



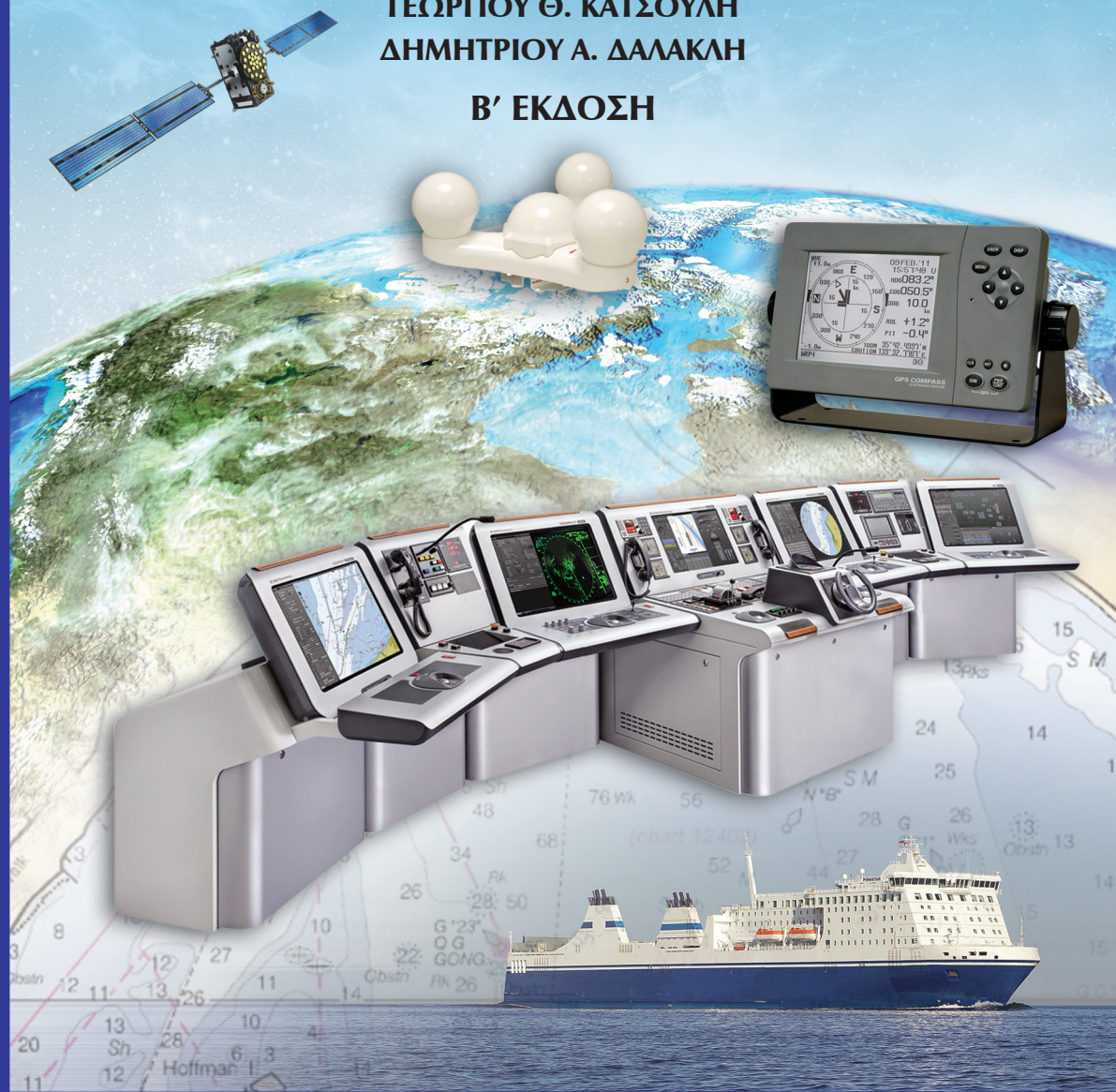
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ  
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ  
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

# ΝΑΥΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ECDIS

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Η. ΠΑΛΗΚΑΡΗ  
ΓΕΩΡΓΙΟΥ Θ. ΚΑΤΣΟΥΛΗ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Α. ΔΑΛΑΚΗ

Β' ΕΚΔΟΣΗ



ΑΘΗΝΑ 2018

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## Κεφάλαιο Πρώτο

### Συστήματα συντεταγμένων ηλεκτρονικής ναυτιλίας

1.1	Εισαγωγή στα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς. . . . .	1
1.2	Φυσική επιφάνεια της Γης, γεωειδές και ελλειψοειδές εκ περιστροφής. . . . .	2
1.3	Ελλειψοειδές αναφοράς και γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $\varphi$ , $\lambda$ , $h$ ).. . . .	3
1.4	Παγκόσμια, περιφερειακά και τοπικά γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς. . . . .	5
1.5	Ελλειπτικές και καρτεσιανές γεωδαιτικές συντεταγμένες.. . . .	7
1.6	Μετατροπές γεωδαιτικών συντεταγμένων σε διαφορετικά γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς. . . . .	8
1.7	Εφαρμογές γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς στη ναυτιλία.. . . .	10
1.8	Υποτύπωση στίγματος δορυφορικών δεκτών στον έντυπο ναυτικό χάρτη.. . . .	11
1.9	Γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς και συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη. . . . .	12
1.10	Παγκόσμιο Σύστημα Αναφοράς Θέσεως (UTM).. . . . .	13
1.11	Μετασχηματισμός συντεταγμένων με το ελεύθερο λογισμικό GEOTRANS.. . . .	16
1.12	Κίνδυνοι ναυτικών ατυχημάτων λόγω λανθασμένης χρήσεως γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς. . .	17

## Κεφάλαιο Δεύτερο

### Ναυτικές πυξίδες

2.1	Εισαγωγή. . . . .	19
2.2	Το ελεύθερο γυροσκόπιο.. . . .	19
2.2.1	Ορισμός και περιγραφή. . . . .	19
2.2.2	Ιδιότητες του γυροσκοπίου. . . . .	21
2.2.3	Συμπεριφορά του ελεύθερου γυροσκοπίου σε σχέση με το επίπεδο του ορίζοντα στα διάφορα πλάτη της Γης.. . . .	29
2.3	Το γυροσκόπιο με εξαναγκασμένη εκπομπή φωτός σε δακτύλιο (φωτογυροσκόπιο ή γυροσκόπιο laser).. . . . .	31
2.3.1	Περιγραφή και ιδιότητες.. . . .	31
2.3.2	Αρχή λειτουργίας. . . . .	32
2.4	Γυροσκόπιο μαγνητικού συντονισμού πυρήνα.. . . .	36
2.4.1	Περιγραφή και ιδιότητες.. . . .	36
2.4.2	Αρχή λειτουργίας. . . . .	37
2.5	Η μαγνητική πυξίδα.. . . . .	40
2.5.1	Γενικά χαρακτηριστικά μαγνητικής πυξίδας. . . . .	40
2.5.2	Σύγχρονες μαγνητικές πυξίδες. . . . .	41
2.6	Η ηλεκτρομηχανική γυροσκοπική πυξίδα. . . . .	44
2.6.1	Τεχνικές μετατροπής του ελεύθερου γυροσκοπίου σε γυροσκοπική πυξίδα. . . . .	44
2.6.2	Εξαναγκασμός του ελεύθερου γυροσκοπίου να αναζητεί τον Βορρά. . . . .	45

