



**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ GPS ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΗ
ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**



**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ GPS ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΗ
ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥΣΑΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΙΩΤΣΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ GPS ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΗ
ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥΣΑΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΑΓΜ: 3200**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η παράθεση και εκτενής ανάλυση όλων των επιμέρους παραμέτρων που αφορούν τον ρόλο του GPS και την αξιοποίησή του στην διεξαγωγή της Ναυτιλίας. Αποτελεί δε μια προσπάθεια όσο το δυνατόν πλήρους εμβάθυνσης στην φιλοσοφία της χρήσης του συστήματος GPS βασιζόμενη στην τεχνολογία που διαθέτει και εφαρμόζεται σήμερα καθώς και στις μελλοντικές εξελίξεις που ενσωματώνονται σταδιακά. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην δομή, στις δυνατότητες καθώς και στην χρήση του συστήματος GPS για την ομαλή διεξαγωγή της Ναυτιλίας. Ιδιαίτερο βάρος δίνεται και στην ακρίβεια μετρήσεων του συστήματος GPS βάσει και των περιορισμών που υπάρχουν, ενώ παράλληλα ανιχνεύονται και οι τρέχουσες εξελίξεις στην συνεχιζόμενη έως και σήμερα προσπάθεια αναβάθμισής του σε σχέση με την μείωση της αβεβαιότητας μετρήσεων που προσφέρει στον χρήστη.

Abstract

The subject of this diploma thesis is the presentation and extensive analysis of all the individual parameters regarding the role of GPS and its utilization in the conduct of shipping. It is an attempt to explore more deeply into the philosophy of using the GPS system based on the technology it currently utilises as well as on the future developments that are gradually being integrated into the system. The focus is on the structure, capabilities and use of the GPS system for the smooth conduct of shipping. Particular attention is given to the accuracy of measurements of the GPS system based on the constraints that exist while at the same time exploring the current developments in the ongoing upgrading effort of the GPS system - in relation to the efforts currently underway for reducing the measurement uncertainty offered to the user - are also discussed.

Λέξεις κλειδιά: GPS, GNSS, Ναυτιλία, Ναυσιπλοΐα, Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα, Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας/Γέφυρας.

Keywords: GPS, GNSS, shipping, navigation, Naval Electronic Instruments, Integrated Navigation/Bridge Systems

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια εργασίας για την Σχολή Πλοιάρχων της Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού Νέας Μηχανιώνας. Αντικείμενό της είναι η περιγραφή του ρόλου του συστήματος προσδιορισμού θέσης GlobalPositioningSystem (GPS) και πώς αυτό αξιοποιείται για τους σκοπούς και στην διεξαγωγή της Ναυτιλίας.

Στα πλαίσια της εργασίας περιλαμβάνεται μια ιστορική αναδρομή του GPS από την εμφάνισή του μέχρι σήμερα και πώς χρησιμεύει και εξυπηρετεί την σύγχρονη Ναυτιλία, ενώ παράλληλα ανιχνεύονται και οι τρέχουσες εξελίξεις που αφορούν την εν γένει βελτίωσή του, ιδιαίτερα όσον αφορά την ακρίβεια των μετρήσεων που προσφέρει στον χρήστη.

Το σύστημα GPS αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο με πολλές και διαφορετικές εφαρμογές οι οποίες εκτείνονται σε ένα ευρύ πεδίο λειτουργιών που με την σειρά τους ρυθμίζουν και εν πολλοίς καθορίζουν, αλλά και διασφαλίζουν σημαντικές παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με την εύρυθμη οικονομική λειτουργία επιχειρήσεων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Μία από αυτές τις εφαρμογές του συστήματος GPS είναι και η εκτενής χρήση του στην Ναυτιλία με σκοπό την απρόσκοπτη διεξαγωγή της, εξασφαλίζοντας συνθήκες ασφάλειας όσον αφορά στην θέση κάθε φορά των πλοίων στις θάλασσες. Ο όσο το δυνατόν ακριβέστερος προσδιορισμός της θέσης ενός πλοίου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ομαλή και ασφαλή εκτέλεση του πλου, κάθε φορά σε κάθε σημείο του πλανήτη. Συνδυάζοντας εξελίξεις στις γεωδαιτικές και τοπογραφικές εφαρμογές, καθώς επίσης και με την εισαγωγή βελτιωμένων υπολογιστικών αλγορίθμων που περιορίζουν το περιθώριο σφάλματος (αβεβαιότητα) των μετρήσεων του συστήματος GPS, η ακρίβεια των μερικών μέτρων για τον προσδιορισμό θέσης κατά την Ναυσιπλοΐα μπορεί να φτάσει σε ακρίβεια που τείνει να πλησιάζει πολύ μικρές αποκλίσεις.

Με την πάροδο του χρόνου και την πιθανή ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, μπορεί να βελτιωθεί στο μέγιστο επίπεδο, προσδίδοντας στο σύστημα GPS την δυνατότητα να αποτελέσει το ακριβέστερο σύστημα προσδιορισμού θέσης που ο άνθρωπος κατάφερε να δημιουργήσει στην μακρόχρονη προσπάθειά του για βελτίωση της ικανότητας να γνωρίζει κάθε στιγμή πού βρίσκεται σε κάθε σημείο επάνω στην Γη.

Κεφάλαιο 1ο

ΝΑΥΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

1.1 Γενικά για τα Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα (Ν.Η.Ο.)

Στην σύγχρονη εποχή, η διακυβέρνηση του πλοίου αποτελεί μια πολυσύνθετη και ως εκ τούτου απαιτητική διαδικασία, η οποία οφείλει να λαμβάνει υπόψη της δεκάδες διαφορετικές παραμέτρους για την επιτυχή έκβασή της κάθε φορά. Η εξέλιξη της τεχνολογίας, επέφερε συντριπτικές αλλαγές και στον κλάδο της παγκόσμιας Ναυτιλίας, αλλάζοντας και αναδιαμορφώνοντας την Ναυτική εργασία στο σύνολό της, τόσο στην ξηρά όσο και στο πλοίο.

Τα ίδια τα πλοία δεν έμειναν ανεπηρέαστα από τις εξελίξεις, ενσωματώνοντας σειρά αλλαγών και τεχνολογικών εξελίξεων σε όλους τους τομείς από την ναυπήγηση και την εν γένει κατασκευή του έως και τα ηλεκτρονικά συστήματα που εγκαθίστανται σε αυτά. Ειδικά όσον αφορά στα τελευταία, οι εξελίξεις είναι ραγδαίες και η κυρίαρχη τάση πλέον είναι η ενσωμάτωση (integration) πολλών και διαφορετικών συστημάτων τα οποία με την σειρά τους παρέχουν εμπλουτισμένα δεδομένα, πληροφορίες κ.λπ. στο προσωπικό της γέφυρας, και πρωτίστως στον Πλοίαρχο, με μοναδικό σκοπό την επιτυχή και ασφαλή εκτέλεση του πλου κάθε φορά.

Όλα τα απαραίτητα για την ναυσιπλοΐα ενός πλοίου συστήματα βρίσκονται εγκατεστημένα στην γέφυρα. Πρόκειται για την υπερυψωμένη κατασκευή, η οποία μπορεί να βρίσκεται στο πρόστεγο (κοντά στην πλώρη), στο μεσόστεγο (στην μέση) ή στο επίστεγο (κοντά στην πρύμη) όπως είναι στα δεξαμενόπλοια. Η γέφυρα είναι από τους λίγους χώρους του πλοίου η οποία επανδρώνεται συνεχώς, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ωρου, είτε το πλοίο βρίσκεται εν πλω είτε εν όρμω. Στην γέφυρα, βρίσκονται τοποθετημένα όλα τα Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα (Ν.Η.Ο.) και βοηθήματα του πλοίου ώστε να επιτυγχάνονται οι ασφαλείς μετακινήσεις όχι μόνο του πλοίου και του φορτίου αλλά και του πληρώματος.

Στα σύγχρονα πλοία ο βαθμός αυτοματοποίησης έχει σαφώς αυξηθεί σε σχέση με το πρόσφατο παρελθόν. Τα ηλεκτρονικά συστήματα αλληλοεπιδρούν όντας ενταγμένα σε ένα δικτυοκεντρικό περιβάλλον, ελέγχοντας κρίσιμες λειτουργίες και βοηθώντας το πλήρωμα, με πρώτο τον Πλοίαρχο, να λαμβάνει αποφάσεις γρηγορότερα, με μεγαλύτερη ευκολία και με ελαχιστοποιημένο το ενδεχόμενο λάθους.

Με αυτό τον τρόπο μειώνεται δραστικά ο κίνδυνος να συμβεί ατύχημα ή άλλη κρίσιμη κατάσταση, προστατεύοντας ουσιαστικά το πλοίο, το φορτίο του, το περιβάλλον αλλά, κυρίως, την ανθρώπινη ζωή. Πλέον, τα σύγχρονα πλοία ενσωματώνουν στις γέφυρές τους πλήθος ηλεκτρονικών συστημάτων, βοηθημάτων και συσκευών, που ομοιάζουν με θαλάμους

διακυβέρνησης αεροσκαφών με αποτέλεσμα να γίνεται λόγος για «ψηφιακές γέφυρες» (γέφυρα πλοίου) και «ψηφιακά πλοία» ή «αυτοματοποιημένα πλοία». (Εικόνα 1).

Τα σύγχρονα «N.H.O.» αποτελούν προϊόντα επιτυχούς συνδυασμού της διαχρονικής ανάγκης για ασφάλεια στην ναυσιπλοΐα και της ραγδαίας τεχνολογικής εξέλιξης στους τομείς των ηλεκτρονικών, των τηλεπικοινωνιών, της διαστημικής τεχνολογίας, των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της πληροφορικής.

Τα πιο σημαντικά «N.H.O.-Ναυτιλιακά Ηλεκτρονικά Όργανα» είναι ο ραδιοεντοπιστής (ραντάρ / RAdio Detection And Ranging: Ανίχνευση με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και μέτρηση αποστάσεως), ο Καταγραφέας Δεδομένων Ταξιδιού (VesselDataRecorder / V.D.R.), το Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισεως (Automatic Identification System / A.I.S.), το Σύστημα Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών (ECDIS), το Δρομόμετρο (Log), καθώς και το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GlobalPositioningSystem – GPS).

Το GPS αποτελεί συσκευή η οποία εντάσσεται στον εξοπλισμό της γέφυρας ενός πλοίου και μάλιστα αποτελεί αναπόσπαστο και άκρως απαραίτητο τμήμα των ηλεκτρονικών οργάνων, των κρίσιμων για την ναυσιπλοΐα και συνεπώς για την ασφάλεια του πλοίου. Πρόκειται για μια συσκευή η οποία εντάσσεται στην κατηγορία των «Ναυτικών Ηλεκτρονικών Οργάνων» (N.H.O.) με εξαιρετικά σημαντική προσφορά στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας.



Εικόνα 1: Η γέφυρα ενός σύγχρονου πλοίου

Πιο αναλυτικά, σε μια γέφυρα ενός σύγχρονου πλοίου βρίσκονται εγκατεστημένα τα κάτωθι ηλεκτρονικά συστήματα, όργανα και βοηθήματα, τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 2 και είναι με αριθμητική σειρά τα εξής:



Εικόνα 2: Τα Ναυτικά ηλεκτρονικά όργανα μιας γέφυρας πλοίου

A/A	N.H.O.	Περιγραφή N.H.O.
1, 2	Ραδιοεντοπιστής RADAR/ARPA (Radio Detection And Ranging/ Automatic Radar Plotting Aid) μαζί με το συνοδευτικό πληκτρολόγιο (δεξιά και αριστερά)	<p>Ο ραδιοεντοπιστής RADAR/ARPA είναι ένα ραντάρ πλοήγησης παρέχοντας πληροφορίες άλλων πλοίων και είναι εξοπλισμένο με βοήθημα παρακολούθησης ηχούς συμβάλλοντας στην επιλογή κατάλληλου ελιγμού για την αποφυγή σύγκρουσης. Με την εμφάνιση μιας ηχώ, μετά από 3 λεπτά απόκτησης, το σύστημα υπολογίζει 4 σημαντικά στοιχεία που θα βοηθήσουν στην απόφασή του να εκτελεστεί ή όχι ένας ελιγμός:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CPA (πλησιέστερο σημείο προσέγγισης) το πλησιέστερο σημείο που θα μπορούσε να φτάσει η ηχώ σε σχέση με το σκάφος. • TCPA (χρόνος μέχρι το πλησιέστερο σημείο προσέγγισης), ο χρόνος για την επίτευξη του CPA • την επιφανειακή πορεία • την επιφανειακή ταχύτητα της ηχούς
3	Ηχοβολιστικό όργανο (Echo sounder)	<p>Όργανο που ελέγχει την μορφολογία του πυθμένα, εκτελώντας την «χαρτογράφηση» του και εντοπίζοντας τυχόν εμπόδια (π.χ. ύφαλοι) για την αποφυγή σύγκρουσης του πλοίου με αυτά. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα</p>

		ανιχνευτή υπερήχων ο οποίος στέλνει ηλεκτρικούς παλμούς. Ανάλογα με την ένταση και την ταχύτητα με την οποία ο παλμός επιστρέφει στον αισθητήρα, ο ανιχνευτής εύρους εντοπίζει το βάθος καθώς και τη φύση του πυθμένα. Τα ζεστά χρώματα (κόκκινο) δείχνουν ότι ο πυθμένας είναι σκληρός, ενώ τα δροσερά χρώματα (μπλε) δείχνουν ότι ο πυθμένας είναι μαλακός.
4	Καταγραφέας ταχύτητας/ Δρομόμετρο (Log)	Υπολογίζει την ταχύτητα μετακίνησης του πλοίου στην θάλασσα. Πρόκειται για την «επιφανειακή ταχύτητα» η οποία υπολογίζεται σε σχέση με το σώμα του νερού όπου το σκάφος κινείται, το οποίο σώμα μετακινείται επίσης από τα ρεύματα.
5	Σύστημα Παρακολούθησης Πλοίων / VMS (Vessel Monitoring System)	Αποτελείται από μια σύγχρονη οθόνη αφής η οποία εκτός από τον χώρο της γέφυρας, βρίσκεται επίσης εγκατεστημένη στην καμπίνα του Α΄ Μηχανικού καθώς και στον σταθμό ελέγχου των μηχανών του πλοίου. Χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο κρίσιμων παραμέτρων του κινητήρα (πιέσεις, θερμοκρασίες, στροφές, κατάσταση γεννήτριας, ισχύς εξόδου) και της έλικας.
6, 7	Συστήματα ελέγχου του πλοίου (πρόωσης - διεύθυνσης)	Στην Εικόνα 2, η γέφυρα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αντικατάστασης του πηδαλίου από χειριστήριο (joystick). Το συγκεκριμένο πλοίο διαθέτει: <ul style="list-style-type: none"> • 3 πρυμναίες έλικες τοποθετημένες σε Pods, με το κεντρικό Pod να παραμένει σταθερό. Το Pod είναι ένα σύστημα που επιτρέπει στην έλικα, να περιστρέφεται και οριζόντια κατά 360 μοίρες. • 2 προωθητές πλώρης που επιτρέπουν στο πλοίο να εκτελεί ελιγμούς ακριβείας σε στενούς χώρους.
8, 9	Σταθμός ελέγχου συστήματος δυναμικής τοποθέτησης / Dynamic Positioning control station	Το joystick έχει μια διπλή λειτουργία: <ul style="list-style-type: none"> • Στον αυτόματο πιλότο, επιτρέπει αύξηση ή μείωση της ταχύτητας του σκάφους • Στη λειτουργία Δυναμικής τοποθέτησης (DP), επιτρέπει την μετακίνηση του σκάφους συγχρονίζοντας ολόκληρο το σύστημα πρόωσης. Δίπλα σε αυτό είναι ο επιλογέας για τη μετάβαση στη λειτουργία DP.
10	Οθόνη συστήματος	Η δεύτερη οθόνη αφής χρησιμοποιείται και για τον αυτόματο πιλότο αλλά και για τον έλεγχο της δυναμικής

	δυναμικής τοποθέτησης	θέσης του πλοίου. Σε λειτουργία αυτόματου πιλότου, η γέφυρα διατάσσει μια πορεία και το σύστημα διατηρεί αυτή την πορεία διαχειρίζοντας την περιστροφή των Pods. Στη λειτουργία δυναμικής θέσης, η γέφυρα ελέγχει τη θέση του πλοίου με ακρίβεια ενός (1) μέτρου.
11	GPS	Εκτός από τον προσδιορισμό της θέσης με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια, ο Πλοίαρχος μπορεί να εισάγει την επιλεγμένη πορεία που επιθυμεί να ακολουθήσει το πλοίο. Το GPS παρέχει πληροφορίες όπως η απόσταση που πρόκειται να διανυθεί, η απόκλιση σε σχέση με την προκαθορισμένη διαδρομή, ο χρόνος που απομένει για να φτάσει στο επόμενο σημείο καμπής και το τελικό σημείο. Τα νέα GPS περιλαμβάνουν και δυνατότητες υπολογισμούς παλίσρροιας. Εισάγονται τα χαρακτηριστικά του λιμένα προορισμού και πληροφορίες που αφορούν στην παλίσρροια, υπολογίζοντας την καμπύλη παλίσρροιας και την στάθμη του νερού, για οποιαδήποτε ημερομηνία και ώρα εισαχθεί στο σύστημα.

Πίνακας 1: Ηλεκτρονικά συστήματα και βοηθήματα γέφυρας πλοίου

1.2 Ραδιοεντοπιστής (RADAR) & Ραντάρ ARPA

Τα ραντάρ των πλοίων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση άλλων πλοίων και εμποδίων στην θάλασσα, για να παρέχουν διόπτρευση και υπολογισμό της απόστασης για αποφυγή συγκρούσεων ώστε να εκτελείται με ασφάλεια η ναυσιπλοΐα. (Εικόνα 3).

Ο ραδιοεντοπιστής ή με το διεθνές όνομα ραντάρ (RAdioDetection AndRanging = Ανίχνευση με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και μέτρηση αποστάσεως) είναι τα μάτια των Ναυτικών την νύχτα και αποτελεί ένα βασικό ηλεκτρονικό σύστημα ηλεκτρομαγνητικού εντοπισμού, παρακολούθησης ακίνητων και κινητών στόχων, σε αποστάσεις και συνθήκες φωτισμού απαγορευτικές για τον απευθείας οπτικό εντοπισμό, δηλαδή με το ανθρώπινο μάτι ή και οπτικά όργανα. Η μεγάλη αξία του ραντάρ οφείλεται στις σημαντικές δυνατότητες ανίχνευσης και παρακολούθησης στόχων σε μεγάλες αποστάσεις και με μεγάλη ακρίβεια.



Εικόνα 3: Οθόνη σύγχρονου ψηφιακού ραντάρ της KelvinHughes

Τα τυπικά θαλάσσια ραντάρ λειτουργούν στις συχνότητες ζώνης X (10 GHz) ή ζώνης S (3GHz), πρόκειται για τις ζώνες XBand και SBand αντίστοιχα). Η ζώνη X, με υψηλότερη συχνότητα, χρησιμοποιείται για μεγαλύτερη ευκρίνεια και καλύτερη ανάλυση, ενώ η ζώνη S χρησιμοποιείται ειδικά σε επιβαρυμένες καιρικές συνθήκες όπως βροχή ή και ομίχλη καθώς και για την αναγνώριση και παρακολούθηση άλλων πλοίων σε συνδυασμό με το σύστημα AIS.

Πρόκειται για υποχρεωτικό εξοπλισμό που πρέπει να φέρουν «όλα τα πλοία χωρητικότητας 3000 τόνων και άνω», όπως ορίζεται στο Κεφάλαιο 5 της Διεθνούς Συνθήκης για την Ασφάλεια της Ζωής στην Θάλασσα (SafetyOfLifeAtSea – SOLAS). Συγκεκριμένα ορίζεται ότι τα πλοία που εμπίπτουν στην ανωτέρω κατηγορία θα πρέπει να διαθέτουν ραντάρ το οποίο λειτουργεί στις συχνότητες ζώνης S (3GHz) ενώ θα πρέπει να υπάρχει και δεύτερο ραντάρ το οποίο θα λειτουργεί στις συχνότητες των 9GHz.

