Στο **σύστημα ελέγχου του Galileo** (Galileo Control System – GCS) που είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες ελέγχου και τηλεμετρίας όλων των δορυφόρων του Galileo. Για τον σκοπό αυτό, διαθέτει ένα δίκτυο πέντε **Σταθμών Παρακολούθησης Ελέγχου και Τηλεμετρίας** (Telemetry Tracking and Control – TT&C). Την καρδιά του συστήματος αποτελούν δυο **Κέντρα Ελέγχου Εδάφους** (Ground Control Centers – GCC), τα οποία ασκούν κεντρικό έλεγχο στο σύνολο των λειτουργιών του Galileo.

- 2) Το **Επιχειρησιακό Σύστημα του Galileo** (Galileo Mission System – GMS) που είναι υπεύθυνο για τον προσδιορισμό και την εκπομπή προς τους δορυφόρους των σημάτων εκείνων που απαιτούνται για την παροχή υπηρεσιών ναυτιλίας και ώρας UTC. Για τον σκοπό αυτό, το GMS χρησιμοποιεί ένα παγκόσμιο δίκτυο από 40 **Σταθμούς Αισθητήρων Galileo** (Galileo Sensor Stations – GSS). Οι σταθμοί αυτοί παρακολουθούν διαρκώς τα δορυφορικά σήματα, ενώ επικοινωνούν μεταξύ τους τόσο μέσω ενσύρματων όσο και μέσω ασύρματων δορυφορικών τηλεπικοινωνιών. Το GMS επικοινωνεί με τους δορυφόρους του Galileo μέσω ενός παγκόσμιου **Δικτύου πέντε Σταθμών Δορυφορικής Εκπομπής** (Mission Up-Link Stations – ULS). Μέσω του δικτύου GSS, προσδιορίζονται τα σφάλματα χρόνου και τροχιάς, τα οποία στη συνέχεια εκπέμπονται προς τους δορυφόρους μέσω των ULS. Οι σταθμοί ULS, GSS και TT&C, διασυνδέονται με τους δυο σταθμούς GCC μέσω πολλαπλών ασύρματων και ενσύρματων τηλεπικοινωνιακών δικτύων ανταλλαγής δεδομένων, ώστε να εξασφαλίζεται η διαρκής και απρόσκοπτη μεταξύ τους επικοινωνία.

2.3.4.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος Galileo – Παρεχόμενες υπηρεσίες

Οι δέκτες του Galileo θα παρέχουν υπηρεσίες θέσεως υψηλής ακρίβειας της τάξεως του ενός μέτρου, συγκριτικά με περίπου 10 μέτρα στο GPS, σε όλους τους πολιτικούς χρήστες χωρίς περιορισμούς. Το Galileo έχει σχεδιασθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι διαλειτουργικό με τα συστήματα GPS, Glonass και BeiDou. Οι δέκτες του συστήματος θα προσδιορίζουν τη θέση του φορέα

τους με λήψη δορυφορικών σημάτων από οποιοδήποτε συνδυασμό δορυφόρων του συνόλου των GNSS.

Εκτός από τις υπηρεσίες προσδιορισμού θέσεως, το σύστημα Galileo παρέχει αναβαθμισμένες και πρωτότυπες υπηρεσίες έρευνας και διάσωσης (Search and Rescue – SAR), με βάση το σύστημα Cospas-Sarsat. Για τον σκοπό αυτό, οι δορυφόροι του συστήματος Galileo διαθέτουν ξεχωριστή μονάδα, η οποία αναμεταδίδει το σήμα κινδύνου που λαμβάνει από τον πομπό κάποιου χρήστη, προς το συντονιστικό κέντρο, το οποίο στη συνέχεια θα ενεργοποιήσει τις διαδικασίες διάσωσης. Παράλληλα το Galileo θα μεταδίδει προς τον κινδυνεύοντα χρήστη κατάλληλο σήμα με την πληροφορία ότι έχει ενεργοποιηθεί η διαδικασία διάσωσης, δυνατότητα που σήμερα δεν διαθέτουν τα υπόλοιπα GNSS. Οι παρεχόμενες υπηρεσίες από το σύστημα Galileo είναι οι ακόλουθες:

- 1) **Υπηρεσία Ανοικτής Προσβάσεως (Open Service – OS)** η οποία προορίζεται άνευ κόστους για κάθε δυνατό χρήστη, όπως ακριβώς ισχύει σήμερα για τις αντίστοιχες πολιτικές χρήσεις του GPS.
- 2) **Εμπορική υπηρεσία (Commercial Service – CS)** η οποία προορίζεται για την ανάπτυξη επαγγελματικών εφαρμογών.
- 3) **Υπηρεσία Ασφάλειας Ανθρώπινης Ζωής (Safety of Life – SoL)** για εφαρμογές, όπως η αεροπλοΐα, η ναυσιπλοΐα και ο σιδηρόδρομος, όπου υφίστανται υψηλές απαιτήσεις ακρίβειας στοιχείων θέσεως και κινήσεως του δέκτη-φορέα.
- 4) **Υπηρεσία Έρευνας και Διάσωσης (Search and Rescue – SAR)**, σκοπός των οποίων είναι η αισθητή βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων παροχής βοήθειας σε περιπτώσεις κινδύνου και διάσωσης.
- 5) **Δημόσιες Ελεγχόμενες Υπηρεσίες (Public Regulated Services – PRS)**. Οι υπηρεσίες αυτές προορίζονται για κυβερνητική χρήση, χρησιμοποιούν κρυπτοκαλυμμένους κώδικες ψευδοτυχαίας σειράς, διαθέτουν χαρακτηριστικά υψηλής αντοχής σε παρεμβολές και αξιοποιούνται κατά κύριο λόγο για τις ανάγκες των δημοσίων οργανισμών και της Ευρωπαϊκής ασφάλειας.

2.3.5 Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Πλοήγησης BeiDou της Κίνας

2.3.5.1 Γενική περιγραφή του συστήματος BeiDou

Αρχικά, η πρώτη γενιά του συστήματος ονομαζόταν BeiDou-1, το οποίο είναι ένα πειραματικό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης, περιορισμένης κάλυψης και υπηρεσιών αποτελούταν από 3 δορυφόρους γεωστατικής τροχιάς (Geostationary Orbit – GEO), δύο λειτουργικούς και έναν εφεδρικό. Η περιοχή που μπορεί να εξυπηρετηθεί είναι από το γεωγραφικό μήκος 070° Α έως το 140° Α και από το γεωγραφικό πλάτος 5° Β έως το 55° Β. Οι υπηρεσίες πλοήγησης και εντοπισμού θέσης έγιναν διαθέσιμες για τους πολιτικούς χρήστες το 2004.

Το 2004, η κινεζική κυβέρνηση ενέκρινε το πρόγραμμα για την κατασκευή ενός λειτουργικού δορυφορικού συστήματος πλοήγησης συγκρίσιμου με το GPS και το GLONASS, σε ικανότητα. Το σύστημα ήταν αρχικά να προσφέρει υπηρεσίες εντοπισμού θέσεως και πλοήγησης υψηλής ακρίβειας στους χρήστες της περιοχής Ασίας-Ειρηνικού έως το 2014 και θα επεκταθεί για την εξυπηρέτηση χρηστών σε παγκόσμια κάλυψη μέχρι το 2020. Το περιφερειακό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης, γνωστό ανεπίσημα ως BeiDou-2 ή Compass, ενεργοποιήθηκε σε δοκιμαστική βάση στις 27 Δεκεμβρίου 2011 και άρχισε να λειτουργεί πλήρως τον Δεκέμβριο του 2012.

Το BeiDou-2 ή BeiDou (γνωστό και με την ονομασία Compass) δεν αποτελεί επέκταση του παλαιότερου BeiDou-1, αλλά το αντικατέστησε εντελώς. Το νέο σύστημα θα αποτελείται από 35 δορυφόρους, στους οποίους περιλαμβάνονται 5 δορυφόροι γεωστατικής τροχιάς για αναδρομική συμβατότητα με το BeiDou-1..