2.6.3 Προσανατολισμός στον Βορρά και αποκατάσταση του άξονα περιστροφής στον μεσημβρινό..	46
2.6.4 Η χρήση του βαλλιστικού υγρού..	48
2.6.5 Η σταθεροποίηση του άξονα περιστροφής στον μεσημβρινό..	50
2.6.6 Χρόνος ενεργοποίησης των ηλεκτρομηχανικών γυροσκοπικών πυξίδων..	51
2.6.7 Σφάλματα των γυροσκοπικών πυξίδων..	51
2.7 Ψηφιακές γυροσκοπικές πυξίδες και πυξίδες εξαναγκασμένης εκπομπής φωτός (laser) με οπτικό δακτύλιο ή περιέλιξη οπτικής ίνας..	55
2.7.1 Οι ψηφιακές γυροσκοπικές πυξίδες..	55
2.7.2 Γυροσκοπικές πυξίδες laser με οπτικό δακτύλιο ή περιέλιξη οπτικής ίνας..	56
2.8 Δορυφορικές πυξίδες..	58
2.9 Επαναλήπτες και ενδείκτες πυξίδων..	60
2.9.1 Ηλεκτρομηχανικοί επαναλήπτες πυξίδων..	60
2.9.2 Ψηφιακοί επαναλήπτες/ενδείκτες..	61
2.9.3 Σύνθετος ενδείκτης πληροφοριών κατευθύνσεως..	61
2.10 Ανίχνευση και αποκατάσταση βλαβών στις σύγχρονες πυξίδες..	61
2.11 Συμπεράσματα..	62

### Κεφάλαιο Τρίτο

#### Αυτόματα πηδάλια και συστήματα πηδαλιουχίας

3.1 Τρόποι πηδαλιουχίας και μηχανισμός πηδαλίου..	63
3.2 Αρχές αυτόματης πηδαλιουχίας..	66
3.3 Γενική αρχιτεκτονική και λειτουργία του συστήματος πηδαλιουχίας..	68
3.3.1 Ηλεκτρικός έλεγχος της στροφής του πηδαλίου..	68
3.3.2 Θέσεις και μέθοδοι πηδαλιουχίας..	70
3.3.3 Ρυθμίσεις του Αυτόματου Συστήματος Πηδαλιουχίας..	71
3.4 Ψηφιακά Προσαρμόσιμο Αυτόματο Σύστημα Πηδαλιουχίας..	71
3.5 Δοκιμές και γυμνάσια συστήματος πηδαλιουχίας..	74
3.6 Σύνοψη και συμπεράσματα..	74

### Κεφάλαιο Τέταρτο

#### Δρομόμετρα

4.1 Εισαγωγή..	77
4.2 Ταχύτητα ως προς το νερό και ταχύτητα ως προς το βυθό..	77
4.3 Δρομόμετρα έλικας..	78
4.4 Δρομόμετρα πίεσεως (μετρήσεως της ταχύτητας μέσω της μεταβολής της πίεσεως του νερού)..	79
4.5 Μέτρηση της ταχύτητας με δρομόμετρο ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής..	80
4.6 Το δρομόμετρο Doppler – Γενική περιγραφή λειτουργίας του..	81
4.6.1 Φαινόμενο Doppler..	82
4.6.2 Μέθοδος μετρήσεως της ταχύτητας με το δρομόμετρο Doppler..	83
4.6.3 Η τεχνολογία των πολλαπλών ηχητικών δεσμών..	84
4.6.4 Βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων με στατιστικές μεθόδους..	85
4.6.5 Σφάλματα δρομομέτρου Doppler..	86
4.6.6 Πρόσφατες εξελίξεις στα δρομόμετρα Doppler..	87
4.6.7 Τυπικές πληροφορίες ενδείκτη δρομομέτρου Doppler..	88

4.7 Το δρομόμετρο ακουστικής συσχέτισης – Γενική περιγραφή λειτουργίας του.....	88
4.7.1 Μέθοδος μετρήσεως της ταχύτητας με το δρομόμετρο ακουστικής συσχέτισης.....	89
4.7.2 Βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων.....	90
4.7.3 Πλεονεκτήματα του δρομομέτρου ακουστικής συσχέτισης έναντι του δρομομέτρου Doppler.....	91
4.8 Αντιπροσωπευτικοί ενδείκτες δρομομέτρων.....	92