Η πλέον σημαντική εξέλιξη του θαλάσσιου ραντάρ επήλθε με την ενσωμάτωση λειτουργιών αυτόματης αποτύπωσης στόχων (AutomaticRadarPlottingAid-A.R.P.A). Σκοπός της τεχνολογικής αυτής καινοτομίας είναι η αποτελεσματικότερη αποφυγή των συγκρούσεων στην θάλασσα. Η συσκευή ραντάρ με δυνατότητες ARPA, εκτελεί σύνθετους υπολογισμούς επιλύσεως προβλημάτων σχετικής κινήσεως για τους στόχους που εντοπίζει και εμφανίζει στην οθόνη του ειδοποιώντας τον χρήστη. Με τη χρήση των δυνατοτήτων ARPA το πλήρωμα μπορεί να αντιμετωπίζει ευκολότερα επικίνδυνες καταστάσεις σε περιβάλλον μεγάλης Ναυτιλιακής κινήσεως, αφού απαλλάσσεται από επαναλαμβανόμενες και χρονοβόρες χειροκίνητες

διαδικασίες και υπολογισμούς και εστιάζεται στην διαδικασία εκτιμήσεως καταστάσεως και λήψεως κρίσιμων αποφάσεων για την ασφάλεια του πλου.

1.3 Καταγραφέας Δεδομένων Ταξιδιού (VesselDataRecorder)

Η μεγάλη συχνότητα Ναυτικών ατυχημάτων σε ετήσια βάση ανά τον κόσμο και η αδυναμία στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων εντοπισμού και ανάλυσης των γενεσιουργών αιτιών που προκαλούν τα δυστυχήματα, αποτελεί σημαντικό πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει η παγκόσμια Ναυτιλιακή βιομηχανία. Οι λόγοι πρόκλησης ενός Ναυτικού ατυχήματος είναι πολλοί, μεταξύ αυτών μηχανικές βλάβες οι οποίες μπορεί να αφορούν βλάβη στο κύριο σύστημα πρόωσης, βλάβη στις ηλεκτρογεννήτριες ή ακόμα και βλάβη στο πηδάλιο, βλάβες οι οποίες εάν προκληθούν καθιστούν το πλοίο ακυβέρνητο. Επίσης από δυσμενείς καιρικές συνθήκες, οι οποίες αφορούν στις περιοχές στις οποίες κινείται το πλοίο, όπως ισχυροί άνεμοι, τυφώνες, κυκλώνες και ομίχλη. Ατύχημα μπορεί να προκληθεί επίσης και από τη σύγκρουση του πλοίου με άλλο πλοίο, είτε με σταθερό σημείο, όπως ύφαλοι, σκόπελοι και άλλα, με αποτέλεσμα εισροής υδάτων στο πλοίο ή ακόμα και σε λάθη ή αμέλεια του πληρώματος που είναι επιφορτισμένο με την πλοήγηση του πλοίου.

Γι' αυτό το λόγο ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (International Maritime Organization – IMO) και η Ευρωπαϊκή Ένωση αποφάσισαν ότι, πρέπει κάθε επιβατηγό πλοίο, το οποίο ναυπηγήθηκε από την 1η Ιουλίου 2002 και έπειτα, να φέρει εγκατεστημένο ένα Καταγραφέα Δεδομένων Ταξιδιού (Voyage Data Recorder -VDR), ενώ τα δεξαμενόπλοια (Tankers) και τα φορτηγά (Bulk Carriers) μπορούν να φέρουν είτε ένα Voyage Data Recorder είτε ένα Απλοποιημένο Καταγραφέα Δεδομένων Ταξιδιού (Simplified Voyage Data Recorder – S-VDR), συσκευή η οποία καταγράφει μόνο τις ελάχιστες λειτουργίες που εκτελούνται σε ένα εμπορικό πλοίο. Στα επιβατηγά πλοία οι VDR πρέπει να εγκατασταθούν στην πρώτη επισκευή του πλοίου από την 1η Ιουλίου 2006, ενώ στα δεξαμενόπλοια οι VDR ή οι S-VDR θα εγκατασταθούν ανάλογα με την χωρητικότητα, ξεκινώντας από τις μεγάλες κατηγορίες και σταδιακά επεκτεινόμενη στις μικρότερες κατηγορίες.

Ο Καταγραφέας Δεδομένων Ταξιδιού ομοιάζει σε σύλληψη και λειτουργία με τον καταγραφέα δεδομένων ταξιδιού που χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες από τα εμπορικά αεροσκάφη, το επονομαζόμενο και «μαύρο κουτί». Κάθε VDR συνοδεύεται πάντα από το αντίστοιχο πιστοποιητικό καλής λειτουργίας του και θα πρέπει να διακριβώνεται σε τακτική βάση για να επιβεβαιώνεται η ορθή λειτουργία του.



Εικόνα 4: Καταγραφέας Δεδομένων Ταξιδιού εγκατεστημένος πλησίον της γέφυρας και εξωτερικά

1.4 Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης (Automatic Identification System)

Το Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης (Automatic Identification System - AIS), είναι ένα σύστημα αυτόματης ανταλλαγής ψηφιακών σημάτων μεταξύ πλοίων, αλλά και παράκτιων συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων, στη συχνότητα των υπερβραχέων κυμάτων (VHF). Μέσω του συστήματος αυτού επιτυγχάνεται η αμοιβαία ενημέρωση όλων των πλοίων, της ταυτότητάς τους, του φορτίου τους, του λιμένα απόπλου και κατάπλου, καθώς και άλλων χρήσιμων πληροφοριών.

Οι πληροφορίες του συστήματος εμφανίζονται σε σύγχρονο απεικονιστικό μέσο (οθόνη), ενώ ενσωματώνονται επίσης και στις πληροφορίες των Συστημάτων Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών (ECDIS). Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό αντικειμενικός σκοπός της ανάπτυξης του συστήματος AIS είναι η βελτίωση του επιπέδου ασφαλείας κατά τον πλου, η δυνατότητα εκτελέσεως ασφαλέστερης και αποτελεσματικότερης Ναυτιλίας, η αναγνώριση των στόχων, η υποβοήθηση της παρακολούθησης των στόχων, η απλούστευση της επικοινωνίας/ ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πλοίων και η παροχή επιπρόσθετης πληροφορίας για ορθή εκτίμηση του Ναυτιλιακού περιβάλλοντος.

Μία πληροφορία AIS περιλαμβάνει τρία (3) επιμέρους είδη παραμέτρων:

1. Τις **στατικές παραμέτρους** όπου υπάρχει ο αριθμός MMSI, ο αριθμός IMO, το όνομα του πλοίου, οι διαστάσεις, ο τύπος, η θέση του πλοίου αλλά και ο τύπος ηλεκτρονικής συσκευής προσδιορισμού στίγματος.
2. Τις **δυναμικές παραμέτρους** όπου υπάρχει η θέση του πλοίου, ο χρόνος UTC, η αληθής

πορεία, η πορεία και η ταχύτητα προς τον βυθό, η Ναυτιλιακή κατάσταση (εν πλω, αγκυροβολημένο, ακυβέρνητο κ.α.), ο ρυθμός στροφής και ο ρυθμός ανανεώσεως αναφοράς.

3. Τις **παραμέτρους ταξιδιού** όπου υπάρχει το βύθισμα του πλοίου, ο τύπος φορτίου, ο προορισμός του και ο εκτιμώμενος χρόνος κατάπλου.

Το σύστημα AIS απαιτεί για την λειτουργία του μία σειρά δεδομένων εισόδου. Τα δεδομένα αυτά είναι τα εξής:



Εικόνα 5: Οθόνη λειτουργιών και απεικόνισης συστήματος AIS

- Η πορεία και ο ρυθμός στροφής από τη γυροπυξίδα.
- Η ταχύτητα από το δρομόμετρο
- Το στίγμα, η αναφορά χρόνου, η πορεία και η ταχύτητα ως προς το βυθό από το GPS.
- Λοιπές πληροφορίες (όπως το όνομα του πλοίου, το φορτίο κ.α.) που εισάγονται χειροκίνητα στη συσκευή από το χειριστή.

Οι πληροφορίες του συστήματος παρέχονται στην οθόνη της συσκευής. Η πλέον συνηθής όμως αξιοποίησή του αφορά στην απεικόνιση των πληροφοριών του επί του ηλεκτρονικού χάρτη, μέσω του συστήματος ECDIS.

1.5 Σύστημα Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών (ECDIS)

Σύμφωνα με τον IMO, το ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) είναι ένα σύστημα πληροφοριών για την ναυσιπλοΐα, το οποίο, με επαρκείς εναλλακτικές ρυθμίσεις ασφαλείας, είναι δυνατό να θεωρηθεί ότι καλύπτει τις απαιτήσεις χρήσεως ενημερωμένων εντύπων Ναυτικών χαρτών που εκδίδονται από τις επίσημες κρατικές Υδρογραφικές Υπηρεσίες. Παρέχει την δυνατότητα επιλεκτικής απεικόνισης πληροφοριών από την Βάση Δεδομένων του Συστήματος Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών (System Electronic Navigational Chart – SENC), σε συνδυασμό με την απεικόνιση της θέσεως του σκάφους από πληροφορίες που παρέχονται από διάφορους αισθητήρες. Υποβοηθά τους Ναυτιλλόμενους στην σχεδίαση και υποτύπωση του πλου και, εφόσον απαιτείται, στην απεικόνιση επιπρόσθετων Ναυτιλιακών πληροφοριών.

Η προσπάθεια για την εκπόνηση προδιαγραφών για το Σύστημα ECDIS, άρχισε το 1986 και ολοκληρώθηκε το 1995 με την πρώτη έκδοση από τον IMO των λειτουργικών και τεχνικών προδιαγραφών του ECDIS, σύμφωνα με τις οποίες:

- Η πρωταρχική αποστολή του ECDIS είναι η συμβολή του στην ασφαλή ναυσιπλοΐα.
- Η χρήση του ECDIS με επαρκείς εναλλακτικές ρυθμίσεις είναι δυνατό να θεωρηθεί ότι είναι ισοδύναμη με την βασική υποχρέωση του Ναυτιλλόμενου να χρησιμοποιεί ενημερωμένους έντυπους χάρτες.
- Η θεσμοθέτηση από τον IMO της χρησιμοποίησης του ECDIS ως εργαλείου ισοδύναμου με την χρήση του έντυπου Ναυτικού χάρτη, αποτελεί ιστορικό σταθμό στην εξέλιξη των μεθόδων ναυσιπλοΐας γιατί με την χρήση του ECDIS:
 1. Καλύπτεται πλήρως η εκτέλεση όλων των εργασιών και διαδικασιών προετοιμασίας, σχεδίασεως, εκτελέσεως και υποτυπώσεως του πλου όπως αυτές πραγματοποιούνται με τη χρήση των παραδοσιακών μεθόδων στον έντυπο Ναυτικό χάρτη.
 2. Παρέχονται επιπλέον δυνατότητες, οι οποίες μειώνουν σημαντικά τον φόρτο και την ένταση εργασίας στη γέφυρα και συμβάλλουν στην λήψη άμεσων και σωστών για την ασφάλεια του πλου αποφάσεων.

Τα διάφορα συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη, δεν έχουν τις ίδιες δυνατότητες ούτε λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο. Οι κυριότερες διαφορές τους εστιάζονται στη συμμόρφωση ή μη με τις θεσπισμένες από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) προδιαγραφές (IMO ECDIS Performance Standards). Σύμφωνα με τις αποφάσεις του IMO, ο Ναυτιλλόμενος, όπως και για την χρήση των εντύπων Ναυτικών χαρτών οφείλει να χρησιμοποιεί ενημερωμένους Ναυτικούς χάρτες που εκδίδονται από τις επίσημες Υδρογραφικές Υπηρεσίες σύμφωνα με διεθνώς αποδεκτές προδιαγραφές. Έτσι και για την χρήση των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη

οφείλει να χρησιμοποιεί συστήματα, τα οποία πληρούν ειδικές προδιαγραφές του IMO. Η απαίτηση αυτή καθορίζεται στην υιοθετηθείσα από τον IMO Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (Safety of Life at Sea – SOLAS) η οποία εκδόθηκε αρχικά το 1974 και διορθώνεται συνεχώς ανάλογα με τις εξελίξεις της Ναυτικής τεχνολογίας.

Η SOLAS, μεταξύ άλλων, καθορίζει και τις απαιτήσεις ελάχιστου Ναυτιλιακού εξοπλισμού των πλοίων με Ναυτικούς χάρτες, Ναυτιλιακές εκδόσεις, Ναυτιλιακά όργανα και συστήματα προβλέποντας ότι:

- Όλα τα πλοία ανεξαρτήτως μεγέθους οφείλουν να έχουν τους επίσημους Ναυτικούς Χάρτες και Ναυτιλιακές Εκδόσεις, που εκδίδονται από, ή με την έγκριση μίας εθνικής Υδρογραφικής Υπηρεσίας για:
 - α) τη σχεδίαση και υποτύπωση του δρομολογίου πλου, και
 - β) την υποτύπωση της θέσεως του πλοίου κατά τη διάρκεια του πλου.

Για την κάλυψη της απαιτήσεως αυτής είναι επίσης αποδεκτό ένα ECDIS.

- Τα πλοία που εκτελούν διεθνείς πλόες πρέπει να έχουν υποχρεωτικά εγκατεστημένο ή να εγκαταστήσουν ECDIS.



Εικόνα 6: Σύστημα ECDIS σε λειτουργία

Σύμφωνα με τις λειτουργικές προδιαγραφές των ECDIS, το ECDIS παρέχει μεταξύ άλλων και τις εξής δυνατότητες για εκτέλεση των βασικών εργασιών και διαδικασιών της κλασικής Ναυτιλίας:

- 1) Ανάγνωση των γεωγραφικών συντεταγμένων οποιουδήποτε σημείου του ηλεκτρονικού χάρτη (με απλή τοποθέτηση του κέρσορα στο αντίστοιχο σημείο).

- 2) Καταχώρηση της θέσεως ενός σημείου στον ηλεκτρονικό χάρτη της οθόνης με τις γεωγραφικές του συντεταγμένες [με πληκτρολόγηση των αντίστοιχων τιμών (φ, λ)].
- 3) Μέτρηση της διοπτύσεως και αποστάσεως ενός σημείου από κάποιο άλλο.
- 4) Προσδιορισμός στίγματος με σχεδίαση γραμμών θέσεως που αντιστοιχούν σε οπτικές διοπτύσεις και μετρούμενες με το ραντάρ αποστάσεις.
- 5) Σχεδίαση διοπτύσεων - αποστάσεων ασφαλείας.
- 6) Σχεδίαση πολυγωνικών γραμμών.
- 7) Καθορισμός ορίων περιοχών.
- 8) Αναγραφή ιδιόχειρων σημειώσεων στον χάρτη.

1.6 Δρομόμετρα

Η ακριβής μέτρηση της ταχύτητας αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα για τον Ναυτικό. Τόσο η διαρκής ένδειξη της ταχύτητας, όσο και το στίγμα αναμετρήσεως, όχι μόνο αναγνωρίζονται ως τα σημαντικότερα κριτήρια τεκμηριώσεως της ασφάλειας του πλου, αλλά επιπλέον αποτελούν τα κλασικά δεδομένα, μέσω των οποίων εκτελείται διαρκής επαλήθευση των στοιχείων που παρέχονται από τα σύγχρονα ηλεκτρονικά όργανα και συστήματα. Οι δυνατότητες αρκετών Ναυτιλιακών οργάνων, είναι αποκλειστικά συνάρτηση της διαθεσιμότητας ακριβούς και αξιόπιστου δρομόμετρου. Στη θάλασσα η ταχύτητα μετριέται είτε ως προς το βυθό, είτε ως προς το νερό κάτω από την ίσαλο. Τα σημερινά δρομόμετρα έχουν τη δυνατότητα μετρήσεως και των δύο προαναφερόμενων ταχυτήτων, με καθεμιά να έχει ξεχωριστή επιχειρησιακή χρησιμότητα.

Υπάρχουν διαφορετικών κατηγοριών δρομόμετρα. Αυτά διακρίνονται σε:

- 1) Δρομόμετρα έλικας.
- 2) Δρομόμετρα μεταβολής της πίεσεως του νερού.
- 3) Δρομόμετρα ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.
- 4) Δρομόμετρα Doppler και
- 5) Δρομόμετρα ακουστικής συσχέτισεως.

Τα δρομόμετρα έλικας και μεταβολής της πίεσεως αντιπροσωπεύουν παλαιότερη τεχνολογία. Τα σύγχρονα πλοία εφοδιάζονται με δρομόμετρα: ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, Doppler, και ακουστικής συσχέτισεως.

Κεφάλαιο 2ο

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ GPS

2.1 Περιγραφή του Συστήματος Δορυφόρων GPS

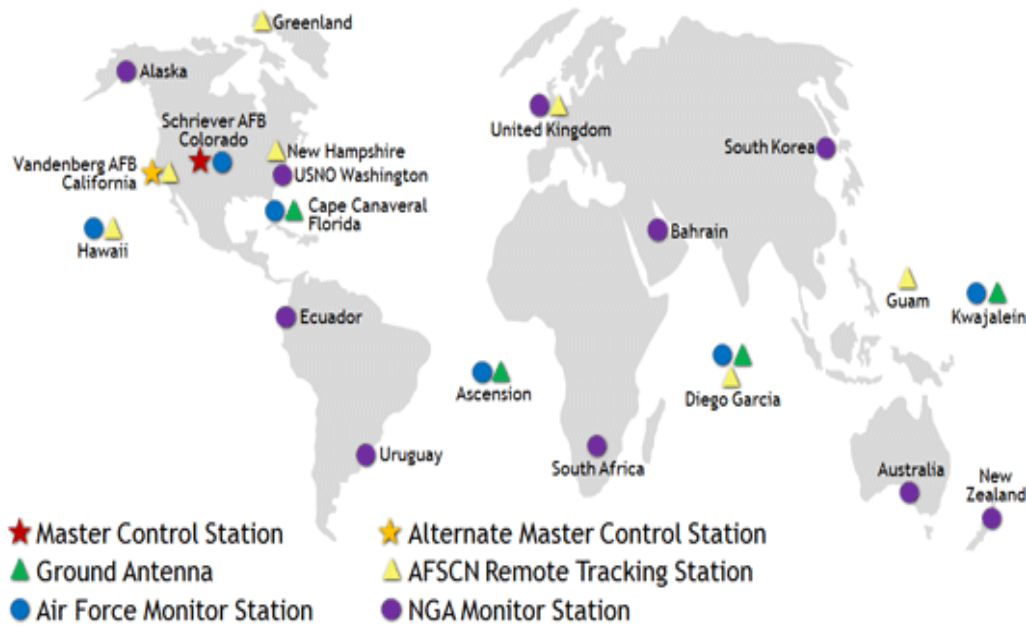
Το σύστημα εντοπισμού θέσης GPS σχηματίζει ένα παγκόσμιο δίκτυο, με εμβέλεια που καλύπτει ξηρά, θάλασσα και αέρα. Εξαιτίας αυτής της έκτασής του, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα (Εικόνα 8) όπου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του αλλά και ο συντονισμός του. Αναλυτικά, τα τμήματα αυτά είναι:

Διαστημικό Τμήμα

Αποτελείται από ένα δίκτυο 32 δορυφόρων (απαιτούνται 24 δορυφόροι για την παροχή παγκόσμιας κάλυψης). Οι δορυφόροι αυτοί «σκεπάζουν» ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του συστήματος GPS, δηλαδή τη διαθεσιμότητά του σε κάθε σημείο της Γης, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να αποπροσανατολιστεί κανείς ποτέ και πουθενά. Όλοι οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος 20.200 χιλιομέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24ωρο.