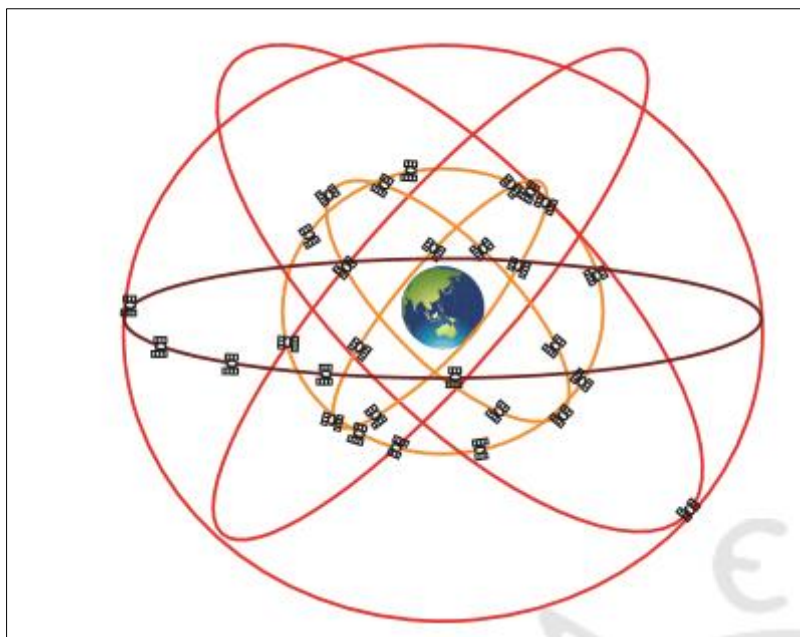
Το BeiDou-2 αναμένεται να παρέχει πλήρεις υπηρεσίες παγκόσμιας δορυφορικής πλοήγησης το 2020, παρόμοιες με του GPS, του Glonass και του Galileo.

Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του συστήματος BeiDou-2 είναι το Γεωδαιτικό Σύστημα Συντεταγμένων της Κίνας 2000 (China Geodetic Coordinate System 2000 – CGCS2000), που ταυτίζεται με το Διεθνές Σύστημα Αναφοράς της Γης ITRS.

2.3.5.2 Διαστημικό τμήμα του συστήματος BeiDou

Το διαστημικό τμήμα του BeiDou θα αποτελείται συνολικά από 35

δορυφόρους. Από αυτούς, οι 5 θα κινούνται σε γεωστατική τροχιά (Geostationary Orbit – GEO) σε ύψος 35.786 χιλιόμετρα, οι 27 θα κινούνται σε μέσες τροχιές (MEO), σε ύψος 21.528 χιλιόμετρα, με περίοδο περιστροφής 12 ώρες 53 λεπτά και 24 δευτερόλεπτα και θα είναι κατανομημένοι σε τρία τροχιακά επίπεδα που θα σχηματίζουν γωνία κλίσεως 55° με το επίπεδο του Ισημερινού και οι υπόλοιποι 3 θα κινούνται σε κεκλιμένες γεωσύγχρονες τροχιές (Inclined Geosynchronous Orbit – IGSO), σε ύψος 35.786 χιλιόμετρα και θα είναι κατανομημένοι σε τρία τροχιακά επίπεδα με γωνία κλίσεως 55° με το επίπεδο του Ισημερινού (Εικόνα 2.3ε).



Εικόνα 2.3ε.

Ο πλήρης δορυφορικός σχηματισμός του συστήματος BeiDou.

2.3.5.3 Επίγειο τμήμα Ελέγχου του συστήματος BeiDou

Το Επίγειο Τμήμα (Ground Segment) του συστήματος BeiDou αποτελείται από τον κύριο σταθμό ελέγχου (Master Control Station), τους δύο σταθμούς τροφοδοτήσεως (Upload Stations) και τους 30 σταθμούς παρακολούθησεως (Monitor Stations). Ο κύριος σταθμός ελέγχου είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο του δορυφορικού σχηματισμού και την επεξεργασία των μετρήσεων που λαμβάνονται από τους σταθμούς παρακολούθησης, για την δημιουργία του ναυτιλιακού μηνύματος. Οι σταθμοί τροφοδοτήσεως είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση των τροχιακών διορθώσεων και του ναυτιλιακού μηνύματος προς τους δορυφόρους. Οι σταθμοί παρακολούθησης συλλέγουν όλα τα δεδομένα

των δορυφόρων BeiDou.