### **Κεφάλαιο Πέμπτο** **Ηχοβολιστικές συσκευές**

5.1 Αρχή λειτουργίας και βασικά χαρακτηριστικά ηχοβολιστικών συσκευών.....	95
5.2 Κατηγορίες ηχοβολιστικών συσκευών.....	98
5.3 Μέρη της κλασικής ηχοβολιστικής συσκευής.....	99
5.4 Γενική περιγραφή των χαρακτηριστικών διαμορφώσεως του ηχητικού κύματος.....	101
5.4.1 Συχνότητα.....	102
5.4.2 Διάρκεια παλμού.....	103
5.4.3 Συχνότητα Επαναλήψεως Παλμών.....	104
5.5 Ανάλυση και ερμηνεία του ηχογράμματος.....	108
5.6 Σφάλματα στη μέτρηση του βάθους με ηχοβολιστικές συσκευές.....	112
5.7 Βαθμονόμηση ηχοβολιστικής συσκευής με τη μέθοδο του τεχνητού βυθού.....	115
5.8 Συμπεράσματα.....	116

### **Κεφάλαιο Έκτο** **Συστήματα υποβοηθήσεως πλευρίσεως**

6.1 Γενικά περί των συστημάτων υποβοηθήσεως πλευρίσεως.....	117
6.2 Μέθοδος λειτουργίας συστημάτων υποβοηθήσεως πλευρίσεως.....	117
6.2.1 Χρήση ακουστικών, μικροκυματικών και Laser αισθητήρων για τον προσδιορισμό της θέσεως και κινήσεως του πλοίου.....	119
6.2.2 Χρήση της τεχνικής GNSS/RTK για τον προσδιορισμό της θέσεως και κινήσεως του καταφθάνοντος πλοίου.....	119
6.3 Υποδομή συστήματος υποβοηθήσεως πλευρίσεως και διασυνδεδεμένος εξοπλισμός.....	120
6.3.1 Μετεωρολογικός σταθμός ελέγχου.....	121
6.3.2 Σταθμός ελέγχου προσδέσεως.....	122
6.3.3 Κύριος σταθμός ελέγχου.....	123
6.3.4 Φορητός σταθμός.....	124
6.3.5 Ενδείκτες.....	124
6.3.6 Παραβλήματα.....	125

### **Κεφάλαιο Έβδομο** **Συστήματα ταυτοποίησης πλοίων AIS-LRIT**

7.1 Γενική περιγραφή του συστήματος AIS.....	127
7.2 Το τηλεπικοινωνιακό μοντέλο του AIS.....	129
7.3 Τύποι πομποδεκτών AIS.....	134
7.4 Σύνθεση της πληροφορίας AIS.....	135
7.5 Διασυνδεδεμένος εξοπλισμός με το σύστημα AIS.....	136

7.6	Σύμβολα του συστήματος AIS.....	136
7.7	Τα πλεονεκτήματα του συστήματος AIS.....	138
7.7.1	Αναγνώριση της ταυτότητας του στόχου.....	138
7.7.2	Αύξηση της εμβέλειας του Radar.....	138
7.7.3	Εντοπισμός στόχου που αποκρύπτεται από την ξηρά.....	138
7.7.4	Πρόγνωση ίχνους.....	139
7.7.5	Ασφάλεια.....	140
7.8	Συσχέτιση/παραλληλισμός πληροφοριών στόχων AIS και Radar/ARPA.....	140
7.9	Γενική αποτίμηση του συστήματος AIS.....	142
7.10	Εξελίξεις του συστήματος AIS – Το σύστημα Αναγνωρίσεως και Παρακολουθήσεως Πλοίων Μεγάλης Εμβέλειας LRIT.....	143

### Κεφάλαιο Όγδοο

#### Καταγραφείς δεδομένων ταξιδιού (VDR-VDR/S) και πορειογράφοι

8.1	Ναυτικά ατυχήματα και η ανάγκη καταγραφής των δεδομένων ταξιδιού.....	147
8.2	Καταγραφή των στοιχείων ναυσιπλοΐας του σκάφους με σύστημα VDR και ενδεικτική κατασκευή του.....	148
8.3	Κανονισμοί που αναφέρονται στην εγκατάσταση συστημάτων VDR-VDR/S.....	154
8.4	Καταγραφή δεδομένων ταξιδιού με πορειογράφο.....	156
8.4.1	Πορειογράφος με καταγραφικό χαρτί.....	157
8.4.2	Τράπεζες υποτυπώσεως πορείας σε έντυπο ναυτικό χάρτη.....	158
8.4.3	Πορειογράφοι με ηλεκτρονικό χάρτη.....	158