Επίγειο Τμήμα Ελέγχου

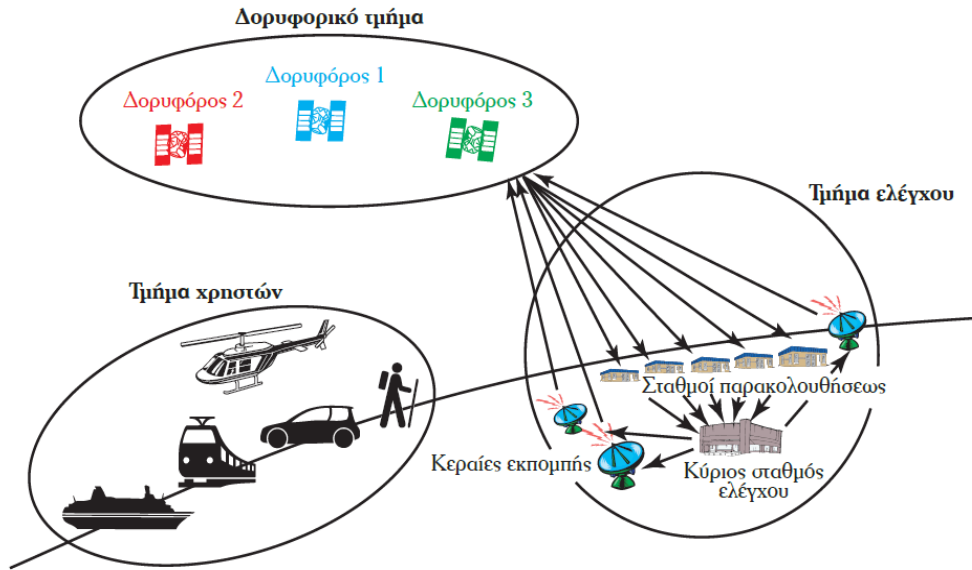
Οι δορυφόροι, όπως είναι αναμενόμενο, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν ανά πάσα στιγμή προβλήματα στη σωστή λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε αυτούς αφορούν στη σωστή τους ταχύτητα, θέση και στην κατάσταση της επάρκειάς τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών αυτών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, παρατηρεί κανείς ότι η διάταξή τους δεν είναι τυχαία, αλλά ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης. (Εικόνα 7).



Εικόνα 7: Σταθμοί επίγειου ελέγχου

Τμήμα Τελικού Χρήστη

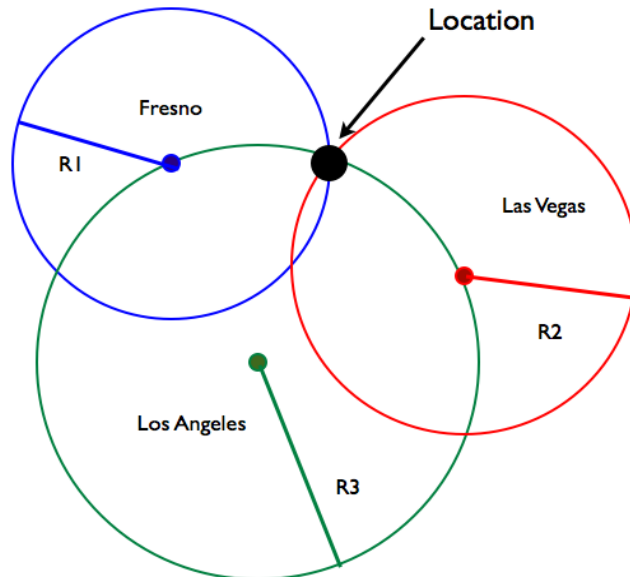
Απαρτίζεται από τους χιλιάδες χρήστες δεκτών GPS ανά την υφήλιο. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας απλής πεζοπορίας, όσο και σε οχήματα ή θαλάσσια σκάφη και κατά κανόνα διαθέτουν αρκετά μικρές διαστάσεις. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό, που προβάλλει ένα χάρτη στην οθόνη της συσκευής GPS. Πρόκειται, δηλαδή, για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους τις πληροφορίες για το στίγμα του σημείου στο οποίο βρίσκεται ο δέκτης και τις μετατρέπει σε κατανοητή «ανθρώπινη» μορφή, πληροφορώντας το χρήστη για την ακριβή γεωγραφική του θέση. Το σύστημα GPS βασίζεται στην ακριβή μέτρηση του χρόνου και στον συγχρονισμό δεκτών και δορυφόρων σε μια ενιαία κλίμακα χρόνου. Αυτή ονομάζεται χρόνος GPS (GPS Time). Η αρχή του ορίζεται ως τα μεσάνυχτα της 5/1/1980 με 6/1/1980 και από τότε μετράται συνεχόμενα (χωρίς την εισαγωγή χρονικών αλμάτων, όπως π.χ. στην κλίμακα UTC).



Εικόνα 8: Βασικά τμήματα ενός παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος Ναυτιλίας GNSS

2.2 Αρχή Λειτουργίας του Συστήματος Δορυφόρων GPS

Ένας δέκτης GPS εντοπίζει τη θέση του, χρησιμοποιώντας μια διαδικασία που ονομάζεται τριπλευρισμός (trilateration). Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η αρχή λειτουργίας, μπορεί να θεωρηθεί το αντίστοιχο πρόβλημα αρχικά στις δύο διαστάσεις (Εικόνα 9).

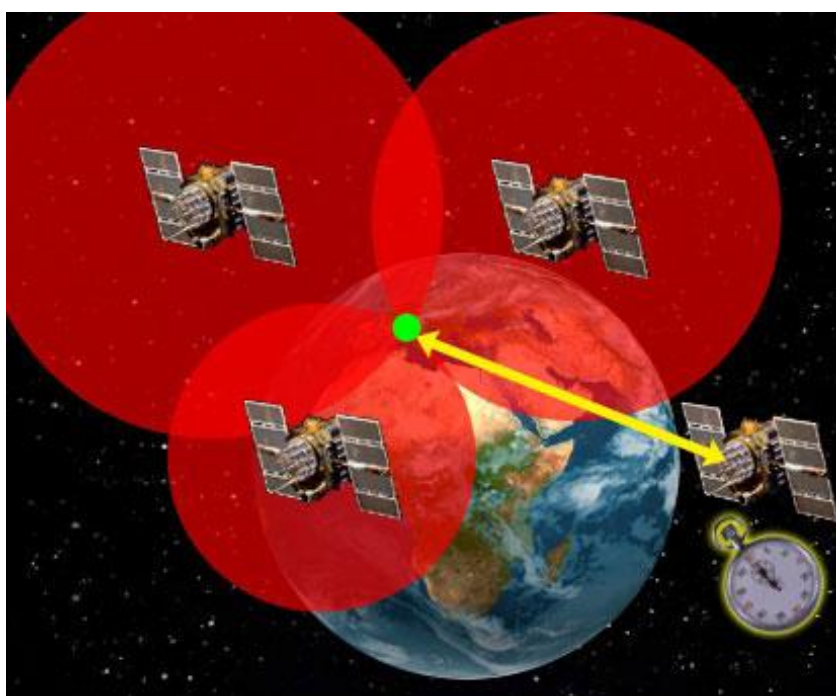


Εικόνα 9: Η αρχή του τριπλευρισμού. Το σημείο τομής των τριών κύκλων είναι το σημείο θέσης

Έστω ότι ένας παρατηρητής βρίσκεται σε κάποιο τυχαίο σημείο στην επιφάνεια της Γης, και σε κοντινή απόσταση βρίσκονται τρεις σταθμοί (P1, P2, P3) που εκπέμπουν σήμα παρόμοιο με αυτό του GPS. Ο παρατηρητής είναι εφοδιασμένος με ένα δέκτη GPS ώστε να αποκωδικοποιεί τα σήματα εκπομπής που λαμβάνει και από τους τρεις σταθμούς και συνεπώς να γνωρίζει την απόσταση που τον χωρίζει από τον καθένα (R1, R2, R3). Η μέτρηση από τον P1 πληροφορεί

τον παρατηρητή ότι βρίσκεται στην επιφάνεια ενός κύκλου με κέντρο το P1 και ακτίνα R1. Χρησιμοποιώντας και την δεύτερη μέτρηση, ο παρατηρητής μπορεί να συμπεράνει ότι βρίσκεται στην τομή δύο κύκλων (ένας με κέντρο το P1 και ακτίνα R1 και ο δεύτερος με κέντρο το P2 και ακτίνα R2). Η πιθανή θέση του είναι συνεπώς μία εκ των δύο σημείων τομής των κύκλων. Η τρίτη μέτρηση θα μας δώσει ακριβώς τη θέση του παρατηρητή (ένα εκ των δύο σημείων τομής), καθώς υπάρχει μόνο ένα σημείο τομής τριών κύκλων.

Αν γίνει αναγωγή του παραδείγματος στις τρεις αντί των δύο διαστάσεων και αν αντί των σταθμών εκπομπής αυτοί αντικατασταθούν με δορυφόρους GPS, προκύπτει η αρχή λειτουργίας του δορυφορικού εντοπισμού (Εικόνα 10). Σε αυτή την περίπτωση, οι κύκλοι τομής αντικαθίστανται με «σφαιρές» που τέμνονται στην επιφάνεια της Γης.



Εικόνα 10: Αρχή λειτουργίας του GPS. Το σημείο τομής των «σφαιρών» είναι το σημείο θέσης

2.3 Παρατηρούμενα μεγέθη του συστήματος GPS

Τα βασικά παρατηρούμενα μεγέθη του συστήματος GPS, αυτά δηλαδή που επιτρέπουν την εκτίμηση θέσης, ταχύτητας και χρόνου, είναι οι ψευδοαποστάσεις και οι φάσεις (του φέροντος κύματος). Συνδυάζοντας τα δύο αυτά θεμελιώδη μεγέθη, γίνεται εφικτή η σύνθεση παρατηρήσεων για διάφορους σκοπούς και με διάφορα πλεονεκτήματα.

Μέτρηση ψευδοαπόστασης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα μοναδικό σήμα, στο οποίο περιέχονται οι κώδικες P και C/A. Κάθε δέκτης GPS έχει τη δυνατότητα να φτιάχνει ακριβή αντίτυπα αυτών των κωδικών. Λαμβάνοντας λοιπόν το δορυφορικό σήμα, ο δέκτης συγκρίνει το κώδικα που παράχθηκε στον δορυφόρο με αυτό που παράγει ο ίδιος και υπολογίζει τη χρονική

απόκλιση μεταξύ συγκεκριμένων κομματιών του. Η απόκλιση αυτή είναι ο χρόνος που χρειάστηκε το σήμα για να φτάσει από τον δορυφόρο στον δέκτη. Η συγκεκριμένη μέτρηση πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα μετάδοσης του σήματος (δηλαδή την ταχύτητα του φωτός) ονομάζεται ψευδοαπόσταση. Η ψευδοαπόσταση μπορεί να διαφέρει αρκετά από την πραγματική απόσταση δορυφόρου-δέκτη, καθώς επηρεάζεται σημαντικά από τον μη συγχρονισμό των χρονομέτρων τους (κάθε σφάλμα ή απόκλιση μεταξύ των χρονομέτρων του δέκτη και του δορυφόρου πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα του φωτός, συνεπώς ακόμη και πολύ μικρές αποκλίσεις στη χρονομέτρηση επιφέρουν πολύ μεγάλα σφάλματα στην απόσταση). Η βασική εξίσωση που συνδέει την ψευδοαπόσταση με τις παρατηρήσεις και τα σφάλματα που επηρεάζουν τη μέτρηση είναι:

$$P = p + c * (dt-dT) + d_{ion} + d_{trop} + e \quad (1)$$

Όπου:

- P είναι η μετρημένη ψευδοαπόσταση,
- p είναι η γεωμετρική απόσταση δορυφόρου-δέκτη,
- c η ταχύτητα του φωτός,
- dt η απόκλιση του χρονομέτρου του δορυφόρου από τον χρόνο GPS,
- dT η απόκλιση του χρονομέτρου του δέκτη από τον χρόνο GPS,
- d_{ion} καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην ιονόσφαιρα,
- d_{trop} καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην τροπόσφαιρα,
- e λοιπά σφάλματα που επηρεάζουν το δορυφόρο, το δέκτη ή και το σήμα.

Κάθε σφάλμα στην εκτίμηση των όρων της δεξιάς πλευράς της εξίσωσης, επηρεάζει τον υπολογισμό της θέσης του δέκτη. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο κώδικας P συνήθως προσφέρει ακριβέστερες μετρήσεις λόγω της μεγαλύτερης συχνότητάς του.

Παρατήρηση Φάσης

Μία πιο ακριβής μέτρηση από αυτή της ψευδοαπόστασης, είναι η μέτρηση της διαφοράς φάσης του λαμβανόμενου φέροντος κύματος με αυτό που παράγεται από τον δέκτη. Ιδανικά αυτή η μέτρηση θα έπρεπε να μας δίνει τον αριθμό πλήρων (ακέραιων) και δεκαδικών κύκλων που μεσολαβεί μεταξύ του δορυφόρου και του δέκτη. Στην πραγματικότητα όμως, ο δέκτης δεν έχει δυνατότητα να διαχωρίσει ένα ακέραιο κύκλο από οποιονδήποτε άλλο. Έτσι, στην πράξη ο δέκτης απλά μετράει τον δεκαδικό κύκλο και καταγράφει τις αλλαγές στην φάση. Η αρχική μέτρηση λοιπόν είναι ασαφής (είναι άγνωστος ο αριθμός των ακέραιων κύκλων) και θα πρέπει να υπολογιστεί για την χρήση του συγκεκριμένου τύπου μετρήσεων. Η άγνωστη αυτή

παράμετρος παραμένει όμως σταθερή, όσο δεν υπάρχει διακοπή λήψης του σήματος. Η παρατήρηση της φάσης, μπορεί να μετατραπεί σε απόσταση χρησιμοποιώντας το μήκος κύματος του φέροντος κύματος. Σε σχέση με την ψευδοαπόσταση είναι πιο ακριβής μέτρηση, έχει όμως το μειονέκτημα να είναι ουσιαστικά άχρηστη αν δεν προσδιοριστεί ο αρχικός, άγνωστος αριθμός ακέραιων κύκλων. Σε αντιστοιχία με την ψευδοαπόσταση, η βασική εξίσωση της παρατήρησης φάσης είναι:

$$\varphi = \rho * (f / c) + (dt - dT) * f + N - d_{ion} + d_{trop} + e \quad (2)$$

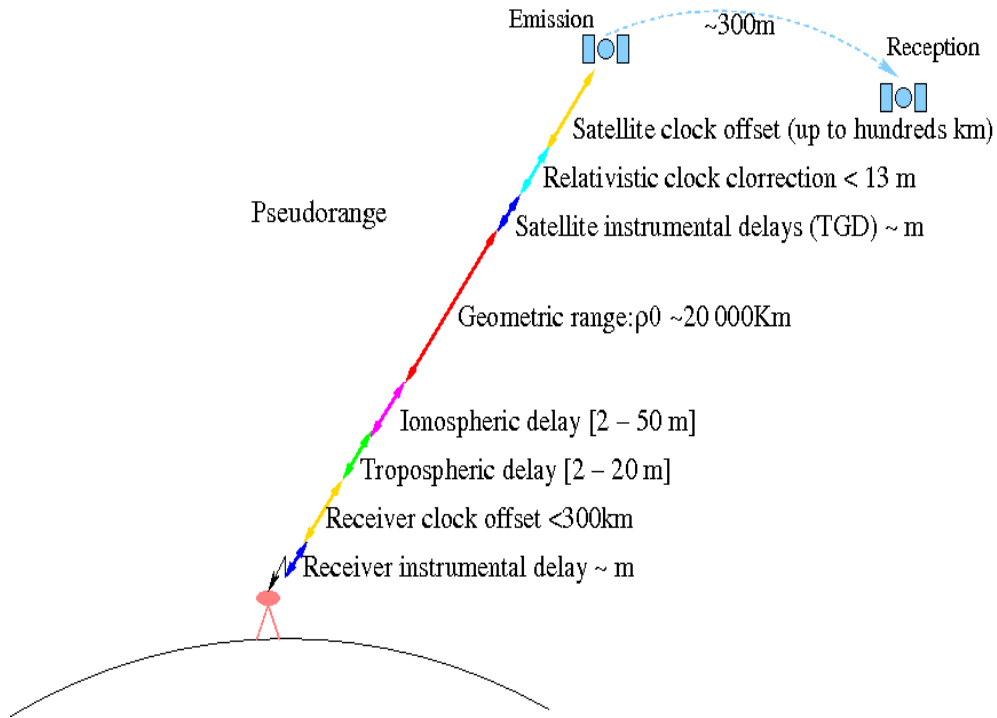
Όπου:

- φ είναι η παρατήρηση φάσης,
- ρ είναι η γεωμετρική απόσταση δορυφόρου-δέκτη,
- c η ταχύτητα του φωτός,
- f η συχνότητα του φέροντος κύματος,
- dt η απόκλιση του χρονομέτρου του δορυφόρου από τον χρόνο GPS,
- dT η απόκλιση του χρονομέτρου του δέκτη από τον χρόνο GPS,
- N ο αρχικός άγνωστος αριθμός (ακέραιων) κύκλων,
- d_{ion} καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην ιονόσφαιρα,
- d_{trop} καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην τροπόσφαιρα,
- e λοιπά σφάλματα που επηρεάζουν το δορυφόρο, το δέκτη ή και το σήμα.

Να σημειωθεί ότι ο όρος του σφάλματος της ιονόσφαιρας έχει αντίθετο πρόσημο στις εξισώσεις που περιγράφουν την ψευδοαπόσταση και την παρατήρηση φάσης. Αυτό σημαίνει ότι η ιονόσφαιρα προκαλεί επιτάχυνση στο φέρον κύμα και καθυστέρηση στον κώδικα, μεγέθη ίσα σε απόλυτη τιμή. Να σημειωθεί ότι μόνο με φάσεις από ένα δέκτη δεν υπάρχει λύση.

2.4 Σφάλματα μετρήσεων

Η δυνατότητα ανάλυσης των σφαλμάτων που εισέρχονται στις μετρήσεις του GPS είναι σημαντικός παράγοντας και για τον τρόπο κατανόησης της λειτουργίας του συστήματος, αλλά κυρίως για τη διόρθωσή τους ώστε να παράγονται ακριβή αποτελέσματα. Τα κύρια σφάλματα προέρχονται από την ακρίβεια των χρονομέτρων καθώς και τη διαδρομή του σήματος μέσα στην ατμόσφαιρα, ενώ άλλα σφάλματα αφορούν την πολυανάκλαση του εκπεμπόμενου σήματος (multipath), τη γεωμετρία των δορυφόρων, την ακρίβεια των τροχιών και άλλα (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Τα σφάλματα κατά τη διαδρομή του σήματος GPS

2.5 Δορυφορικά σφάλματα

Σφάλματα του δορυφορικού χρονομέτρου

Το σφάλμα του χρονομέτρου του δορυφόρου αφορά τον μη συγχρονισμό του ατομικού ρολογιού του κάθε δορυφόρου με το χρόνο GPS που αποτελεί και το χρόνο αναφοράς του συστήματος. Για κάθε δορυφόρο, υπολογίζεται το σφάλμα του χρονομέτρου από μια πολυωνυμική σχέση που βασίζεται σε τρεις συντελεστές που εκπέμπονται στο μήνυμα πλοήγησης.