2.3.5.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος BeiDou – Παρεχόμενες Υπηρεσίες

Το τμήμα χρηστών (User Segment) του συστήματος BeiDou αποτελείται από τους δέκτες, οι οποίοι λαμβάνουν τα μηνύματα που εκπέμπονται από τους δορυφόρους του συστήματος, προσδιορίζουν τις ψευδοαποστάσεις και επιλύουν τις εξισώσεις προκειμένου να εξάγουν τη θέση του χρήστη, την ταχύτητα του και τον ακριβή χρόνο. Το σύστημα BeiDou παρέχει δυο ειδών υπηρεσίες στους χρήστες, την υπηρεσία ανοικτής πρόσβασης (open service) και την υπηρεσία εξουσιοδοτημένης πρόσβασης (authorized service). Η υπηρεσία ανοικτής πρόσβασης παρέχει σε κάθε χρήστη άνευ χρέωσης πληροφορίες θέσεως, ταχύτητας και χρόνου, με ακρίβεια προσδιορισμού θέσης καλύτερη από 10 μέτρα, ακρίβεια προσδιορισμού ταχύτητας καλύτερη από 0,2 μέτρα ανά δευτερόλεπτο και ακρίβεια χρονισμού καλύτερη από 20 νανοδευτερόλεπτα. Τα ανωτέρω στοιχεία είναι πολύ βελτιωμένα για την υπηρεσία εξουσιοδοτημένης πρόσβασης, η οποία παρέχει επιπλέον υπηρεσίες ελέγχου ορθής λειτουργίας του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΕΥΘΗΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ

3.1 Εισαγωγή

Ο έλεγχος του πλοίου αναφέρεται στην ικανότητα του πλοίου να διατηρείται ή να μεταβάλλεται η κατεύθυνση της πορείας του με χρήση κατάλληλων οργάνων. Η ικανότητα χειρισμών του πλοίου δηλώνει την ευκολία με την οποία ένα πλοίο μπορεί να διατηρηθεί σε μια συγκεκριμένη πορεία. Η απόδοση του πλοίου είναι η ευστάθεια κατεύθυνσης, δηλαδή όταν ένα πλοίο υποστεί μια διαταραχή από την αρχική του πορεία, θεωρείται ότι είναι ευσταθές όταν τείνει να ακολουθήσει μια νέα ευθεία πορεία.

Η πηδαλιούχηση ενός πλοίου αναφέρεται στην ελεγχόμενη αλλαγή ή διατήρηση της κατεύθυνσης της κίνησης του πλοίου. Το σύστημα πηδαλιούχησης του πλοίου πρέπει να έχει την ικανότητα να ανταποκρίνεται άμεσα και με ακρίβεια στις ενέργειες ελιγμού ακόμα και σε αντίξοες καιρικές συνθήκες. Έτσι διακρίνονται δύο διαφορετικές απαιτήσεις:

- **1) Έλεγχος της κίνησης του πλοίου σε ανοιχτή θάλασσα,** όπου το πλοίο πρέπει να διαθέτει ένα σύστημα ελέγχου κατά τον πλου έτσι ώστε να διατηρείται στην σχεδιασμένη πορεία, είτε ελέγχοντας την ευθεία πορεία με μικρές διορθωτικές κινήσεις είτε μεταβάλλοντας την ευθεία πορεία με ελιγμούς προσέγγισης.
- **2) Έλεγχος των κινήσεων του πλοίου σε στενά με χαμηλή ταχύτητα,** όπως σε προσέγγιση σε αποβάθρα, ή σε μέρη με υψηλή κίνηση πλοίων όπου απαιτούνται γρήγοροι και αποτελεσματικοί χειρισμοί.