### Κεφάλαιο Ένατο

#### Γενικές αρχές λειτουργίας των συστημάτων Δορυφορικής Ναυτιλίας GNSS

9.1	Ιστορική εξέλιξη, σημερινή κατάσταση και προοπτικές των συστημάτων δορυφορικής ναυτιλίας.....	159
9.1.1	Η δημιουργία των πρώτων συστημάτων δορυφορικής ναυτιλίας (1960–1970).....	159
9.1.2	Η εξέλιξη των συστημάτων δορυφορικής ναυτιλίας κατά τη δεκαετία του '80.....	160
9.2	Βασικές αρχές λειτουργίας των συγχρόνων συστημάτων δορυφορικής ναυτιλίας GNSS.....	162
9.3	Βασικά τμήματα ενός παγκόσμιου συστήματος δορυφορικής ναυτιλίας GNSS.....	163
9.3.1	Δορυφορικό τμήμα συστημάτων GNSS.....	164
9.3.2	Επίγειο Τμήμα συστημάτων GNSS.....	165
9.3.3	Τμήμα χρηστών συστημάτων GNSS.....	165
9.4	Γεωμετρία δορυφορικού προσδιορισμού θέσεως.....	166
9.4.1	Επεξήγηση της γεωμετρίας του δορυφορικού προσδιορισμού θέσεως με τα διανύσματα θέσεως.....	166
9.4.2	Επεξήγηση της γεωμετρίας του δορυφορικού προσδιορισμού θέσεως στην τομή σφαιρικών επιφανειών.....	167
9.5	Μέθοδοι μετρήσεως αποστάσεων δορυφόρου-δέκτη.....	168
9.5.1	Μέτρηση αποστάσεως με κώδικα ψευδοτυχαίας σειράς.....	168
9.5.2	Μέτρηση αποστάσεως με τη διαφορά φάσεως.....	170
9.6	Ταξινόμηση μεθόδων δορυφορικού προσδιορισμού θέσεως.....	171
9.7	Διαφορικός Προσδιορισμός Θέσεως.....	172
9.8	Κινηματικός προσδιορισμός θέσεως εκατοστομετρικής ακρίβειας σε πραγματικό χρόνο.....	173

9.8.1 Βασικά χαρακτηριστικά, δυνατότητες και περιορισμοί της τεχνικής RTK. ....	173
9.8.2 Συνοπτική παρουσίαση των βασικών αρχών της μεθόδου μετρήσεως φάσεως στην τεχνική RTK. ....	174
9.8.3 Προσδιορισμός θέσεως εκατοστομετρικής ακρίβειας σε πραγματικό χρόνο μεγάλης εμβέλειας. ....	175
9.9 Δορυφορικά σήματα. ....	175