Τροχιακά σφάλματα

Το σφάλμα που αφορά τις τροχιές των δορυφόρων προέρχεται από την παρέκκλιση της υπολογιζόμενης θέσης του δορυφόρου από την πραγματική θέση του. Καθώς οι θέσεις των δορυφόρων είναι από τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στη διαδικασία υπολογισμού της θέσης του δέκτη, κάθε σημαντική απόκλιση από την πραγματική θέση μεταφέρεται και ως σφάλμα στην επίλυση των μετρήσεων. Η αντιμετώπιση αυτών των σφαλμάτων γίνεται με την εκπομπή της εκτιμώμενης τροχιάς μέσω του μηνύματος πλοήγησης. Το τμήμα εδάφους μέσω των σταθμών ελέγχου στη γη υπολογίζει κάθε φορά την τροχιά του κάθε δορυφόρου και την επεκτείνει στις επόμενες ώρες. Από το τμήμα ελέγχου η εκτιμώμενη πληροφορία ενσωματώνεται στο μήνυμα ναυσιπλοΐας του κάθε δορυφόρου.

2.6 Σφάλματα δεκτών GPS

Σφάλματα των χρονομέτρων των δεκτών

Κάθε δέκτης χρησιμοποιεί έναν συνηθισμένο ταλαντωτή – χρονόμετρο τύπου κρυστάλλου χαλαζία - για την παραγωγή του σήματος-αντίγραφο και τη διατήρηση της κλίμακας του χρόνου. Τα χρονόμετρα των δεκτών είναι μικρότερης ακρίβειας από τα ατομικά χρονόμετρα που χρησιμοποιούνται στους δορυφόρους, καθώς η χρήση ατομικού χρονομέτρου θα εκτόξευε το κόστος χρήσης ακόμα και ενός απλού δέκτη GPS. Η χρήση παρατηρήσεων από περισσότερους από τρεις δορυφόρους, επιτρέπει την εκτίμηση της απόκλισης του χρονομέτρου του δέκτη και την εξάλειψη του σφάλματος.

Βαθμονόμηση κεραιών

Το σφάλμα από την βαθμονόμηση των κεραιών των δεκτών GPS προέρχεται από την μη σύμπτωση του κέντρου φάσης της κεραίας σε σχέση με το μηχανικό κέντρο της κεραίας ενός δέκτη. Το μηχανικό κέντρο της κεραίας ενός δέκτη είναι το σημείο αναφοράς και καλείται Antenna Reference Point – ARP ως προς το οποίο προσδιορίζεται το ύψος της κεραίας από το σημείο του εδάφους για το οποίο πραγματοποιούνται οι μετρήσεις. Το κέντρο φάσης της κεραίας είναι το σημείο όπου γίνεται η λήψη του δορυφορικού σήματος, δεν ταυτίζεται με το μηχανικό κέντρο και λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών της κεραίας δεν αποτελεί κάποιο φυσικό σημείο που μπορεί να μετρηθεί άμεσα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με χρήση παραμέτρων ή μοντέλων βαθμονόμησης.

Σφάλματα λόγω της διαδρομής του σήματος

Η ατμόσφαιρα η οποία έχει σημαντική επίδραση στη διαδρομή του σήματος από το δορυφόρο έως το δέκτη, υποδιαιρείται σε δύο βασικά στρώματα, την τροπόσφαιρα και την ιονόσφαιρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαδρομή του σήματος μέσα στη ατμόσφαιρα τόσο μεγαλύτερη είναι και η επίδραση της ατμόσφαιρας σε αυτό. Για το λόγο αυτό, ένας πρώτος τρόπος αντιμετώπισης είναι η αποκοπή των δορυφόρων που η θέση τους είναι πολύ κοντά στον ορίζοντα της τοποθεσίας των μετρήσεων ώστε να μην εμπεριέχονται στις μετρήσεις σήματα που έχουν διανύσει μεγάλη διαδρομή μέσα στην ατμόσφαιρα.

2.7 Επίδραση της Ιονόσφαιρας

Οι ταχείες διαταραχές της ιονόσφαιρας αποτελούν σημαντικό παράγοντα σφάλματος στις μετρήσεις με GPS. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά τη διάδοσή τους καθυστερούν, λόγω των ελεύθερων ηλεκτρονίων και των ιόντων που περιέχονται στην ιονόσφαιρα, η οποία περιβάλλει τη γη από ύψος 90km έως 1000km. Αντιμετώπιση του προβλήματος της ιονόσφαιρας γίνεται είτε με τη χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου το οποίο να αντιπροσωπεύει όσο γίνεται καλύτερα την πραγματικότητα, είτε με το σχηματισμό γραμμικών συνδυασμών των συχνοτήτων L1 και

L2, εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητα της ιονόσφαιρας να επιδρά διαφορετικά στις διάφορες συχνότητες. Η χρήση του μαθηματικού μοντέλου γίνεται για βάσεις μικρού μήκους, δηλαδή οι δύο δέκτες GPS να απέχουν μεταξύ τους έως 15km και να βρίσκονται σε περιοχές μεσαίου γεωγραφικού πλάτους καθώς στον Ισημερινό και στους πόλους παρατηρούνται μεγαλύτερες ιονοσφαιρικές διαταραχές.

2.8 Επίδραση της Τροπόσφαιρας

Η τροπόσφαιρα είναι το χαμηλότερο τμήμα της ατμόσφαιρας και εκτείνεται από τη γήινη επιφάνεια μέχρι το υψόμετρο των 20km. Η μετάδοση του σήματος εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία, την πίεση και την περιεκτικότητα σε υδρατμούς των ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Η τροπόσφαιρα έχει μικρότερη επίδραση στα σήματα μικρού μήκους κύματος ενώ έχει μεγαλύτερη επίδραση στα οπτικά μήκη κύματος. Η τροποσφαιρική διάθλαση είναι η καθυστέρηση στη διαδρομή του σήματος που προκαλείται από το ουδέτερο, μη-ιονισμένο τμήμα της ατμόσφαιρας της γης, της τροπόσφαιρας. Σύμφωνα με τον Hopfield η τροποσφαιρική διάθλαση είναι δυνατόν να χωριστεί σε δύο συνιστώσες, την ξηρή (dry) και την υγρή (wet), όπου το ξηρό μέρος οφείλεται στο υδροστατικό μέρος ενώ η υγρή συνιστώσα οφείλεται στο μη υδροστατικό μέρος της ατμόσφαιρας. Περίπου το 90% της τροποσφαιρικής καθυστέρησης οφείλεται στη ξηρή συνιστώσα. Από την άλλη πλευρά το μέρος της καθυστέρησης που οφείλεται στην υγρή συνιστώσα παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα.

Για την εκτίμηση της τροποσφαιρικής διάθλασης έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές και μοντέλα. Σήμερα, στην ανάλυση δεδομένων GPS συνήθως χρησιμοποιείται η διαδικασία χαρτογράφησης της τροποσφαιρικής καθυστέρησης. Οι παράμετροι εκτίμησης της καθυστέρησης δίνονται ξεχωριστά για την ξηρή και την υγρή συνιστώσα. Οι συντελεστές της υδροστατικής χαρτογράφησης εξαρτώνται από το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο του τόπου παρατήρησης και την ημέρα του έτους. Η υγρή συνιστώσα εξαρτάται μόνο από το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας

2.9 Πολυανάκλαση του σήματος

Όταν τα ραδιοκύματα ανακλώνται από το έδαφος, από τα γύρω κτίρια, από υδάτινες επιφάνειες κτλ. που βρίσκονται κοντά στο σημείο των μετρήσεων τότε δημιουργείται το φαινόμενο των πολλαπλών διαδρομών (multipath effect) του σήματος. Αυτή η καθυστέρηση του σήματος μπορεί να προκαλέσει σφάλματα στις μετρήσεις τα οποία είναι διαφορετικά για κάθε τύπο σήματος και εξαρτώνται από το μήκος κύματος. Τα σφάλματα της πολλαπλής διαδρομής μπορεί να φθάσουν έως και 10 m εάν στο περιβάλλον υπάρχουν μεταλλικά κτήρια ή υδάτινες επιφάνειες που βοηθάνε την ανάκλαση του σήματος. Για την διόρθωση των σφαλμάτων από την

πολυανάκλαση του σήματος έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές. Εάν παρατηρηθεί μεγάλη καθυστέρηση, ο ίδιος ο δέκτης μπορεί να αναγνωρίσει το σήμα ως εσφαλμένο και να απορρίψει αυτές τις μετρήσεις. Για την αντιμετώπιση της πολλαπλής διαδρομής με μικρότερη καθυστέρηση, πχ. αντανάκλαση στο έδαφος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένες κεραίες (choke-ringantenna) ώστε να μειωθεί η ισχύς του ανακλώμενου σήματος. Εάν η καθυστέρηση είναι πολύ μικρή είναι πιο δύσκολο να απορριφθεί γιατί παρεμβαίνει με το αληθινό σήμα προκαλώντας επιπτώσεις σχεδόν δυσδιάκριτες από τις συνήθεις διακυμάνσεις της ατμοσφαιρικής καθυστέρησης.

2.10 Αναβάθμιση του συστήματος GPS

Η μεγάλη δημοτικότητα του GPS και η χρήση του σε αμέτρητες πλέον εφαρμογές, έχει οδηγήσει την κυβέρνηση των ΗΠΑ σε ένα σχέδιο εκμοντερνισμού (modernization) του συστήματος, το οποίο έχει ήδη ξεκινήσει και αναμένεται να διαρκέσει για αρκετά χρόνια. Στα πλαίσια αυτού του σχεδιασμού, προβλέπεται η αναβάθμιση τόσο του διαστημικού όσο και του επίγειου τμήματος ελέγχου. Οι νέοι δορυφόροι θα έχουν δυνατότητα εκπομπής νέων σημάτων (πολιτικών και στρατιωτικών) με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης διαθεσιμότητας και ακρίβειας. Εκτός από την αναβάθμιση της υπάρχουσας δομής, θα δημιουργηθεί και μια νέα συχνότητα εκπομπής (L5) καθώς και νέοι κώδικες στις ήδη εκπεμπόμενες συχνότητες (πχ. L2C).

Κεφάλαιο 3ο

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ GPS ΣΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

3.1 Το GPS ως όργανο Ναυσιπλοΐας

Η δημιουργία του GPS αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις στη βελτίωση των μεθόδων ναυσιπλοΐας, αφού με τη βοήθεια ενός απλού δορυφορικού δέκτη πολύ μικρών διαστάσεων και βάρους είναι δυνατός ο άμεσος και συνεχής προσδιορισμός της θέσεως του πλοίου σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια ασύλληπτη για τις παραδοσιακές μεθόδους ναυσιπλοΐας.

Εν τούτοις, η επίδραση των δυνατοτήτων ενός Ναυτιλιακού δέκτη GPS/GNSS στις μεθόδους ναυσιπλοΐας δεν περιορίζεται μόνο στη βασική αυτή δυνατότητά του για τον άμεσο, συνεχή και αξιόπιστο προσδιορισμό της θέσεως του πλοίου, αλλά προσφέρει και πληθώρα πολύ χρήσιμων υπηρεσιών εκτελέσεως πλοηγήσεως ακριβείας, όπως:

- Η καταχώρηση στον δέκτη πολλών δρομολογίων πλου, τα οποία ορίζονται από διαδοχικά σημεία αλλαγής πορείας ή Σημεία Πλου (WayPoints).
- Η κατά τη διάρκεια του πλου παροχή ενδείξεων της αποστάσεως από ένα σημείο πλου και της πορείας που πρέπει να τηρηθεί για άφιξη στο σημείο αυτό.

Οι δυνατότητες υποστηρίξεως της ναυσιπλοΐας με το GPS αυξάνονται ραγδαία όταν ο δέκτης GPS χρησιμοποιηθεί για τη δικτυοκεντρική σύνδεσή του με άλλα ηλεκτρονικά Ναυτικά όργανα και συστήματα, όπως το ECDIS και AIS, το Ναυτιλιακό Radar/ARPA, την Ηχοβολιστική συσκευή, το Δρομόμετρο, τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας και τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Γέφυρας. Οι δυνατότητες της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας έχουν καταστήσει δυνατή την κατασκευή δεκτών GPS/GNSS σε ολοκληρωμένα κυκλώματα πολύ μικρών διαστάσεων για ενσωμάτωση τόσο στα Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας (Integrated Navigation Systems – INS) και στα Ολοκληρωμένα Συστήματα Γέφυρας (Integrated Bridge Systems – IBS), όσο και σε άλλα ηλεκτρονικά Ναυτικά όργανα και συστήματα.



Εικόνα 12: Ναυτιλιακός δέκτης GNSS). Κεραία και δέκτης έχουν ενσωματωθεί σε μία μονάδα.

Στα σύγχρονα πλοία, μπορούν πλέον να εγκατασταθούν δέκτες GPS/GNSS πολύ υψηλών δυνατοτήτων με τη μορφή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος, το οποίο ενσωματώνεται σε μία ενιαία μονάδα δέκτη-δορυφορικής κεραίας. Οι δέκτες αυτοί δεν είναι άμεσα προσπελάσιμοι, αλλά χειρίζονται-ελέγχονται από:

- Αυτόνομες μονάδες «απεικονίσεως και ελέγχου»
- Ένα σύστημα INS και
- Μία κονσόλα ενός συστήματος IBS.



Εικόνα 13: Μονάδα «Απεικονίσεως και ελέγχου Ναυτικών Ηλεκτρονικών Οργάνων» για διασύνδεση με: δέκτες GNSS, δορυφορικές πυξίδες, δρομόμετρα κ.ά..

Το σημαντικό και ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι με την χρήση ενός τυπικού Ναυτιλιακού δέκτη GPS μπορούν να εκτελεστούν διαφορετικές και σημαντικές λειτουργίες του πλοίου. Αξίζει επίσης να τονιστεί το γεγονός ότι ένας τυπικός Ναυτιλιακός δέκτης GPS δύναται να αξιοποιηθεί αυτόνομα, δίχως την διασύνδεσή του με άλλα Ναυτιλιακά ηλεκτρονικά όργανα ή συσκευές. Παράλληλα όμως, ένας δέκτης GPS/GNSS προσφέρει αναβαθμισμένες δυνατότητες όταν διασυνδέεται και με άλλα συστήματα όπως τα ECDIS και AIS κ.α. Αυτή η αξιοποίηση μέσω της διασύνδεσής με άλλα συστήματα αποτελεί και την μετεξέλιξη κατά κάποιο τρόπο του GPS ως Ναυτικό ηλεκτρονικό όργανο.

3.2 Βασικές δυνατότητες τυπικού Ναυτιλιακού δέκτη GPS

Οι βασικές δυνατότητες ενός απλού Ναυτιλιακού δέκτη GPS είναι οι εξής:

Συνεχής ένδειξη σε πραγματικό χρόνο των συντεταγμένων της θέσεως (στίγματος) του πλοίου ανάλογα με τις επόμενες βασικές επιλογές του χρήστη:

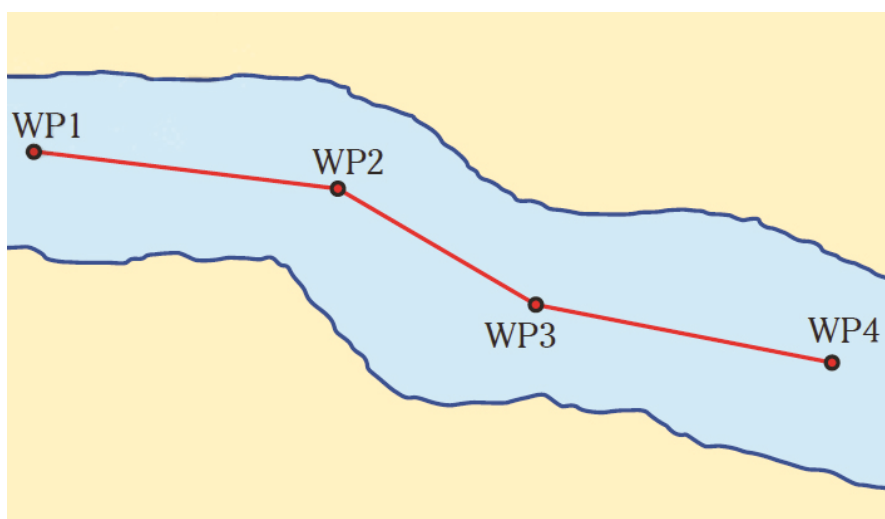
α) Επιλογή του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς (WGS-84, ED-50 κ.λπ.), στο οποίο αναφέρονται οι συντεταγμένες του στίγματος.

β) Επιλογή απεικονίσεως στίγματος με γεωδαιτικές ελλειψοειδείς συντεταγμένες (φ, λ, h) ή

με καρτεσιανές συντεταγμένες UTM (X,Y).

Καταχώρηση στη μνήμη του δέκτη των συντεταγμένων διαφόρων σημείων πλου (WayPoints - WP), τα οποία αξιοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως:

- Σχεδίαση δρομολογίου πλου με διαδοχικά σημεία αλλαγής πορείας. Τα σημεία πλου συμβολίζονται συνήθως με τους χαρακτήρες WP (Way Point) και έναν αύξοντα αριθμό π.χ. WP1, WP2 κ.ο.κ.
- Αποθήκευση κρίσιμων σημείων πλου για μελλοντική χρήση, όπως σημεία εισόδου σε διάυλο ή λιμένα, σημεία αλλαγής πορείας εντός διαύλου ή σε περιορισμένα ύδατα κ.λπ..
- Ασφάλεια αγκυροβολίας.
- Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας από συγκεκριμένους Ναυτιλιακούς κινδύνους κατά τη διάρκεια του πλου.
- Ενεργοποίηση διαδικασιών ανθρώπου στη θάλασσα.
- Υπολογισμός πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας και ταχύτητας του σκάφους.
- Υπολογισμός διευθύνσεως και εντάσεως θαλάσσιου ρεύματος.
- Υπολογισμός σφάλματος δρομομέτρου.
- Χρησιμοποίηση του δέκτη GPS (ακόμα και των απλών ερασιτεχνικών δεκτών) για την μετατροπή συντεταγμένων ενός σημείου από ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο, καθώς και για τη μετατροπή γεωδαιτικών ελλειψοειδών συντεταγμένων (φ , λ , h) σε καρτεσιανές συντεταγμένες UTM (X, Y, Z) και αντιστρόφως.



Εικόνα 14: Σχεδίαση δρομολογίου με διαδοχικά σημεία αλλαγής πορείας.

Συνεπώς, καθίσταται σαφές ότι ο βασικός πυρήνας του ευρύτατου και ανεξάντλητου φάσματος των Ναυτιλιακών δυνατοτήτων και εφαρμογών GPS είναι η καταχώρηση σημείων

πλου στη μνήμη του δέκτη για μελλοντική αξιοποίηση, η οποία συνήθως γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

Στο στάδιο της προετοιμασίας του πλου

Τα σημεία πλου καταχωρούνται με πληκτρολόγηση των συντεταγμένων τους, προκειμένου στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές, όπως:

- α) Για τον καθορισμό του δρομολογίου ως διαδοχικά σημεία αλλαγής πορείας.
- β) Ως σημεία αναφοράς για την τήρηση αποστάσεων ασφάλειας από συγκεκριμένους Ναυτιλιακούς κινδύνους κατά τη διάρκεια του πλου.

Κατά τη διάρκεια του πλου

Σημεία πλου μπορούν να καταχωρηθούν, εκτός από την πληκτρολόγηση των συντεταγμένων τους και με άμεσο τρόπο, συνήθως με το πάτημα ενός πλήκτρου για την αυτόματη καταχώρηση των συντεταγμένων της θέσεως (στίγματος) του πλοίου ως ένα σημείο πλου. Τα σημεία πλου που καταχωρούνται με τον τρόπο αυτόν αξιοποιούνται σε πολλές εφαρμογές όπως για την ασφάλεια αγκυροβολίας, για την ενεργοποίηση διαδικασιών ανθρώπου στη θάλασσα, για την αποθήκευση κρίσιμων σημείων πλου για μελλοντική χρήση, όπως σημεία εισόδου σε διάυλο ή λιμένα κ.λπ. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι δυνατότητες των Ναυτιλιακών δεκτών GPS, ακόμα και των πιο απλών ερασιτεχνικών, δεν περιορίζονται μόνο στον αυτόματο και συνεχή καθορισμό θέσεως ακρίβειας σε πραγματικό χρόνο, αλλά καλύπτουν ευρύ φάσμα Ναυτιλιακών εφαρμογών, από τις οποίες ορισμένες μόνο αναφέρθηκαν παραπάνω.