Το κυριότερο μέσο που υπάρχει στο πλοίο για τον έλεγχο της πορείας του είναι ο αυτόματος πηδαλιούχος ή αυτόματο πηδάλιο. Στη συνέχεια του κεφαλαίου περιγράφονται οι βασικές μονάδες από τις οποίες αποτελείται το πηδάλιο καθώς και η λειτουργία του συναγερμού εκτός πορείας.

3.2 Αυτόματο πηδάλιο

3.2.1 Εισαγωγή

Το αυτόματο πηδάλιο με επαναλήπτη που φέρει, συνδέεται στο σύστημα μετάδοσης της γυροσκοπικής πυξίδας του πλοίου, από όπου πληροφορείται για τις εκτροπές του πλοίου από τη σταθερή πορεία του και στρέφει το πτερύγιο του πηδαλίου, ώστε να επανέλθει το πλοίο στην πορεία του.

Η εγκατάσταση του αυτόματου πηδαλίου στα εμπορικά πλοία καθιερώθηκε, γιατί με αυτό εξασφαλίζεται η τήρηση της επιθυμητής πορείας με μεγαλύτερη ακρίβεια, ακόμη και από τον πιο έμπειρο πηδαλιούχο ναύτη. Και αυτό συνεπάγεται εξοικονόμηση χρόνου, καυσίμων και ενός ναύτη πηδαλιούχου τον οποίο αντικαθιστά.

Για να εξασφαλίζεται η τήρηση της πορείας με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά και για να περιορίζεται η καταπόνηση του πλοίου και του πηδαλίου, το αυτόματο πηδάλιο φέρει ειδικούς ρυθμιστές. Με τους ρυθμιστές αυτούς ρυθμίζεται η στροφή του πτερυγίου, ανάλογα με την κατάσταση της θάλασσας και τις ικανότητες χειρισμού κάθε πλοίου.

3.2.2 Βασικές μονάδες του πηδαλίου

Ένα πηδάλιο αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:

α) Το πτερύγιο του πηδαλίου (plate rudder).

β) Τη μονάδα ελέγχου γέφυρας (bridge control unit).

Με αυτή ενεργοποιείται η μονάδα ισχύος, χειροκίνητα ή αυτόματα, και με το μηχανισμό στροφής του πηδαλίου στρέφεται το πτερύγιο κατά την απαιτούμενη κάθε φορά γωνία εξασφαλίζοντας έτσι την τήρηση της πορείας. Έτσι, η μονάδα ελέγχου της γέφυρας φέρει (Εικόνα 3.2α):

1) Διακόπτη επιλογής λειτουργίας τριών θέσεων:

i) Χειροκίνητης λειτουργίας.

ii) Λειτουργία μη συμμετρικής επακολούθησης (Non Follow Up - NFU).

iii) Αυτόματης λειτουργίας. Στη θέση αυτή ο επαναλήπτης που είναι ενσωματωμένος στη μονάδα και συνδέεται στη γυροσκοπική πυξίδα, πληροφορεί τη μονάδα ελέγχου για κάθε έκτροπη πορείας και ενεργοποιεί τη μονάδα ισχύος μέχρι το πτερύγιο του πηδαλίου να στραφεί κατά την

απαιτούμενη γωνία. Με την επαναφορά του πλοίου στην πορεία του, εξασφαλίζεται και η επαναφορά του πτερυγίου στη μέση, για να αποφεύγεται αντίθετη εκτροπή από την πορεία.



Εικόνα 3.2α.
Μονάδα ελέγχου γέφυρας.

- 2) Έναν επαναλήπτη της γυροσκοπικής πυξίδας του πλοίου.
 - 3) Οιακοστρόφιο.
 - 4) Μοχλό για την λειτουργία μη συμμετρικής επακολούθησης (Non Follow Up - NFU).
 - 5) Ρυθμιστές, για την αποτελεσματικότερη αυτόματη λειτουργία του πηδαλίου.
 - 6) Ενδείκτη πραγματοποιηθείσας γωνίας του πηδαλίου (rudder angle indicator).
 - 7) Ενδείκτη αιτηθείσας γωνίας (rudder order indicator).
- γ) Τη μονάδα ισχύος (power unit).