## Κεφάλαιο Δέκατο

### Συνοπτική περιγραφή κυριοτέρων συστημάτων Δορυφορικής Ναυτιλίας

10.1 Κατηγορίες συστημάτων Δορυφορικής Ναυτιλίας. ....	179
10.1.1 Παγκόσμια και Περιφερειακά Συστήματα Δορυφορικής Ναυτιλίας. ....	179
10.1.2 Δορυφορικά και Επίγεια Συστήματα Επαυξήσεως. ....	179
10.2 Το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσεως GPS των ΗΠΑ. ....	181
10.2.1 Γενική περιγραφή του συστήματος GPS. ....	181
10.2.2 Διαστημικό τμήμα του GPS. ....	181
10.2.3 Επίγειο τμήμα ελέγχου του GPS. ....	182
10.2.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος GPS – Παρεχόμενες υπηρεσίες. ....	183
10.3 Το Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Ναυτιλίας Glonass της Ρωσίας. ....	184
10.3.1 Γενική περιγραφή του Glonass. ....	184
10.3.2 Διαστημικό τμήμα του Glonass. ....	185
10.3.3 Επίγειο τμήμα ελέγχου του Glonass. ....	185
10.3.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος Glonass-Παρεχόμενες υπηρεσίες. ....	186
10.4 Το Παγκόσμιο Σύστημα Galileo της Ευρωπαϊκής Ενώσεως. ....	186
10.4.1 Γενική περιγραφή του Galileo. ....	186
10.4.2 Διαστημικό τμήμα του Galileo. ....	187
10.4.3 Επίγειο τμήμα ελέγχου του Galileo. ....	187
10.4.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος Galileo – Παρεχόμενες υπηρεσίες. ....	188
10.5 Το Παγκόσμιο Σύστημα BeiDou (Compass) της Κίνας. ....	189
10.5.1 Γενική περιγραφή του BeiDou. ....	189
10.5.2 Διαστημικό τμήμα του BeiDou. ....	190
10.5.3 Επίγειο Τμήμα Ελέγχου BeiDou. ....	190
10.5.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος BeiDou – Παρεχόμενες υπηρεσίες. ....	191
10.6 Το δορυφορικό σύστημα επαυξήσεως EGNOS της Ευρωπαϊκής Ενώσεως. ....	191
10.6.1 Διαστημικό τμήμα του EGNOS. ....	191
10.6.2 Επίγειο τμήμα ελέγχου του EGNOS. ....	191
10.6.3 Τμήμα χρηστών του EGNOS. ....	192
10.7 Το σύστημα επαυξήσεως WAAS των ΗΠΑ. ....	192
10.7.1 Το διαστημικό τμήμα του WAAS. ....	192
10.7.2 Επίγειο τμήμα ελέγχου του WAAS. ....	192
10.7.3 Τμήμα χρηστών του WAAS. ....	193
10.8 Τα συστήματα επαυξήσεως QZSS και MSAS της Ιαπωνίας. ....	193
10.8.1 Το ημιζενιθιακό δορυφορικό σύστημα QZSS της Ιαπωνίας. ....	193
10.8.2 Το σύστημα επαυξήσεως MSAS της Ιαπωνίας. ....	194
10.9 Τα συστήματα GAGAN και IRNSS της Ινδίας. ....	194

## Κεφάλαιο Ενδέκατο Δορυφορικές τροχιές συστημάτων GNSS

11.1	Βασικές αρχές προσδιορισμού δορυφορικών τροχιών και προβλέψεως της θέσεως των δορυφόρων. . . . .	195
11.2	Οι Νόμοι του Kepler. . . . .	195
11.2.1	Πρώτος Νόμος του Kepler. . . . .	195
11.2.2	Δεύτερος Νόμος του Kepler. . . . .	196
11.2.3	Τρίτος Νόμος του Kepler. . . . .	196
11.3	Παράμετροι προσδιορισμού ελλειπτικών δορυφορικών τροχιών (Κεπλέρια στοιχεία).. . . . .	196
11.4	Πρόβλεψη θέσεως δορυφόρων.. . . .	198
11.4.1	Προσδιορισμός θέσεως δορυφόρων. . . . .	198
11.4.2	Δορυφορικές εφημερίδες και δορυφορικό ημερολόγιο. . . . .	199
11.4.3	Διαδικασία προσδιορισμού δορυφορικών εφημερίδων στο σύστημα GPS. . . . .	200
11.4.4	Παράδειγμα παραμέτρων προσδιορισμού δορυφορικών τροχιών (GPS). . . . .	200
11.5	Τύποι δορυφορικών τροχιών.. . . .	201
11.6	Επίγεια ίχνη δορυφόρων.. . . .	203
11.7	Γεωμετρία δορυφορικού σχηματισμού και ακρίβεια θέσεως δορυφορικού δέκτη.. . . . .	204
11.8	Συνοπτική συγκριτική παρουσίαση δορυφορικών τροχιών κυριότερων συστημάτων δορυφορικής ναυτιλίας. . . . .	205
11.9	Συμπεράσματα κεφαλαίου 11. . . . .	206