3.3 Επιπρόσθετες δυνατότητες επαγγελματικών Ναυτιλιακών δεκτών GPS

Εκτός από τις παραπάνω δυνατότητες, οι οποίες παρέχονται απ' όλους τους Ναυτιλιακούς δέκτες GPS (ακόμη και από τους απλούς φορητούς, που όπως είπαμε έχουν τη μορφή ενός φορητού τηλεφώνου ή ρολογιού χειρός) και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από τον προσδιορισμό του στίγματος πλοίων και σε πληθώρα άλλων εφαρμογών. Οι επαγγελματικοί Ναυτιλιακοί δέκτες παρέχουν και άλλες δυνατότητες όπως:

- Μεταφορά σημείων πλου από υπολογιστή σε δέκτη και αντιστρόφως.
- Σύνδεση με άλλα Ναυτικά ηλεκτρονικά όργανα και συστήματα (ECDIS, AIS, Ραντάρ/ARPA, ηχοβολιστικό, δρομόμετρο κ.λπ.).
- Προειδοποίηση ότι το σκάφος βρίσκεται εκτός της σχεδιασθείσας διαδρομής, σε απόσταση μεγαλύτερη από την καθοριζόμενη από τον χρήστη μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση (offtracklimit).
- Προειδοποίηση ότι το σκάφος προσεγγίζει το επόμενο σημείο αλλαγής πορείας ή προορισμού ανάλογα με την καθοριζόμενη από τον χρήστη απόσταση από το σημείο αυτό.

- Προειδοποίηση ασφάλειας αγκυροβολίου, όταν το σκάφος έχει εκπέσει από το στίγμα αγκυροβολίας σε απόσταση μεγαλύτερη από την καθοριζόμενη από τον χρήστη.
- Επισήμανση/αποφυγή μεμονωμένων κινδύνων (προειδοποίηση, όταν η θέση του σκάφους είναι μικρότερη από την καθοριζόμενη από τον χρήστη απόσταση ασφάλειας από ένα σημείο πλου).
- Ενδείξεις αξιοπιστίας και ακρίβειας του παρεχόμενου στίγματος.
- Επιλογή δορυφόρων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν ή να μην ληφθούν υπόψη για τον προσδιορισμό του στίγματος.

3.4 Ενδεικτικές αξιοποιήσεις των δυνατοτήτων των Ναυτιλιακών δεκτών GPS

Οι πρακτικές Ναυτιλιακές εφαρμογές του GPS είναι πολυάριθμες και τα παραδείγματα που παρουσιάζονται παρακάτω είναι μόνο ενδεικτικά των συνολικών δυνατοτήτων του, που εκτός από τον ακριβή προσδιορισμό θέσεως, καλύπτουν ένα πολύ ευρύ φάσμα πρακτικών Ναυτιλιακών εφαρμογών.

3.4.1 Ασφάλεια αγκυροβολίας

Η διαδικασία ελέγχου της ασφάλειας αγκυροβολίας (Εικόνα 15), με έναν τυπικό Ναυτιλιακό δέκτη GPS είναι η εξής: Κατά την εκτέλεση της αγκυροβολίας καταχωρείται στη μνήμη του δέκτη το στίγμα αγκυροβολίας ως ένα σημείο πλου. Το σημείο αυτό (σημείο Α) πρέπει να αντιστοιχεί στο πραγματικό στίγμα αγκυροβολίας, δηλαδή στο σημείο ποντίσεως της άγκυρας και όχι στο στίγμα της γέφυρας αμέσως μετά την αγκυροβολία (σημείο Β). Μετά την ολοκλήρωση της αγκυροβολίας, ενεργοποιείται η δυνατότητα του δέκτη να υπολογίζει αυτόματα τη διόπτευση και την απόσταση της εκάστοτε θέσεώς του από το σημείο πλου που αντιστοιχεί στο πραγματικό στίγμα αγκυροβολίας (σημείο Α). Η δυνατότητα αυτή παρέχεται με την αυτόματη επίλυση από τον δέκτη του αντίστροφου λοξοδρομικού προβλήματος.

Για την επίλυση αυτή, ο ενσωματωμένος σε κάθε Ναυτιλιακό δέκτη μικροεπεξεργαστής, χρησιμοποιεί:

- 1) Τις συντεταγμένες της εκάστοτε θέσεως (στίγματος) του πλοίου (σημείο Β) ως το αρχικό σημείο.
- 2) Τις συντεταγμένες του πραγματικού σημείου αγκυροβολίας ως το τελικό σημείο (σημείο Α).



Εικόνα 15: Ασφάλεια αγκυροβολίας με δέκτη GPS.

Στη συνέχεια, με βάση τα παραπάνω δεδομένα, ο δέκτης υπολογίζει συνεχώς και εμφανίζει στην οθόνη του την απόσταση του δεύτερου σημείου (πραγματικό σημείο αγκυροβολίας-ποντίσεως της άγκυρας) από την εκάστοτε πραγματική θέση του πλοίου (στίγμα γέφυρας). Στην απόσταση αυτή θα πρέπει για λόγους ασφάλειας να προστεθεί και το εκτιμώμενο σφάλμα θέσεως του GPS. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να γίνει με οποιονδήποτε φορητό απλό Ναυτιλιακό δέκτη GPS. Οι επαγγελματικοί Ναυτιλιακοί δέκτες (φορητοί ή μη), παρέχουν την επιπρόσθετη δυνατότητα καταχώρισεως στη μνήμη του δέκτη συγκεκριμένης αποστάσεως ασφαλείας από το σημείο πλου, το οποίο χρησιμοποιείται ως πραγματικό σημείο αγκυροβολίας.

Με την καταχώριση της παραπάνω αποστάσεως ασφαλείας σε έναν επαγγελματικό Ναυτιλιακό δέκτη, παρέχεται αυτόματα ηχητική ειδοποίηση, όταν η υπολογιζόμενη από τον δέκτη απόσταση του πλοίου από το πραγματικό σημείο αγκυροβολίας είναι μεγαλύτερη από την καθορισθείσα (όταν δηλ. το σκάφος έχει εκπέσει από το στίγμα αγκυροβολίας σε απόσταση μεγαλύτερη από την καθοριζόμενη από τον χρήστη απόσταση ασφαλείας αγκυροβολίου).

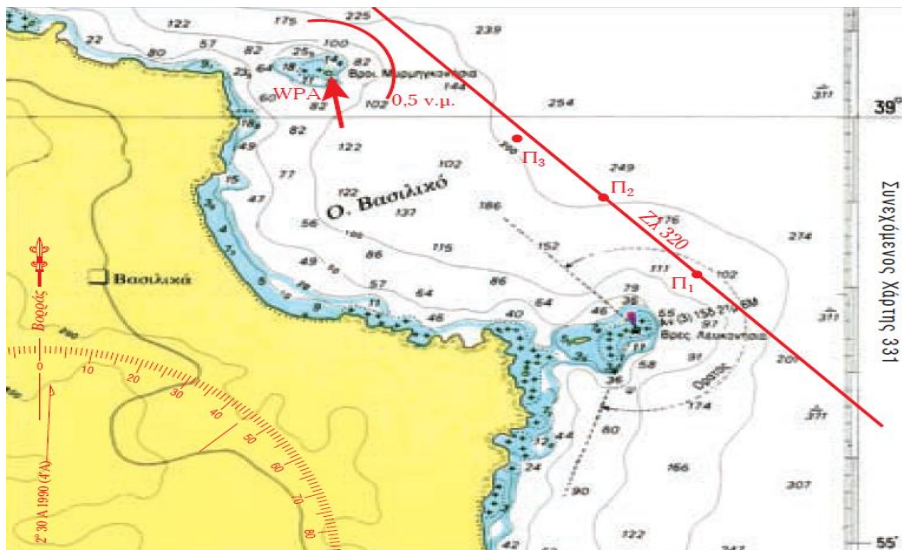
3.4.2 Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας από συγκεκριμένους κινδύνους κατά τον πλου

Η διαδικασία τηρήσεως αποστάσεως ασφαλείας από ένα Ναυτιλιακό κίνδυνο, π.χ. από τους βράχους του χάρτη της Εικόνας 14, με έναν κοινό ερασιτεχνικό δέκτη GPS είναι η εξής: Στο στάδιο της προετοιμασίας του πλου ή ακόμα και κατά τη διάρκεια του πλου, καταχωρείται στη μνήμη του δέκτη ένα σημείο πλου, το οποίο επιλέγεται στο γεωμετρικό κέντρο της περιοχής των Ναυτιλιακών κινδύνων [waypoint A]. Η καταχώριση γίνεται με πληκτρολόγηση στον δέκτη των

γεωγραφικών (γεωδαιτικών) συντεταγμένων (φ, λ) του σημείου Α, όπως αυτές προκύπτουν από τον έντυπο χάρτη, λαμβάνοντας οπωσδήποτε υπόψη το σύστημα συντεταγμένων του χάρτη (γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς). Κατά τον πλου στην περιοχή των παραπάνω Ναυτιλιακών κινδύνων, έστω με πορεία $z\lambda = 320^\circ$ ενεργοποιείται η δυνατότητα του δέκτη να υπολογίζει αυτόματα τη διόπτευση και την απόσταση της εκάστοτε θέσεώς του απ' το παραπάνω σημείο πλου. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται σε όλους τους Ναυτιλιακούς δέκτες, ακόμα και στους ερασιτεχνικούς και υλοποιείται με την αυτόματη επίλυση από τον δέκτη του αντίστροφου λοξοδρομικού προβλήματος. Για την επίλυση αυτή, ο ενσωματωμένος σε κάθε Ναυτιλιακό δέκτη μικροεπεξεργαστής, χρησιμοποιεί:

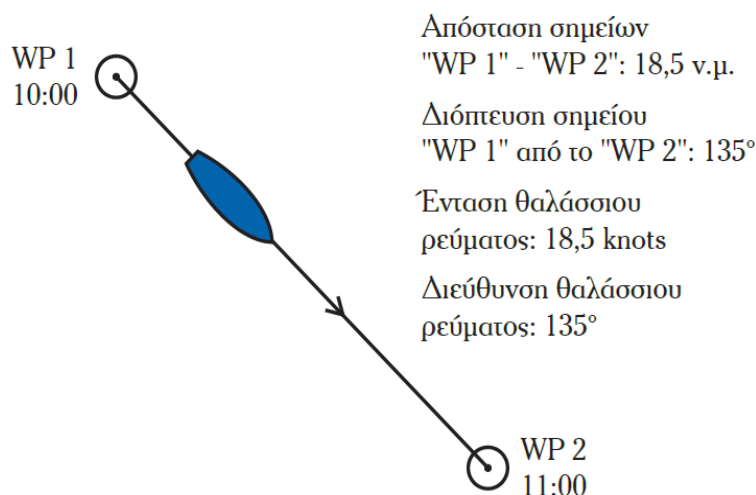
- 1) Τις συντεταγμένες της εκάστοτε θέσεως (στίγματος) του πλοίου ως το αρχικό σημείο του λοξοδρομικού πλου.
- 2) Τις συντεταγμένες του επιλεγόμενου για τη θέση των Ναυτιλιακών κινδύνων σημείου πλου Α, ως σημείο προορισμού του λοξοδρομικού πλου.

Στη συνέχεια, με βάση τα παραπάνω δεδομένα, ο δέκτης υπολογίζει και εμφανίζει στην οθόνη του, την απόσταση και διόπτευση του δεύτερου σημείου Α (κέντρο περιοχής Ναυτιλιακών κινδύνων) από την πραγματική θέση (στίγμα) του πλοίου. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να γίνει με οποιονδήποτε φορητό ερασιτεχνικό δέκτη GPS. Οι επαγγελματικοί Ναυτιλιακοί δέκτες (φορητοί ή μη), παρέχουν την επιπρόσθετη δυνατότητα καταχώρισης στη μνήμη του δέκτη συγκεκριμένης αποστάσεως ασφάλειας από τα σημεία πλου, τα οποία χρησιμοποιούνται ως σημεία αναφοράς για τη μέτρηση αποστάσεως ασφάλειας. Στο ανωτέρω παράδειγμα ως απόσταση ασφάλειας από τους βράχους (WPA) λαμβάνεται η απόσταση 0,5 ν.μ.. Με την καταχώριση της παραπάνω αποστάσεως ασφάλειας σε έναν επαγγελματικό Ναυτιλιακό δέκτη, παρέχεται αυτόματα ηχητική ειδοποίηση, όταν η υπολογιζόμενη από τον δέκτη απόσταση του πλοίου απ' το σημείο Α είναι μικρότερη από την απόσταση ασφαλείας (0,5 ν.μ.).



3.4.3 Υπολογισμός πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας και ταχύτητας

Ο υπολογισμός της πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας και ταχύτητας του πλοίου με τη βοήθεια ενός τυπικού Ναυτιλιακού δέκτη GPS προϋποθέτει την τήρηση σταθερής πορείας και ταχύτητας για ικανό χρονικό διάστημα, το οποίο πρέπει να είναι τουλάχιστον 30 min ή κατά προτίμηση μία ώρα.



Εικόνα 17: Υπολογισμός πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας και ταχύτητας του πλοίου με δέκτη GPS.

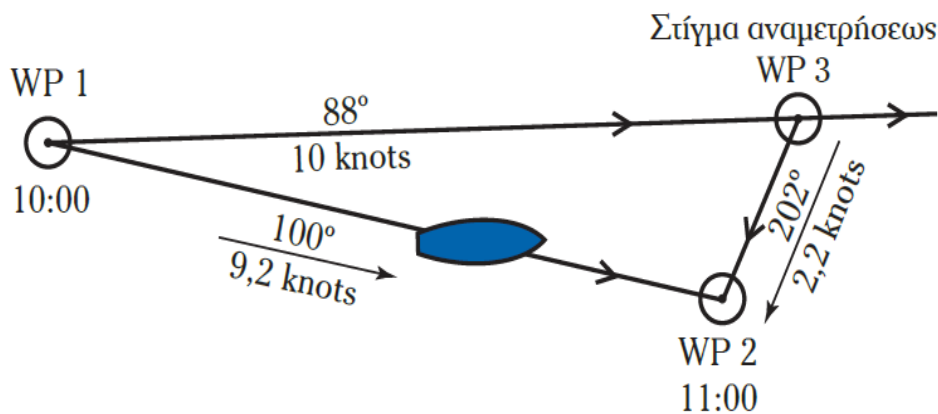
Η διαδικασία που ακολουθείται είναι πολύ απλή, δεν απαιτεί τη χρήση Ναυτικού χάρτη, παρά μόνο του δέκτη GPS και υλοποιείται ως εξής:

- 1) Το πλοίο τηρεί σταθερή πορεία και ταχύτητα για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, έστω κατά τις 10:00, καταχωρείται η θέση (στίγμα) του πλοίου ως ένα σημείο πλου, που χαρακτηρίζεται ως «WP 1».
- 2) Μετά από πάροδο μίας ώρας (11:00) καταχωρείται η νέα θέση (στίγμα) του πλοίου ως σημείο πλου «WP 2».
- 3) Ο χειριστής δίνει στον δέκτη (πληκτρολογεί) τις απαιτούμενες εντολές για τον υπολογισμό της αποστάσεως και πορείας του λοξοδρομικού πλου (πλου με σταθερή πορεία) από το σημείο «WP 1» στο σημείο «WP 2». Οι τιμές που δίνει ο δέκτης στον ψηφιακό ενδείκτη, έστω ότι είναι 18,5 ν.μ. για την απόσταση και 135° για την πορεία του λοξοδρομικού πλου από τη σημείο «WP 1» στο «WP 2». Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε ταχύτητα 18,5 knots και πραγματική ως προς το βυθό πορεία 135°. Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση που το δεύτερο στίγμα («WP 2») δεν λαμβανόταν μετά από μία ώρα, αλλά μετά από 30 min, τότε για τον προσδιορισμό της τιμής της ταχύτητας σε κόμβους θα έπρεπε η τιμή της υπολογισθείσας αποστάσεως του λοξοδρομικού πλου να διπλασιαστεί.

3.4.4 Υπολογισμός διευθύνσεως και εντάσεως θαλάσσιου ρεύματος

Η διαδικασία υπολογισμού της διευθύνσεως και εντάσεως του θαλάσσιου ρεύματος (Εικόνα 18) γίνεται ως εξής:

- 1) Το πλοίο τηρεί σταθερή πορεία, έστω 88° και σταθερές στροφές που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένη ταχύτητα ως προς το νερό, έστω 10 knots.
- 2) Με την τήρηση της σταθερής αυτής πορείας και ταχύτητας προσδιορίζονται οι θέσεις (στίγματα) του πλοίου που παρέχει ο δέκτης GPS στις χρονικές στιγμές 10:00 (σημείο «WP 1») και 11:00 («WP 2»), καθώς και η πραγματική ως προς το βυθό πορεία και ταχύτητα του πλοίου με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Έστω ότι οι τιμές της υπολογισθείσας πραγματικής ως προς το βυθό πορείας και ταχύτητας είναι 100° και 9,2 knots αντίστοιχα.
- 3) Ο χειριστής δίνει στον δέκτη (πληκτρολογεί) τις απαιτούμενες εντολές για τον υπολογισμό των συντεταγμένων του στίγματος αναμετρήσεως κατά τις 11:00, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 10 ν.μ. και διόπτευση 88° από το σημείο «WP 1». Ο υπολογισμός αυτός γίνεται με την επίλυση από τον ενσωματωμένο στον δέκτη μικροεπεξεργαστή του πρώτου λοξοδρομικού προβλήματος (υπολογισμός συντεταγμένων ενός σημείου που βρίσκεται σε δεδομένη απόσταση και διόπτευση από άλλο σημείο γνωστών συντεταγμένων).
- 4) Καταχωρείται στη μνήμη του δέκτη νέο σημείο πλου, έστω με το όνομα «WP 3», με τις συντεταγμένες του υπολογισθέντος στίγματος αναμετρήσεως.
- 5) Επειδή το σημείο πλου «WP 2» αντιπροσωπεύει την πραγματική θέση (στίγμα) του πλοίου στις 11:00 και το σημείο «WP 3» αντιστοιχεί στο στίγμα αναμετρήσεως κατά την ίδια ώρα 11:00, χωρίς την επίδραση ρεύματος, η διεύθυνση και η ένταση του θαλάσσιου ρεύματος αντιστοιχεί στη διόπτευση του σημείου «WP 2» από το «WP 3».
- 6) Ο υπολογισμός της διευθύνσεως και εντάσεως του θαλάσσιου ρεύματος εκτελείται με τον υπολογισμό από τον ενσωματωμένο στο δέκτη μικροεπεξεργαστή της διοπτύσεως και αποστάσεως του σημείου «WP 2» από το «WP 3» (υπολογισμός αποστάσεως και πορείας λοξοδρομικού πλου από το σημείο «WP 2» στο σημείο «WP 3»). Έστω ότι οι τιμές που υπολογίζονται είναι 2,2 ν.μ. για την απόσταση και 202° για την πορεία του λοξοδρομικού πλου από το σημείο «WP 3» στο «WP 2». Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε ένταση θαλάσσιου ρεύματος 2,2 knots και διεύθυνση 202° . Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση που το δεύτερο στίγμα («WP 2») δεν λαμβανόταν μετά από μία ώρα, αλλά μετά από 30 min, τότε για τον προσδιορισμό της τιμής της εντάσεως του θαλάσσιου ρεύματος θα έπρεπε η τιμή της υπολογισθείσας αποστάσεως του λοξοδρομικού πλου να διπλασιαστεί.



Εικόνα 18: Υπολογισμός διευθύνσεως και εντάσεως θαλάσσιου ρεύματος με δέκτη GPS.