Είναι η μονάδα που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ισχύ για την κίνηση (στροφή) του πτερυγίου και ενεργοποιείται ηλεκτρικά από τη μονάδα ελέγχου γέφυρας με την οποία συνδέεται. Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις η μονάδα ισχύος είναι ηλεκτρο-υδραυλικού τύπου. Εγκαθίσταται στο χώρο της πρύμνης, κοντά στον κατακόρυφο άξονα στροφής του πτερυγίου.

δ) Το μηχανισμό στροφής του πτερυγίου (steering engine control linkage).

ε) Τη μονάδα μετάδοσης πραγματοποιηθείσας γωνίας (rudder angle transmitter).

στ) Τη μονάδα ανατροφοδότησης ή επαναφοράς (feedback unit).

3.2.3 Συναγερμός εκτός πορείας (Off Course Alarm – OCA)

Ο συναγερμός εκτός πορείας χρησιμεύει για την ειδοποίηση του αξιωματικού φυλακής εάν υπάρχει διαφορά στην καθορισμένη πορεία και στο heading του πλοίου. Ο αξιωματικός φυλακής μπορεί να ρυθμίσει χειροκίνητα την διαφορά μοιρών, που αν αυτή η διαφορά ξεπεραστεί θα ακούγεται ένας συναγερμός για να τον ειδοποιεί (Εικόνα 3.2β).



Εικόνα 3.2β.
Συναγερμός εκτός πορείας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι η ναυσιπλοΐα και η πλοήγηση των πλοίων εξελίχθηκε σε μεγάλο βαθμό με την πάροδο του χρόνου, αφού σημαντική ήταν και η συμβολή της τεχνολογίας. Από την ουράνια πλοήγηση με τη χρήση του αστρολάβου, του εξάντα και των λοιπών οργάνων τα οποία αναλύθηκαν παραπάνω, η πλοήγηση εξελίχθηκε αρχικά σε πλοήγηση με χρήση επίγειων συστημάτων, δηλαδή στη χρήση του *LORAN-C*, *OMEGA*, *DECCA* και του ραδιογωνιόμετρου και τελικά στο στάδιο που βρίσκεται τώρα, δηλαδή στην δορυφορική πλοήγηση, η οποία αποτελείται από τα συστήματα *GPS* των ΗΠΑ, *Glonass* της Ρωσίας και τα υπό υλοποίηση συστήματα δορυφορικής πλοήγησης *Galileo* της Ευρωπαϊκής Ένωσης και *Beidou* της Κίνας.

Παρόλα αυτά, όμως, οι αξιωματικοί γέφυρας θα πρέπει ανά πάσα στιγμή να μπορούν να αξιοποιήσουν τις γνώσεις τους πάνω στην ουράνια πλοήγηση, είτε σε περίπτωση βλάβης των οργάνων, είτε για την επαλήθευση των ενδείξεων τους.

Τέλος, όσον αφορά το αυτόματο πηδάλιο για το οποίο έγινε λόγος στο τελευταίο κεφάλαιο, η συμβολή του είναι καθοριστική για την λειτουργία του πλοίου, γιατί με αυτό εξασφαλίζεται η τήρηση της επιθυμητής πορείας με μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά και συνεπάγεται εξοικονόμηση χρόνου, καυσίμων και ενός ναύτη πηδαλιούχου τον οποίο αντικαθιστά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δημαράκη, Α., & Ντούνη, Χ. (2005). *Ναυτιλία Τόμος Β' «Αστρονομική Ναυτιλία»*. Αθήνα, Ίδρυμα Ευγενίδου.
2. Δημαράκη, Α., & Ντούνη, Χ. (2006). *Ναυτιλία Τόμος Α'.* Αθήνα, Ίδρυμα Ευγενίδου.
3. Παλλήκαρη, Α. (2005). *Ραδιοναυτιλία (Ηλεκτρονική Ναυτιλία)*. Αθήνα, Ίδρυμα Ευγενίδου.
4. Παλλήκαρη, Α., & Κατσούλη, Γ., & Δαλακλή, Δ. (2016). *Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα και Συστήματα Ηλεκτρονικού Χάρτη ECDIS Β' Έκδοση*. Αθήνα, Ίδρυμα Ευγενίδου.
5. Τσουκαλά, Ζ. (2006). *Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα Τόμος Α'.* Αθήνα, Ίδρυμα Ευγενίδου.
6. Γιαννίου, Μ. (2010). *Τεχνικές και Συστήματα Πλοήγησης*. Σπουδαστικές Σημειώσεις, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Τοπογραφίας, ΤΕΙ Αθήνας.
7. Χατζηκωνσταντής, Γ. (2017). *Πηδαλιουχία Πηδάλια*. Μηχανές Πλοίου II (Εργαστήριο). Αθήνα.