3.4.5 Μετατροπή συντεταγμένων

Μία άλλη σημαντική δυνατότητα των Ναυτιλιακών δεκτών GPS είναι η χρησιμοποίησή τους για τη μετατροπή των συντεταγμένων ενός σημείου από ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο, καθώς και για τη μετατροπή γεωγραφικών (γεωδαιτικών) συντεταγμένων σε καρτεσιανές συντεταγμένες UTM.

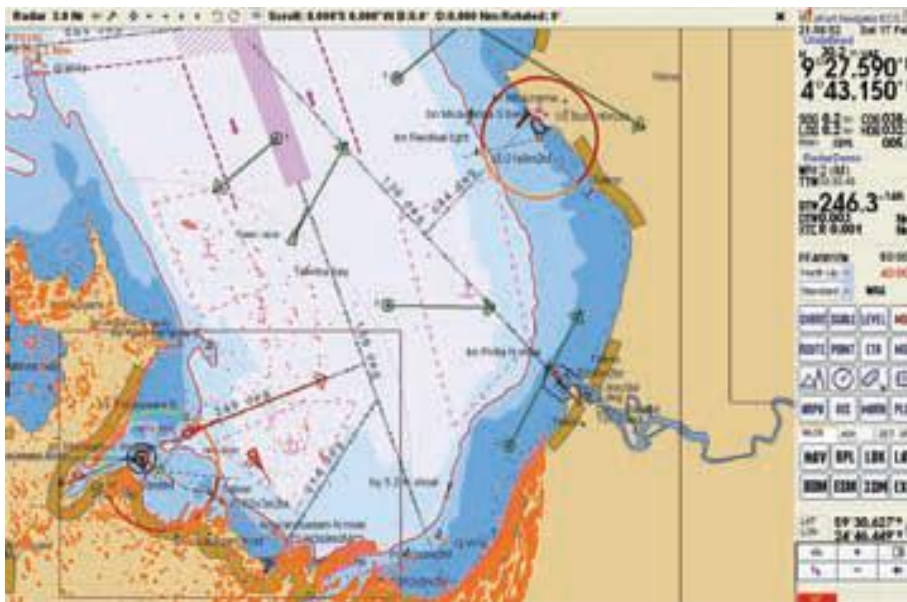
3.5 Το GPS και τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας/Γέφυρας

Η δυνατότητα της ταυτόχρονης επεξεργασίας πληροφοριών διαφορετικών πηγών με κοινές υποδομές, αναδεικνύει σύνθετες μορφές πληροφορίας, ποιοτικά πολύ ανώτερες από την πληροφορία κάθε πηγής χωριστά. Τα τελευταία χρόνια αυτή η τάση εφαρμόζεται και στην Ναυτιλία και πιο συγκεκριμένα στα Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα (N.H.O.) με αποτέλεσμα να αναδεικνύονται νέες δυνατότητες στην επεξεργασία και στην απεικόνιση σύνθετων πληροφοριών που μπορούν να αξιοποιηθούν ανάλογα από το προσωπικό της γέφυρας και να τροφοδοτούν κάθε στιγμή τον πλοίαρχο με σωστά και ακριβή δεδομένα έτσι ώστε να αναβαθμίζουν την ικανότητα άμεσης λήψης απόφασης, ιδιαίτερα σε μια κρίσιμη στιγμή ή έκτακτη ανάγκη (εικόνα 19). Πλέον, έχει δημιουργηθεί μια νέα γενιά συστημάτων (οργάνων, αισθητήρων, μέσων διοικήσεως και ελέγχου κ.α.) μέσω των οποίων:

- 1) Αυξάνεται δραστικά η αποτελεσματικότητα της εκτελέσεως φυλακής γέφυρας.
- 2) Μεγιστοποιείται η συναίσθηση του Ναυτιλιακού περιβάλλοντος (situation awareness).
- 3) Προσδιορίζεται ο βέλτιστος επικείμενος ελιγμός.
- 4) Αποκτάται συναίσθηση της ακριβούς συμπεριφοράς του σκάφους, καθώς και των δυνατοτήτων ανταποκρίσεώς του στον επικείμενο ελιγμό.
- 5) Ελέγχεται η αποτελεσματικότητα του ελιγμού, δηλαδή η ανταπόκριση του πλοίου στις εντολές που δόθηκαν.

Τέτοια συστήματα όπως έχουν κατά καιρούς χαρακτηριστεί είναι σήμερα γνωστά με τον όρο

«Ολοκληρωμένο Σύστημα Ναυτιλίας» και «Ολοκληρωμένο Σύστημα Γέφυρας». Τα συστήματα αυτά προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες διασυνδέσεως συσκευών ή συστημάτων στις γέφυρες των πλοίων στη μορφή ολοκληρωμένων συστημάτων γέφυρας ή Ναυτιλίας. Πρόκειται ουσιαστικά για συστήματα συζεύξεως/ ολοκληρώσεως (integration) πληροφοριών διαφορετικών πηγών.



Εικόνα 19: Ταυτόχρονη απεικόνιση πληροφοριών ECDIS, GPS, Radar/ARPA και AIS

Η ραγδαία εξέλιξη και χρήση τέτοιων συστημάτων όπως αναφέρθηκαν ανωτέρω, προκάλεσε όπως ήταν αναμενόμενο και μια πολυτυπία σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας, συγκέντρωσης και απεικόνισης των πληροφοριών. Συνεπώς υπήρξε και μια ανάγκη ομογενοποίησης και εναρμόνισης όλων των προαναφερθέντων συστημάτων ειδικά όσον αφορά τη μορφή σύνθεσης και συγκρότησης των πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

Στο σημείο αυτό, υπήρξε αναγκαία η παρέμβαση του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (International Maritime Organization – IMO) ο οποίος κλήθηκε να αναλάβει ρόλο ρυθμιστή του σχετικού πλαισίου, όπως και έπραξε, εκδίδοντας σχετικούς κανονισμούς (Norms) και πρότυπα αποδοτικής λειτουργίας (performance standards) στους οποίους συμπεριλήφθηκαν και οι ορισμοί για τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας καθώς και για τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Γέφυρας

Σύμφωνα με τον IMO, «το ολοκληρωμένο σύστημα γέφυρας είναι ένας συνδυασμός συστημάτων, τα οποία διασυνδέονται έτσι, ώστε να είναι δυνατή η κεντρική πρόσβαση ή η διοίκηση και ο έλεγχος από θέσεις εργασίας, με σκοπό την αύξηση της ασφαλούς και αποτελεσματικής διαχειρίσεως του πλοίου, από προσωπικό που διαθέτει τα κατάλληλα προς αυτό προσόντα».

Επιπλέον, ο IMO ορίζει ότι: «ένα ολοκληρωμένο σύστημα Ναυτιλίας υποστηρίζει την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, εκτιμώντας στοιχεία εισόδου από αρκετούς ανεξάρτητους και διαφορετικούς αισθητήρες, συνδυάζοντάς τα, ώστε να παρέχει πληροφορίες, να παράγει σε συνάρτηση με το χρόνο προειδοποιητικές σημάσεις για πιθανούς κινδύνους, καθώς και για την υποβάθμιση της ακεραιότητας των πληροφοριών αυτών». Οι δύο παραπάνω όροι χρησιμοποιούνται πλέον στη Ναυτιλία ευρέως και εναλλακτικά. Η άγνοιά τους οδηγεί σε εννοιολογική σύγχυση που τείνει να ταυτίσει δύο διαφορετικές έννοιες.

Το μοναδικό κοινό στοιχείο και στις δύο μορφές συστημάτων είναι η παροχή επεξεργασμένης πληροφορίας εξόδου, μέσω του κατάλληλου συνδυασμού της πληροφορίας εισόδου που δέχονται. Υπάρχουν όμως σημαντικές διαφορές. Στα Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας, ο συνδυασμός αναφέρεται σε επίπεδο πηγών πληροφορίας, όπως αυτές παρέχονται από τους διάφορους αισθητήρες (ή όργανα), ενώ στα Ολοκληρωμένα Συστήματα Γέφυρας ο συνδυασμός επεκτείνεται σε επίπεδο συστημάτων.

Το Ολοκληρωμένο Σύστημα Ναυτιλίας, αφορά ουσιαστικά στην επέκταση της ιδέας του ECDIS, με την πρόσθεση και άλλων Ναυτιλιακών αισθητήρων και οργάνων στην πληροφοριακή του υποδομή, ώστε να μεγιστοποιείται η δυνατότητα της συναισθήσεως του Ναυτιλιακού περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται η ορθή εκτίμηση του βέλτιστου χειρισμού που απαιτείται, ώστε το πλοίο να συνεχίσει να κινείται προς τον προορισμό του, σε συνάρτηση με τους τρέχοντες περιορισμούς της διατάξεως των Ναυτιλιακών κινδύνων (Εικόνα 20).

Η περαιτέρω προσαύξηση της συζεύξεως/ολοκληρώσεως των καταλλήλων συστημάτων στην ενιαία πληροφοριακή υποδομή, εξελίσσει το Ολοκληρωμένο Σύστημα Ναυτιλίας σε Ολοκληρωμένο Σύστημα Γέφυρας. Με την προσθήκη δηλαδή της πληροφορίας των συσκευών τηλεπικοινωνιών, των συστημάτων ελέγχου μηχανών, ηλεκτρομηχανών κ.λπ., το Ολοκληρωμένο Σύστημα Γέφυρας αξιοποιείται, ως μέσο εξασκήσεως «διοικήσεως και ελέγχου». Η δυνατότητα αυτή, η οποία αναφέρεται στον ορισμό του IMO, συνίσταται στην εξεύρεση του βέλτιστου ελιγμού, στον εντοπισμό των βέλτιστων μέσων εκτελέσεώς του και στον έλεγχο της ανταποκρίσεως των μέσων.

Επιπλέον, το Ολοκληρωμένο Σύστημα Γέφυρας αναφέρεται στο «προσωπικό που διαθέτει τα κατάλληλα προς αυτό προσόντα», δηλαδή η λειτουργία της γέφυρας του πλοίου ως κέντρο λήψεως αποφάσεως, διεκπεραιώνεται μέσω του συστήματος άνθρωπος – μηχανή.



Εικόνα 20: Όργανα, αισθητήρες και συστήματα προσδιορισμού θέσεως συγκροτούν το ECDIS

Το πλέον σημαντικό στοιχείο όμως εξακολουθεί να παραμένει ο «άνθρωπος», ο οποίος με τη λογική του, την κρίση του, την εμπειρία και τις γνώσεις του, οριοθετεί, διορθώνει ή και απορρίπτει τις υποδείξεις της μηχανής με έγκαιρες και ουσιαστικές παρεμβάσεις. Δηλαδή, η διάθεση του συστήματος από μόνη της ουδόλως συνεισφέρει στην εκτέλεση ακριβέστερης και ασφαλέστερης Ναυτιλίας. Μόνον ο χειριστής που γνωρίζει τις δυνατότητες του συστήματός του είναι σε θέση να τις αξιοποιήσει προς όφελός του. Η γνώση και μετέπειτα η εμπειρία που προκύπτει από τη χρήση του συστήματός του, συμβάλλουν στην ασφάλεια του πλου. Η εκμετάλλευση της δυνατότητας παροχής συνεχούς πληροφορίας θέσεως από το GPS με φόντο τον ηλεκτρονικό χάρτη, αποτέλεσε την απαρχή της αναδείξεως πλήθους νέων δυνατοτήτων χρησιμοποίησής του, όχι ως αυτόνομου συστήματος, αλλά πλέον ως συστήματος διασυνδεδεμένου με τους αισθητήρες και τα όργανα του πλοίου, σε κοινό σύστημα αναφοράς της Ναυτιλιακής καταστάσεως.

3.5.1 GPS και ECDIS

Το ECDIS (= Ηλεκτρονικά Συστήματα Απεικόνισης Χαρτών και Πληροφοριών) είναι συνδυασμός πολλών διαφορετικών Ναυτιλιακών βοηθημάτων, συσκευών και οργάνων

(ηλεκτρονικοί χάρτες ναυσιπλοΐας, RADAR/ARPA, NAVTEX, GPS, AIS, πυξίδα, βυθόμετρο) σε μια κεντρική οθόνη από όπου μπορεί να παρακολουθείται πλήρως ο πλους και να ρυθμίζονται τα στοιχεία του. Η άμεση απεικόνιση στην οθόνη του συστήματος όλων των βασικών στοιχείων του πλου (στίγμα, πορείες, ταχύτητες, αληθής και σχετική κίνηση στόχων) μειώνει σημαντικά την ένταση εργασίας στη γέφυρα και συμβάλλει στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, παρέχοντας τη δυνατότητα λήψεως άμεσων και σωστών αποφάσεων. Το ECDIS χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς Ναυτιλιακούς χάρτες (ENC) που πρέπει να έχουν κατασκευασθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (International Hydrographic Organization - IHO) και να έχουν σχετική πιστοποίηση από επίσημη Υδρογραφική Υπηρεσία.

Για να καθοριστεί η θέση του πλοίου επάνω στον ηλεκτρονικό χάρτη, είναι αναγκαίο να υπάρχει δυνατότητα διασυνδέσεις με τα συστήματα καθορισμού θέσεως (GPS, DGPS, GNSS κλπ.). Οι βασικές λειτουργίες του ECDIS είναι:

- Η απεικόνιση σε μία μόνο οθόνη της ακριβούς θέσεως και πραγματικής ως προς το βυθόπορείας του πλοίου μαζί με όλες τις απαραίτητες για την ασφαλή εκτέλεση του πλου χαρτογραφικές και Ναυτιλιακές πληροφορίες.
- Επιλεκτική απεικόνιση μόνο των απαραίτητων για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας χαρτογραφικών και Ναυτιλιακών πληροφοριών της βάσης δεδομένων του συστήματος (π.χ. απεικόνιση ή απόκρυψη χαρακτηριστικών και τομέων φανών κλπ.).
- Αυτόματη ενημέρωση των ηλεκτρονικών χαρτών με τη χρήση του λογισμικού του συστήματος.
- Αλλαγή της κλίμακας απεικόνισης του χάρτη στην οθόνη του συστήματος ανάλογα με τις Ναυτιλιακές συνθήκες της περιοχής.
- Αυτοματοποίηση των εργασιών προετοιμασίας και σχεδίασης πλου και ακριβής απεικόνιση της σχεδιασμένης πορείας στα σημεία αλλαγής πορείας (WayPoints) ανάλογα με ταελκτικά στοιχεία (κύκλος στροφής) και τη ταχύτητα του πλοίου.
- Απεικόνιση της θέσεως και της κινήσεως του πλοίου με το πραγματικό του σχήμα προσαρμοσμένο στη κλίμακα απεικόνισης του ηλεκτρονικού χάρτη για διευκόλυνση της πλοηγήσεως σε περιοχές μεγάλης Ναυτιλιακής κινήσεως.
- Καταχώρηση ηλεκτρονικών σημειώσεων σε διάφορα σημεία ή περιοχές του ηλεκτρονικού χάρτη.
- Προειδοποιήσεις για προσέγγιση σε αβαθή προς αποφυγή προσάραξης
- Χρησιμοποίηση ειδικών συμβόλων και χρωμάτων για την ευκρινέστερη απεικόνιση των χαρτογραφικών πληροφοριών στην οθόνη (π.χ. απεικόνιση της επιλεγόμενης

ισοβαθούσασφαλείας και της θαλάσσιας περιοχής αβαθών μεταξύ ισοβαθούς ασφαλείας και ακτογραμμής με εντονότερο χρώμα, απεικόνιση σημαντήρων και φανών με πιο ευδιάκριτα για την οθόνη σύμβολα).

- Αυτόματη ανάκτηση συμπληρωματικών περιγραφικών πληροφοριών για τις απεικονιζόμενες στην οθόνη χαρτογραφικές και Ναυτιλιακές πληροφορίες όπως π.χ. περιγραφή Ναυτιλιακών κινδύνων, χαρακτηριστικών φανών, σημαντήρων κλπ.
- Επίθεση εικόνας ραντάρ με ή χωρίς τα σύμβολα των παρακολουθούμενων στόχων μεσύστημα (ARPA).
- Απεικόνιση πληροφοριών από άλλες Ναυτιλιακές συσκευές και συστήματα όπως: Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης Πλοίων (AIS), Σύστημα NAVTEX κλπ.
- Καταγραφή και ανάκτηση προτέρου ίχνους του πλοίου.
- Απεικόνιση βολισμάτων στο επιθυμητό παλιρροιακό επίπεδο (π.χ. κατωτάτη ρηχία).

3.5.2 GPS και AIS

Το AIS (Automatic Identification System) δηλαδή το Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισεως, είναι ένα σύστημα αυτόματης ανταλλαγής ψηφιακών σημάτων μεταξύ πλοίων, αλλά και παράκτιων συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων, στη συχνότητα των υπερβραχέων κυμάτων (VHF – Very High Frequency). Μέσω του συστήματος αυτού επιτυγχάνεται η αμοιβαία ενημέρωση όλων των πλοίων, της ταυτότητάς τους, του στίγματος τους, του φορτίου τους, του λιμένα απόπλου και κατάπλου, καθώς και άλλων χρήσιμων πληροφοριών. Οι πληροφορίες του συστήματος εμφανίζονται στην οθόνη της συσκευής. Το αυτόματο σύστημα αναγνώρισεως έχει την δυνατότητα να παρέχει πληροφορίες σε άλλα όργανα μέσω διασύνδεσης τους π.χ. ECDIS, ARPA, αλλά και να λαμβάνει πληροφορίες από άλλα όργανα όπως το GPS. Από την συσκευή GPS λαμβάνει της γεωγραφικές συντεταγμένες του πλοίου, την ώρα, την πορεία και την ταχύτητα του. Μεταξύ των πολλών κανόνων ασφαλείας που τέθηκαν σε ισχύ μετά την 11η Σεπτεμβρίου 2001 ήταν και η απαίτηση να είναι εφοδιασμένα με AIS τα περισσότερα πλοία εμπορικής Ναυτιλίας. Κάθε πομποδέκτης AIS επικοινωνεί χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα δύο συχνότητες υπερβραχέων κυμάτων (161,975 MHz και 162,025 MHz). Η δεύτερη συχνότητα έχει υιοθετηθεί για την αποφυγή προβλημάτων παρεμβολών, καθώς και για λόγους που εξυπηρετούν την απρόσκοπτη συμμετοχή του μέγιστου δυνατού αριθμού πλοίων στο δίκτυο. Η εμβέλεια του συστήματος είναι ίδια με εκείνη των υπερβραχέων σημάτων, η οποία συνήθως υπερβαίνει την αντίστοιχη του ραντάρ. Πρακτικά ανέρχεται στα 40 Ναυτικά μίλια για μεγάλα πλοία (μεγάλο ύψος κεραίας) και στα 20 Ναυτικά μίλια για μικρά πλοία (μικρό ύψος κεραίας). Η εμβέλεια αυτή αυξάνεται κατακόρυφα, κατά την παράκτια ναυσιπλοΐα, όταν το παράκτιο κράτος διαθέτει

σύστημα αναμεταδοτών ξηράς του συστήματος AIS. Το εκπεμπόμενο σήμα χρησιμοποιεί την τεχνολογία των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών σημάτων. Το σύστημα AIS χρησιμοποιεί την μέθοδο Αυτό-διαχειριζόμενης Πολλαπλής πρόσβασης Καταμερισμού του Χρόνου (Self-Organized Time Division Multiple Access - SOTDMA) μέσω της οποίας τα πλοία, πριν την εκπομπή των πληροφοριών του AIS, ανταλλάσσουν τυποποιημένα σήματα ελέγχου, οδηγώντας έτσι σε αποδοτική διευθέτηση θεμάτων, όπως η είσοδος στο σύστημα νέων χρηστών, η απαλοιφή παλαιών και η προτεραιότητα στην απεικόνιση των πλέον επικίνδυνων στόχων. Ένας από τους αρχικούς σκοπούς του AIS ήταν η αποφυγή συγκρούσεων, αλλά πλέον πολλές άλλες εφαρμογές του έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται. Συγκεκριμένα, το AIS, υποβοηθούμενο από το σύστημα GPS – με τις δυνατότητες που του προσδίδει - χρησιμοποιείται σήμερα για την:

Αποφυγή συγκρούσεων

Το AIS αναπτύχθηκε από τεχνικές επιτροπές του IMO (International Maritime Organization) ως τεχνολογία για την αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ των πλοίων που είναι εκτός της εμβέλειας των συστημάτων ξηράς. Αυτή η τεχνολογία προσδιορίζει κάθε σκάφος ξεχωριστά, καθώς και την ακριβή θέση του και τις κινήσεις του. Αυτό επιτρέπει να δημιουργηθεί μια εικόνα της θέσης του πλοίου σε πραγματικό χρόνο. Οι συσκευές AIS περιλαμβάνουν μια ποικιλία από αυτόματους υπολογισμούς με βάση την αναφορά θέσης όπως το πιο κοντινό σημείο της προσέγγισης (CPA) και συναγεμμούς σύγκρουσης. Οι πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφορία και την ταυτότητα των άλλων πλοίων στην περιοχή είναι κρίσιμης σημασίας για την πλοήγηση και τη λήψη αποφάσεων αποφυγής σύγκρουσης με άλλα πλοία αλλά και άλλων κινδύνων (πχ αβαθή ή βράχια). Η οπτική παρατήρηση (πχ κιάλια), οι ανταλλαγές ήχου (π.χ., σφύριγμα της σφυρίχτρας του πλοίου και VHF ραδιόφωνο), το ραντάρ ή το ARPA ιστορικά χρησιμοποιούνται για αυτόν το σκοπό, ωστόσο, μερικές φορές αποτυγχάνουν λόγω χρονικών καθυστερήσεων, περιορισμών του ραντάρ και λανθασμένων υπολογισμών, με συνέπεια να εμφανίζουν δυσλειτουργίες που μπορεί να οδηγήσουν σε σύγκρουση. Αρχικά, οι απαιτήσεις του AIS ήταν να εμφανίζει σε κείμενο μόνο πολύ βασικές πληροφορίες. Πλέον, μπορεί να συνδεθεί με ένα ECDIS ή σε μια οθόνη ραντάρ και έχει την δυνατότητα παροχής συγκεντρωτικών πληροφοριών σε μία μόνο οθόνη.

Παρακολούθηση και έλεγχος στόλου

Το AIS χρησιμοποιείται από τις εθνικές αρχές για να παρακολουθεί τις δραστηριότητες και των αλιευτικών στόλων επιτρέποντας στις Αρχές αξιόπιστη και αποτελεσματική παρακολούθηση δραστηριότητας των αλιευτικών σκαφών κατά μήκος της ακτής, συνήθως σε απόσταση μεγαλύτερη από 60 Ναυτικά μίλια (ανάλογα με την τοποθεσία και την ποιότητα της ακτής).

Υπηρεσία εξυπηρέτησης κυκλοφορίας πλοίων (VTS)

Σε λιμάνια ή σε περιοχές με αυξημένη κίνηση, συνήθως υπάρχει ένας εξυπηρετητής κυκλοφορίας πλοίων (VTS) για τη διαχείριση της κυκλοφορίας των πλοίων. Σε αυτή την περίπτωση, το AIS παρέχει πρόσθετη ενημέρωση για την διαμόρφωση της κυκλοφορίας και τις κινήσεις των πλοίων.

Ασφάλεια στη Ναυτιλία

Το AIS επιτρέπει στις αρχές να προσδιορίζουν συγκεκριμένα πλοία και την δραστηριότητα αυτών εντός ή κοντά σε μια αποκλειστική οικονομική ζώνη. Σύμφωνα με τη Διεθνή Συνθήκη του ΟΗΕ περί Δικαίου της Θάλασσας (1982), η αποκλειστική οικονομική ζώνη (ΑΟΖ) θεωρείται η θαλάσσια έκταση, εντός της οποίας ένα κράτος έχει δικαίωμα έρευνας ή άλλης εκμετάλλευσης των θαλάσσιων πόρων. Το AIS δίνει την δυνατότητα, όταν είναι συνδεδεμένο με το ραντάρ, στις αρχές να μπορούν πιο εύκολα να διακρίνουν κάποιο πλοίο ανάμεσα στα παραπλέοντα πλοία.

Βοήθεια στην ναυσιπλοΐα

Το AIS βοήθημα στην ναυσιπλοΐα αναπτύχθηκε με τη δυνατότητα να μεταδίδει τα στίγματα και τα ονόματα των πλοίων. Σαν βοήθημα πλοήγησης δείχνει τα στίγματα και τα δυναμικά δεδομένα που αντικατοπτρίζουν το περιβάλλον (π.χ., ρεύματα και κλιματολογικές συνθήκες). Επίσης, μπορεί να βρίσκεται στην στεριά, όπως σε ένα φάρο, ακόμα και στο νερό σε πλατφόρμες ή σηματοδότες. Επίσης, μεταδίδει δεδομένα από τους αισθητήρες (όπως τον καιρό και την κατάσταση της θάλασσας) οι οποίοι βρίσκονται στον σημαντήρα ή σε σκάφη εξοπλισμένα με AIS πομποδέκτες. Τέλος, επιτρέπει την μετάδοση των θέσεων εικονικά όταν είναι συνδεδεμένο με ηλεκτρονικούς χάρτες.

Έρευνα και διάσωση

Για τον συντονισμό πόρων σε επιτόπια θαλάσσια επιχείρηση έρευνας και διάσωσης (SAR), είναι αναγκαίο να είναι διαθέσιμα τα δεδομένα για την κατάσταση της θέσης και πλοήγησης των άλλων πλοίων στην περιοχή. Σε τέτοιες περιπτώσεις το AIS μπορεί να παρέχει επιπρόσθετες πληροφορίες που διευκολύνουν στην επίγνωση των διαθέσιμων πόρων, ακόμη και αν η εμβέλεια του AIS περιορίζεται στην VHF εμβέλεια.

Έρευνα ατυχημάτων

Οι πληροφορίες του AIS, που λαμβάνει το VTS είναι σημαντικές για τη διερεύνηση ατυχημάτων για τον λόγο ότι παρέχει ακριβή ιστορικά στοιχεία για το χρόνο, την ταυτότητα, τη θέση με βάση το GPS, την πορεία της πυξίδας, την πορεία σε σχέση με το βυθό, την ταχύτητα (από το αρχείο καταγραφής της ταχύτητας σε σχέση με το βυθό) και τον κύκλο στροφής, παρά τις λιγότερο ακριβείς πληροφορίες που παρέχονται από το ραντάρ. Μια περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα των γεγονότων θα μπορούσε να ληφθεί από το όργανο καταγραφής

δεδομένων ταξιδιού (VDR). Ωστόσο, τα δεδομένα του VDR δεν διατηρούνται λόγω της περιορισμένης αποθήκευσης συγκεκριμένων ωρών, η όποια είναι μόνο δώδεκα ώρες κατά απαίτηση του IMO.

Εκτιμήσεις ωκεάνιων επιφανειακών ρεμάτων

Από τον Δεκέμβριο 2015, μια γαλλική εταιρεία με την επωνυμία e-Odyn (<http://www.eodyn.com/>), παρέχει καινοτόμες υπηρεσίες που σχετίζονται με τις εκτιμήσεις των ωκεάνιων επιφανειακών ρεμάτων χάρη στην ανάλυση δεδομένων από το AIS.

Στόλος και παρακολούθηση

Στο διαδίκτυο διαδίδονται πληροφορίες του AIS που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διαχειριστές στόλου ή πλοίου για την παρακολούθηση και την παγκόσμια θέση των πλοίων τους. Οι αποστολείς φορτίου ή οι ιδιοκτήτες εμπορευμάτων κατά την μεταφορά μπορούν να παρακολουθούν την πρόοδο των φορτίων και να προβλέψουν την ώρα άφιξης στο λιμάνι.

3.5.3 GPS και RADAR/ARPA

Ένα Ναυτικό ραντάρ με βοήθημα αυτόματης αποτύπωσης ραντάρ (ARPA) έχει την ικανότητα να δημιουργήσει ίχνη, χρησιμοποιώντας τις επαφές του ραντάρ. Το σύστημα μπορεί να υπολογίσει την πορεία του εντοπισμένου αντικειμένου, την ταχύτητα και το πιο κοντινό σημείο της προσέγγισης (CPA). Με αυτόν τον τρόπο γνωρίζουμε αν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης με το άλλο πλοίο ή με την ξηρά. Η ανάπτυξη του ARPA ξεκίνησε μετά το ατύχημα του ιταλικού σκάφους γραμμής SS Andrea Doria, όταν συγκρούστηκε μέσα σε πυκνή ομίχλη και βυθίστηκε στα ανοικτά της ανατολικής ακτής των Ηνωμένων Πολιτειών.

Το ARPA ραντάρ, άρχισε να διαμορφώνεται στη δεκαετία του 1960 με την ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής, το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο ARPA παραδόθηκε στο φορτηγό πλοίο MV Taimyr το 1969 και είχε κατασκευαστεί από την Norcontrol. Το RANDAR/ARPA λαμβάνει επίσης πληροφορίες από το AIS για την θέση, ταχύτητα, πορεία, κ.λπ. για τα σημεία που το ραντάρ δεν μπορεί να τα αποτυπώσει (πχ για στόχους μέσα σε καταιγίδα, στόχοι πίσω από στεριά). Αυτά τα δεδομένα όμως για να τα μεταδώσει το σύστημα AIS, τα λαμβάνει από το GPS.

Κεφάλαιο 4ο

GPS & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

4.1 Το GPS και η ασφάλεια της ναυσιπλοΐας

Καθώς η τεχνολογία κινεί πλέον τα νήματα κάθε τομέα της παγκόσμιας οικονομίας το ζήτημα της κυβερνοασφάλειας αποκτά κομβική σημασία για κάθε βιομηχανία. Με δεδομένο ότι περίπου το 90% του παγκόσμιου εμπορίου διεξάγεται δια θαλάσσης, ο κίνδυνος είναι πολύ μεγάλος για να αγνοηθεί. Ειδικά, το σύστημα GPS που είναι από τα σημαντικότερα ηλεκτρονικά βοηθήματα της ναυτιλιακής βιομηχανίας λόγω της σχεδόν απόλυτης εξάρτησης των σύγχρονων πλοίων από αυτό. Έτσι, ενώ τα αεροσκάφη διαθέτουν μια σειρά από δευτερεύοντα συστήματα για να προσδιορίσουν τη θέση τους σε περίπτωση αστοχίας του GPS, τα πλοία δεν έχουν παρόμοια λύση. Όπως έχει διαπιστωθεί, το βασικό πρόβλημα του GPS είναι το εξαιρετικά αδύναμο σήμα του, καθώς λαμβάνει και στέλνει πληροφορίες σε δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη.

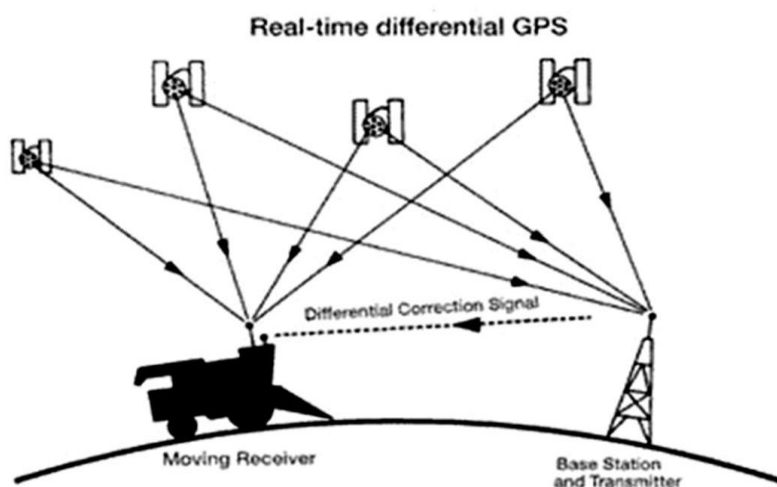
Εκ των ανωτέρω, το προφανές συμπέρασμα είναι ότι ένα «τυφλό» πλοίο είναι ένα εξαιρετικά επικίνδυνο πλοίο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά ατυχήματα. Είναι, όμως, και ένα πλοίο το οποίο για την ναυτιλιακή εταιρεία της κοστίζει πολλά χρήματα. Σε αντίθεση με την εδραιωμένη άποψη ότι η ναυτιλία ούτως ή άλλως είναι μια εξαιρετικά κερδοφόρος βιομηχανία, στην πραγματικότητα η μεταφορά εμπορευμάτων στη θάλασσα απαιτεί αυστηρό προγραμματισμό και εκτέλεση υψηλής ακριβείας για να καταστεί κερδοφόρος. Ειδικά, μάλιστα τα τελευταία χρόνια καθώς ο ναυτιλιακός κλάδος έχει δει τα κέρδη ανά πλοίο να μειώνονται κατά 70%, σε σύγκριση με την περίοδο πριν 2008-09. Κανένας πλοιοκτήτης δεν είναι πλέον διατεθειμένος να «απωλέσει» έστω και μία ημέρα ταξιδιού, όπως και καμία από τις εταιρείες που μεταφέρουν τα εμπορεύματα τους μέσω θαλάσσιων οδών. Κάθε ημέρα μετράει για τον ναύλο και η γενικότερη οικονομική κατάσταση σήμερα δεν επιτρέπει παρεκκλίσεις.

Επίσης ένα μη «ασφαλές» πλοίο είναι ένα πλοίο που δύσκολα θα μπορέσει να ασφαλιστεί. Οι περισσότερες ασφαλιστικές εταιρείες προβλέπουν εξαίρεση σε περίπτωση κυβερνοεπίθεσης, γεγονός που μετακυλίζει το κόστος της όποιας ζημιάς στα συστήματα του πλοίου ή στο φορτίο, προς τους πλοιοκτήτες. Σύμφωνα με τους ειδικούς του ναυτασφαλιστικού χώρου, ευθύνες για την απροθυμία των ασφαλιστικών εταιρειών φέρει και η ναυτιλιακή βιομηχανία στο σύνολό της, αφού ακόμα δεν έχει καθορίσει με σαφήνεια ποια συστήματα θεωρεί ευάλωτα και ποια λιγότερο ευάλωτα ενώ επιπλέον δεν έχει προχωρήσει στην υιοθέτηση επαρκών λύσεων ασφαλείας στις ηλεκτρονικές υποδομές των πλοίων.

Όπως διαφαίνεται, όταν οι ναυτιλιακές εταιρείες καταφέρουν να κατανοήσουν πλήρως και να συμβαδίσουν με τις καταγιστικές εξελίξεις που έφερε η τεχνολογία στα υπολογιστικά συστήματα, τα οποία ευρέως πλέον χρησιμοποιούνται και από την ναυτιλία, τότε θα βρίσκονται στην καλύτερη δυνατή θέση για να μεταφέρουν το εναπομείναν ρίσκο στις ασφαλιστικές εταιρείες. Προς το παρόν όμως, μια τέτοια εξέλιξη δεν διαφαίνεται να λαμβάνει χώρα, τουλάχιστον εντός των επομένων 1-2 ετών, με αποτέλεσμα η κατάσταση αυτή να συνεχίζεται.

4.2 Συστήματα ενίσχυσης του GPS

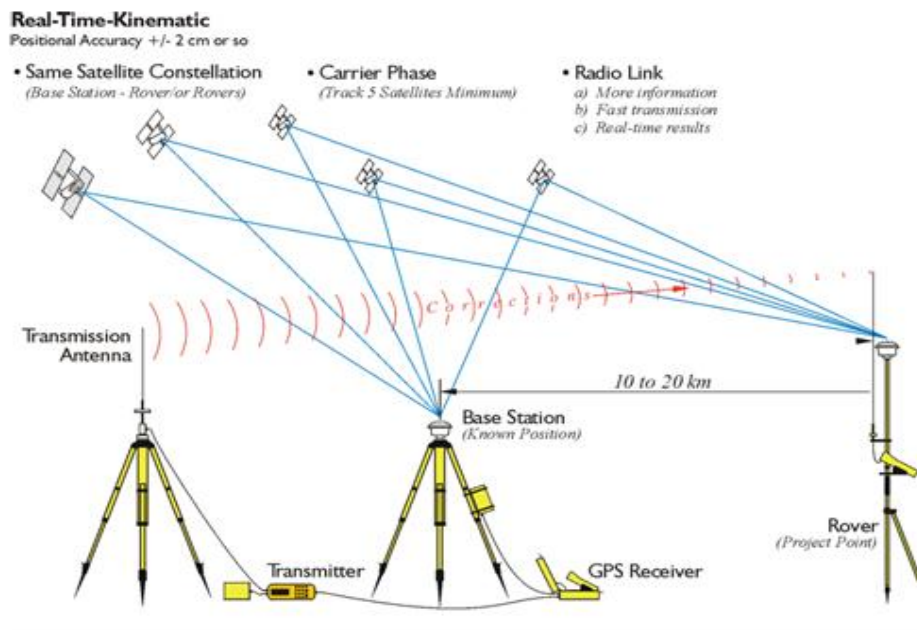
Η ακρίβεια του συστήματος GPS κυμαίνεται μεταξύ 1-10 μέτρων. Για αυτό δημιουργήθηκαν συστήματα που βελτιώνουν την ακρίβεια του σήματος φτάνοντας ακόμα και σε ακρίβεια ενός εκατοστού. Τα πιο γνωστά συστήματα ενίσχυσης του GPS είναι τα D-GPS και RTK – GPS.



Εικόνα 21: Αναπαράσταση του συστήματος DGPS

Το διαφορικό σύστημα DGPS (DifferentialGPS) (Εικόνα 22) είναι ένας τύπος GPS που χρησιμοποιεί ένα σήμα από επίγειους δέκτες για να διορθώσει το σφάλμα που υπάρχει. Το σήμα αυτό προέρχεται από επίγειους σταθμούς των οποίων η θέση είναι γνωστή και λαμβάνοντας οι ίδιοι το σήμα από τους δορυφόρους κάνουν τη διόρθωση και εκπέμπουν το σφάλμα. Η ακρίβεια του συστήματος κυμαίνεται μεταξύ 30cm-1m. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν παρόμοια συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν δορυφόρους για εκπομπή διόρθωσης του σφάλματος αντί για σταθμούς εδάφους.

Το RTK-GPS (Εικόνα 23) είναι μια τεχνική προσδιορισμού θέσης που βασίζεται στη μέτρηση του φέροντος σήματος του GPS όπου ένας επίγειος σταθμός παρέχει τη διόρθωση σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια ακόμη και ενός εκατοστού. Το RTK-GPS αποτελείται από έναν σταθερό σταθμό, που λαμβάνει σήμα από τους δορυφόρους και εκπέμπει σήμα προς τον δέκτη GPS που κινείται.



Εικόνα 22: Απεικόνιση λειτουργίας του συστήματος RTK-GPS

Ο δέκτης, εκτός από τα δεδομένα του σταθερού σταθμού, λαμβάνει και τις δικές του μετρήσεις που τις συνδυάζει, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια στον προσδιορισμό θέσης. Αν και το σύστημα RTK-GPS έχει βρει εφαρμογή πρώτα στην γεωργία και στην τοπογραφία, εντούτοις η τεχνολογία – ενσωματώνοντας κάποιες μετατροπές - είναι διαθέσιμη για χρήση και από την ναυτιλία, αξιοποιώντας τα δεδομένα αυξημένης ακρίβειας μέτρησης που προσφέρουν οι επίγειοι σταθμοί.



Εικόνα 23: RTK-GPS – Σταθερός σταθμός (base station) διόρθωσης σφάλματος.