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

1. <http://www.ygeiaonline.gr/component/k2/item/37760-naysiploia>, Επισκέφθηκα στις 11-7-2017.
2. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BA%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%90%CE%B1>, Επισκέφθηκα στις 20-7-2017.
3. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%B1%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%B5%CE%AF%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%82>, Επισκέφθηκα στις 20-7-2017.
4. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%90%CE%B1>, Επισκέφθηκα στις 02-8-2017.
5. http://anakalipto.blogspot.gr/2012/12/blog-post_5899.html#.WYHfv4jyjIV, Επισκέφθηκα στις 03-8-2017.
6. http://diadoseto.blogspot.gr/2013/06/blog-post_6611.html#more, Επισκέφθηκα στις 03-8-2017.

7. <https://chilonas.com/2015/06/16/httpwp-mep1opby-2hr>, Επισκέφθηκα στις 03-08-2017.
8. <https://www.kotsanasmuseumshop.com/el/shop/133-o-tetrantas-toy-ipparhoy-2os-ai-ph>, Επισκέφθηκα στις 04-8-2017.
9. <http://www.archaiologia.gr/blog/photo/%CE%B5%CE%BE%CE%AC%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%82-%CE%BF%CE%BA%CF%84%CE%AC%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%82-%CE%BD%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B5%CE%AF%CE%BF-%CE%BA/>, Επισκέφθηκα στις 04-8-2017.
10. <http://www.sailing-info.gr/articles/sailing/1674-2011-12-15-09-03-17>, Επισκέφθηκα στις 12-8-2017.
11. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BE%CE%AC%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%82>, Επισκέφθηκα στις 12-8-2017.
12. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%85%CE%BE%CE%AF%CE%B4%CE%B1>, Επισκέφθηκα στις 14-8-2017.
13. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%80%CF%85%CE%BE%CE%AF%CE%B4%CE%B1, Επισκέφθηκα στις 17-8-2017.
14. https://en.wikipedia.org/wiki/Celestial_navigation, Επισκέφθηκα στις 21-8-2017.
15. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%BE%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%B1_%CE%A0%CF%8C%CE%BB%CE%BF%CF%85, Επισκέφθηκα στις 22-8-2017.
16. http://mepolyaplalolia.blogspot.gr/2015/08/blog-post_11.html, Επισκέφθηκα στις 23-8-2017.
17. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar_distance_\(navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar_distance_(navigation)), Επισκέφθηκα στις 23-8-2017.
18. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CF%89%CE%BD%CE%B9%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF>, Επισκέφθηκα στις 04-9-2017.
19. [https://en.wikipedia.org/wiki/Omega_\(navigation_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Omega_(navigation_system)), Επισκέφθηκα στις 10-09-2017.
20. https://en.wikipedia.org/wiki/Decca_Navigator_System, Επισκέφθηκα στις 15-09-2017.

21. <http://jproc.ca/hyperbolic/decca.html>, Επισκέφθηκα στις 18-09-2017.
22. http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=45693:radiovgniometro, Επισκέφθηκα στις 19-09-2017.
23. <https://el.wikipedia.org/wiki/Galileo>, Επισκέφθηκα στις 06-10-2017.
24. <http://news.in.gr/science-technology/article/?aid=1500121141>, Επισκέφθηκα στις 06-10-2017.
25. <https://www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php>, Επισκέφθηκα στις 14-10-2017.
26. <https://chinaspacereport.com/spacecraft/beidou>, Επισκέφθηκα στις 14-10-2017.
27. https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System, Επισκέφθηκα στις 14-10-2017.