Η επικοινωνία μεταξύ των δυο δεκτών απαιτεί ειδικό λογισμικό, καθώς και ένα σύστημα ασύρματης επικοινωνίας. Η επικοινωνία των περισσότερων λογισμικών που παρέχουν σε

πραγματικό χρόνο πληροφορίες θέσης, ταχύτητας και χρόνου, υπολογισμένες από δέκτες GPS, γίνεται με τη χρήση του μηνύματος NMEA. Ο όρος NMEA (National Maritime Electronics Association) εκφράζει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ διαφόρων τύπων ηλεκτρονικών συσκευών και, κατά συνέπεια, και μεταξύ δεκτών GPS.

4.3 Σχόλια και προτάσεις για το μέλλον του GPS

Το GPS σήμερα ως το πλέον διαδεδομένο σύστημα προσδιορισμού θέσης μπορεί να παράγει ακριβή αποτελέσματα, αυτοματοποιημένα και με καταβολή της ελάχιστης προσπάθειας από μέρους του χρήστη, ενώ παράλληλα παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και βελτιωμένη απόδοση από συστήματα παλαιότερης τεχνολογίας. Ειδικά ως προς την απόδοσή του και τις νέες δυνατότητες που το GPS εισήγαγε στην ναυσιπλοΐα, αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο, ασύγκριτο με ότι είχε προϋπάρξει πριν από την εισαγωγή του σε χρήση.

Ωστόσο, παρά τα εξαιρετικά οφέλη του, έπειτα από τόσα χρόνια χρήσης, έχουν διαπιστωθεί σοβαρά μειονεκτήματα τα οποία χρειάζονται βελτιώσεις. Συγκεκριμένα, καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, οι απαιτήσεις αυξάνονται και πλέον η ανάγκη για απόλυτη ακρίβεια είναι απαραίτητη για την αποφυγή λαθών που μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρότερες καταστάσεις όπως ναυτικά ατυχήματα ή ακόμα και δυστυχήματα με ανθρώπινες όσο και υλικές απώλειες καθώς και με εξαιρετικά αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Μια σημαντική αδυναμία που πρέπει να επιλυθεί - και γίνονται προσπάθειες ως προς αυτή την κατεύθυνση όπως σημειώθηκε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο - είναι οι εσφαλμένες μετρήσεις που καταγράφουν οι δέκτες του συστήματος λόγω της ύπαρξης (κυρίως) ισχυρών παρεμβολών.

Πιο συγκεκριμένα, αν οι παρεμβολές έλθουν σε επαφή με την λήψη του σήματος, τα αποτελέσματα των μετρήσεων του GPS υστερούν σημαντικά σε ακρίβεια. Για παράδειγμα, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ακόμη και παρεμβολές που προέρχονται από το ραδιοφωνικό σήμα μπορούν επίσης να διαταράξουν την ακρίβεια του GPS. Τέλος, η λήψη του σήματος μέσω δορυφόρου σημαίνει επίσης ότι το GPS δεν μπορεί να τεθεί σε χρήση όταν οποιαδήποτε συσκευή GPS αποκλειστεί από την άμεση θέαση του ουρανού στον ορίζοντα.

Επομένως, η επίδραση των παρεμβολών εισάγει ένα σημαντικό σφάλμα το οποίο πρέπει να διορθωθεί με οριστικό και λειτουργικό τρόπο. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οποιαδήποτε αλλαγή στην τοποθέτηση ενός δορυφόρου στο ευρύτερο δίκτυο δορυφόρων μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια του συστήματος GPS και επομένως να αλλοιώσει την αποτελεσματικότητα των μετρήσεων του. Οι μετατοπίσεις των δορυφόρων είναι μια εξαιρετικά σύνθετη και απαιτητική διαδικασία η οποία μάλιστα έχει μεγάλο κόστος κυρίως στο επιχειρησιακό όριο χρήσης κάθε δορυφόρου αφού αναγκαστικά γίνεται χρήση των ραδιενεργών ισotόπων που κάθε δορυφόρος διαθέτει για την παραγωγή ενέργειας ώστε να μετακινηθεί στο

αχανές διάστημα, είτε σε μια άλλη τροχιά, είτε για λόγους διόρθωσης της ήδη υπάρχουσας τροχιάς του.

Τέλος θα πρέπει να βρεθεί επίσης τρόπος διόρθωσης των σφαλμάτων μέτρησης και εκπομπής σήματος τα οποία προέρχονται από τις κεραιές κάθε δορυφόρου διότι έχουν αρνητικές συνέπειες όταν πρόκειται για περιπτώσεις όπου η απόλυτη ακρίβεια της θέσεως είναι απαραίτητη.

Η εξακολούθηση της χρήσης του GPS ως κύριου συστήματος προσδιορισμού θέσης στο απώτερο μέλλον, θα πρέπει να προσδιοριστεί όχι μόνο από τις δυνατότητες (ή/και τις αδυναμίες) του ίδιου του συστήματος μεμονωμένα αλλά και υπό το πρίσμα των πλέον πρόσφατων εξελίξεων στον χώρο της ναυτιλίας.

Οι δυνατότητες που παρέχονται σήμερα μέσω των «Ολοκληρωμένων Συστημάτων Ναυτιλίας» (INS) και των «Ολοκληρωμένων Συστημάτων Γέφυρας» (IBS), μπορούν να επιτύχουν τον καλύτερο συνδυασμό των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού θέσεως - κινήσεως του πλοίου, του ηλεκτρονικού χάρτη, των συστημάτων παρακολούθησης της ναυτιλιακής κίνησης – αποφυγής συγκρούσεως, των συστημάτων πηδαλιούχησης - προώσεως και των συστημάτων επικοινωνιών.

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, οι ναυτικοί σε παλαιότερες εποχές ήταν αναγκασμένοι να επεξεργάζονται αποσπασματικές πληροφορίες σε διαδοχικά στάδια, τις οποίες μετέπειτα έπρεπε να συσχετίζουν, να αναλύουν και να συνδυάζουν, προκειμένου να προσδιορίσουν τους ελιγμούς και την πορεία που θα πρέπει να ακολουθήσει το πλοίο. Η διαδικασία κατανόησης του συνόλου της πληροφορίας από την μια πλευρά ήταν αρκετά χρονοβόρα και συμπεριλάμβανε παλινδρομήσεις από στάδιο σε στάδιο, είτε για λόγους επαλήθευσης των αποτελεσμάτων, είτε γιατί υπήρχε φόρτος εργασίας, ανά στάδιο, που οδηγούσε σε απώλεια της συνολικής εικόνας.

Στην περίπτωση που συνυπολογιστεί το γενικότερο πρόβλημα που ανακύπτει, ο ρυθμός μετάδοσης των παραμέτρων του περιβάλλοντος είναι ταχύτερος του κύκλου λήψεως αποφάσεως του μελλοντικού χειρισμού. Έτσι, ακόμα και αν ναυτικός έχει αρκετή εμπειρία και έχει υπολογίσει ορθά τόσο τη θέση και την κίνηση του πλοίου του, όσο και των υπολοίπων πλοίων της περιοχής που επιχειρεί, ο χρόνος που είναι απαραίτητος για τους υπολογισμούς των στοιχείων είναι σημαντικός διότι αυτά έχουν ήδη μεταβληθεί. Το χρονικό διάστημα αυτό είναι που χαρακτηρίζει και την σημαντικότητα του αυτοματισμού που αποδεικνύεται ιδιαίτερα πολύτιμος.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα ναυτιλίας, παρέχει τη δυνατότητα της άμεσης συσχέτισης και του συνδυασμού των πληροφοριών, μέσω της πλέον εργονομικής αναπαράστασής τους, σε κοινό απεικονιστικό μέσο. Έτσι ο ναυτικός δεν αποσπάται σε χρονοβόρες αναλύσεις, αλλά ασχολείται αποκλειστικά με τον αναγκαίο ελιγμό. Τα προαναφερθέντα, καταδεικνύονται με την εξέταση

ενός παραδείγματος εύρεσης στίγματος και υποτύπωσης της ναυτιλιακής κίνησης κατά την εκτέλεση ακτοπλοΐας.

Βάσει όλων των ανωτέρω, είναι αδύνατο ένα σύστημα όπως το GPS, απλά να σταματήσει να υπάρχει ή να πάψει να χρησιμοποιείται για εμπορικές εφαρμογές. Ο χώρος που το αξιοποίησε εκτενώς και όπως όλα δείχνουν θα εξακολουθήσει να το αξιοποιεί και στο εγγύς μέλλον, η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία, έχει βασιστεί τόσο πολύ στην λειτουργία του, σε σημείο που ο μέσος παρατηρητής να συνδέει την ναυσιπλοΐα απαραίτητα με την χρήση του συστήματος GPS.

Εξάλλου, η ναυτιλιακή βιομηχανία υπήρξε και θα εξακολουθήσει να αποτελεί τον «φυσικό χώρο» για την περαιτέρω ανάπτυξη, βελτίωση και αναβάθμιση του συστήματος GPS καθώς οι ανάγκες είναι τέτοιες που απαιτούν την συμβολή του GPS στην διεκπεραίωση σύνθετων επιχειρήσεων όπως π.χ. η πόντιση και τοποθέτηση υποβρύχιων καλωδίων τηλεπικοινωνιών, της παροχής ρεύματος ή της εγκατάστασης υποβρύχιων αγωγών όπως επίσης και η δυναμική τοποθέτηση πλωτών εξεδρών άντλησης πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και ειδικών για τον σκοπό αυτό σκαφών ανεφοδιασμού πλωτών εγκαταστάσεων κ.α.

Είναι δε τόσο συνυφασμένοι μεταξύ τους οι όροι «πλοίο» και «GPS» όπου στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι αδύνατο για τον μέσο παρατηρητή να κατανοήσει πώς μπορεί να είναι εφικτή και να πραγματοποιείται με την μέγιστη δυνατή ασφάλεια η ναυσιπλοΐα, δίχως την ουσιαστική συμβολή των δυνατοτήτων που προσδίδει το σύστημα GPS στο πλοίο.

Εν κατακλείδι, το σύστημα GPS αποτελεί κομβικής σημασίας «πολυεργαλείο» για την απρόσκοπτη διεξαγωγή και επιτυχή ολοκλήρωση κάθε πλου, για καθένα από τα δεκάδες χιλιάδες εμπορικά πλοία όλων των τύπων και όλων των χωρητικοτήτων που εκτελούν καθημερινά δρομολόγια στους Ωκεανούς της Γης, όπως επίσης και για τους εκατομμύρια άλλους χρήστες ανά την υφήλιο που χρειάζονται δίπλα τους, συνεχώς ένα αξιόπιστο «σύντροφο», έναν ακούραστο βοηθό ώστε να βρίσκουν κάθε φορά με ασφάλεια απάνεμο λιμένα για να επιστρέφουν.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο ΝΑΥΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	5
1.1 Γενικά για τα Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα (Ν.Η.Ο.).....	5
1.2 Ραδιοεντοπιστής (RADAR) & Ραντάρ ARPA.....	9
1.3 Καταγραφέας Δεδομένων Ταξιδιού (Vessel Data Recorder).....	11
1.4 Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης (Automatic Identification System).....	12
1.5 Σύστημα Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών (ECDIS).....	14
1.6 Δρομόμετρα.....	16
Κεφάλαιο 2 ^ο ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ GPS.....	17
2.1 Περιγραφή του Συστήματος Δορυφόρων GPS.....	17
2.2 Αρχή Λειτουργίας του Συστήματος Δορυφόρων GPS.....	19
2.3 Παρατηρούμενα μεγέθη του συστήματος GPS.....	20
2.4 Σφάλματα μετρήσεων.....	22
2.5 Δορυφορικά σφάλματα.....	23
2.6 Σφάλματα δεκτών GPS.....	24
2.7 Επίδραση της Ιονόσφαιρας.....	24
2.8 Επίδραση της Τροπόσφαιρας.....	25
2.9 Πολυανάκλαση του σήματος.....	25
2.10 Αναβάθμιση του συστήματος GPS.....	26
Κεφάλαιο 3 ^ο ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ GPS ΣΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ.....	27
3.1 Το GPS ως όργανο Ναυσιπλοΐας.....	27
3.2 Βασικές δυνατότητες τυπικού Ναυτιλιακού δέκτη GPS.....	28
3.3 Επιπρόσθετες δυνατότητες επαγγελματικών Ναυτιλιακών δεκτών GPS.....	30
3.4 Ενδεικτικές αξιοποιήσεις των δυνατοτήτων των Ναυτιλιακών δεκτών GPS.....	31
3.4.1 Ασφάλεια αγκυροβολίας.....	31
3.4.2 Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας από συγκεκριμένους κινδύνους κατά τον πλου.....	32
3.4.3 Υπολογισμός πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας και ταχύτητας.....	34
3.4.4 Υπολογισμός διευθύνσεως και εντάσεως θαλάσσιου ρεύματος.....	35
3.4.5 Μετατροπή συντεταγμένων.....	36
3.5 Το GPS και τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας/Γέφυρας.....	36
3.5.1 GPS και ECDIS.....	39
3.5.2 GPS και AIS.....	41
3.5.3 GPS και RADAR/ARPA.....	44
Κεφάλαιο 4 ^ο GPS & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ.....	45
4.1 Το GPS και η ασφάλεια της ναυσιπλοΐας.....	45
4.2 Συστήματα ενίσχυσης του GPS.....	46
4.3 Σχόλια και προτάσεις για το μέλλον του GPS.....	48

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Ηλεκτρονικά συστήματα και βοηθήματα γέφυρας πλοίου.....	9
--	---

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Η γέφυρα ενός σύγχρονου πλοίου	6
Εικόνα 2: Τα Ναυτικά ηλεκτρονικά όργανα μιας γέφυρας πλοίου	7
Εικόνα 3: Οθόνη σύγχρονου ψηφιακού ραντάρ της Kelvin Hughes	10
Εικόνα 4: Καταγραφέας Δεδομένων Ταξιδιού εγκατεστημένος πλησίον της γέφυρας και εξωτερικά	12
Εικόνα 5: Οθόνη λειτουργιών και απεικόνισης συστήματος AIS.....	13
Εικόνα 6: Σύστημα ECDIS σε λειτουργία.....	15
Εικόνα 7: Σταθμοί επίγειου ελέγχου.....	18
Εικόνα 8: Βασικά τμήματα ενός παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος Ναυτιλίας GNSS	19
Εικόνα 9: Η αρχή του τριπλευρισμού. Το σημείο τομής των τριών κύκλων είναι το σημείο θέσης.....	19
Εικόνα 10: Αρχή λειτουργίας του GPS. Το σημείο τομής των «σφαιρών» είναι το σημείο θέσης	20
Εικόνα 11: Τα σφάλματα κατά τη διαδρομή του σήματος GPS	23
Εικόνα 12: Ναυτιλιακός δέκτης GNSS. Κεραία και δέκτης έχουν ενσωματωθεί σε μία μονάδα.....	27
Εικόνα 13: Μονάδα «Απεικόνισης και ελέγχου Ναυτικών Ηλεκτρονικών Οργάνων» για διασύνδεση με: δέκτες GNSS, δορυφορικές πυξίδες, δρομόμετρα κ.ά.	28
Εικόνα 14: Σχεδίαση δρομολογίου με διαδοχικά σημεία αλλαγής πορείας.....	29
Εικόνα 15: Ασφάλεια αγκυροβολίας με δέκτη GPS.....	32
Εικόνα 16: Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας με δέκτη GPS.....	34
Εικόνα 17: Υπολογισμός πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας	34
Εικόνα 18: Υπολογισμός διευθύνσεως και εντάσεως θαλάσσιου ρεύματος με δέκτη GPS.....	36
Εικόνα 19: Ταυτόχρονη απεικόνιση πληροφοριών ECDIS, GPS, Radar/ARPA και AIS	37
Εικόνα 20: Όργανα, αισθητήρες και συστήματα προσδιορισμού θέσεως συγκροτούν το ECDIS.....	39
Εικόνα 21: Αναπαράσταση του συστήματος DGPS.....	46
Εικόνα 22: Απεικόνιση λειτουργίας του συστήματος RTK-GPS	47
Εικόνα 23: RTK-GPS – Σταθερός σταθμός (base station) διόρθωσης σφάλματος.	47

Βιβλιογραφία

- Βλάχος Γ.Π., (1999), «Εμπορική ναυτιλία και θαλάσσιο περιβάλλον», Πειραιάς: Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα
- Βλάχος, Γ.Π., και Αλεξόπουλος, Α., Β., (1996), «Διεθνείς Οργανισμοί και Ναυτιλιακή Πολιτική», Εκδόσεις Σταμούλη
- Γιαννίου, Μ., (2010), «Τεχνικές και συστήματα πλοήγησης», ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ, Σπουδαστικές Σημειώσεις, Τμήμα Τοπογραφίας .
- Παλληράκης, Α., Κατσούλης, Γ. & Δαλακλής, Δ. (2016). Βιβλίο. Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα και συστήματα και Συστήματα Ηλεκτρονικού Χάρτη ECDIS. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Παλληκάρης, Α., (2010), «Διερεύνηση και επίλυση προβλημάτων Ναυσιπλοΐας και οπτικοποίηση δρομολογίων πλου μεγάλων αποστάσεων σε συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη», Διδακτορική Διατριβή
- Παλληράκης, Α., Κατσούλης, Γ. & Δαλακλής, Δ. (2008). Βιβλίο. Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Παραδείσης Δ. (2000) Σημειώσεις Δορυφορικής Γεωδαισίας. Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου, Τομέας Τοπογραφίας, ΕΜΠ.
- Φωτίου Α. και Πικριδάς Χ., 2006. GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- El-Rabbany, A. (2006). “Introduction to GPS: The Global Positioning System”, 2nd ed. Boston, MA: Artech House.
- European Union. (2010). European GNSS (Galileo) open service: Signal in space interface control document. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Grant. P. et. al. (2009). “GPS Jamming and the Impact on Maritime Navigation”. Journal of Navigation, 62, pp 173-187. doi:10.1017/S0373463308005213.
- Grewal, M., Andrews, A., Barthone, C., (2013). Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration: Hoboken, New Jersey, Wiley-Interscience.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. and Wasle, E. (2008). GNSS-global navigation satellite systems. Wien: Springer.
- IMO, (2008), “Development of an e-Navigation Strategy”, Sub-Committee on safety of Navigation. NAV 54/13

Διαδικτυακές Πηγές

http://www.navipedia.net/index.php/Main_Page
<http://www.unavco.org/>
<http://dionysos.survey.ntua.gr/>
<http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/hgeod/DSO/DSOmain.htm>
http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation
<http://www.gps.gov/>
<http://www.insidegnss.com/>
<http://www.e---nautilia.gr>
<http://www.sealandair.gr>
www.wikipedia.org
http://www.e---nautilia.gr/blog---post_9778/
www.wikipedia.org/El.wikipedia.org/wiki/Εξάντρας
http://eu.mio.com/el_gr/global---positioning---system_what---is---gps.htm
http://el.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
http://eu.mio.com/el_gr/global---positioning---system_what---signal---does---gps---
http://eu.mio.com/el_gr/global---positioning---system_how---does---gps---work.htm
http://eu.mio.com/el_gr/global---positioning---system_what---is---trilateration.htm
<https://www.google.com/patents/US4983980>
<http://maredu.gunet.gr>
<https://el.wikipedia.org/wiki/Galileo>
<http://www.gsa.europa.eu/galileo/why---galileo>
<https://limitofadvance.wordpress.com>
<http://www.pcsteps.gr>
<http://ninglu-fishfinder.en.made-in-china.com>
<http://www.bpress.cn>
<http://www.nauticexpo.com>
<http://www.wirelessdictionary.com>
<http://eu.mio.com>
https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_radar
<https://www.marineinsight.com/marine-navigation/marine-radars-and-their-use-in-the-shipping-industry/>
<https://www.marineinsight.com/marine-navigation/marine-navigation-systems-and-electronic-tools-used-by-ships-pilot/>
<https://www.bourbonoffshore.com/en/offshore/bridge-bourbon-liberty-101-episode-1>