## Κεφάλαιο Δωδέκατο Δορυφορικά σήματα συστημάτων GNSS

12.1	Εισαγωγή. . . . .	207
12.2	Η συνάρτηση της ψηφιακής συσχέτισης και οι ιδιότητες της ψευδοτυχαίας σειράς.. . . .	207
12.3	Διαμόρφωση των δορυφορικών σημάτων. . . . .	208
12.4	Λειτουργία δορυφορικών δεκτών. . . . .	209
12.4.1	Αναγνώριση των δορυφόρων για την εξαγωγή σίγματος. . . . .	209
12.4.2	Υπολογισμός αποστάσεως δορυφόρου-δέκτη. . . . .	210
12.4.3	Αποδιαμόρφωση πολυπλεγμένου δορυφορικού σήματος πολλών δορυφόρων στην ίδια φέρουσα συχνότητα . . . . .	211
12.4.4	Δυσχέρεια υποκλοπής από μη συνεργαζόμενους χρήστες και αντοχή σε παρεμβολές . . . .	212
12.4.5	Κύκλος λειτουργίας δέκτη δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού θέσεως.. . . .	214
12.5	Νέα δορυφορικά σήματα για το σύστημα Galileo και το εκσυγχρονισμένο GPS. . . . .	214
12.6	Η διαμόρφωση των δορυφορικών σημάτων του GPS. . . . .	216
12.6.1	Κλασικό ναυτιλιακό μήνυμα NAV. . . . .	219
12.6.2	Ναυτιλιακά μηνύματα CNAV και MNAV. . . . .	221
12.7	Η διαμόρφωση των δορυφορικών σημάτων του Galileo. . . . .	222
12.7.1	Λεπτομερής ανάλυση των σημάτων του Galileo . . . . .	223
12.7.2	Ναυτιλιακά μηνύματα του συστήματος Galileo.. . . .	224
12.7.3	Κύκλος λειτουργίας του συστήματος Galileo. . . . .	225
12.8	Η διαμόρφωση των δορυφορικών σημάτων του Glonass.. . . .	226
12.9	Η διαμόρφωση των δορυφορικών σημάτων του BeiDou. . . . .	227
12.10	Συμπεράσματα. . . . .	227

### **Κεφάλαιο Δέκατο Τρίτο** **Ναυτιλιακός προσδιορισμός θέσεως συστημάτων GNSS**

13.1	Προσδιορισμός θέσεως ναυτιλιακού δέκτη GPS με μέτρηση ψευδοαποστάσεων. ....	229
13.2	Ναυτιλιακό στίγμα GPS τριών διαστάσεων και δύο διαστάσεων. ....	231
13.3	Τρόπος λειτουργίας τυπικού ναυτιλιακού δέκτη GPS. ....	232
13.4	Χρήση της μεθόδου διαφορικού δορυφορικού προσδιορισμού θέσεως στη ναυτιλία. ....	233
13.4.1	Βασικές αρχές διαφορικού δορυφορικού προσδιορισμού θέσεως στη ναυτιλία. ....	233
13.4.2	Διαφορικοί σταθμοί GPS/GNSS για τη ναυσιπλοΐα. ....	234
13.4.3	Εμβέλεια και ακρίβεια θέσεως διαφορικού GPS/GNSS. ....	237

### **Κεφάλαιο Δέκατο Τέταρτο** **Σφάλματα - Ακρίβεια συστημάτων GNSS**

14.1	Βασικοί παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια θέσεως του δορυφορικού δέκτη. ....	239
14.2	Σφάλματα δορυφορικών εφημερίδων (του συστήματος GPS). ....	239
14.3	Σφάλματα δορυφορικών χρονομέτρων και σφάλμα χρονομέτρου δέκτη. ....	240
14.3.1	Σφάλματα δορυφορικών χρονομέτρων. ....	240
14.3.2	Σφάλμα χρονομέτρου δέκτη. ....	240
14.4	Σφάλμα επιλεκτικής διαθεσιμότητας. ....	241
14.5	Σφάλματα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα. ....	241
14.6	Σφάλματα διαδόσεως στην τροπόσφαιρα. ....	242
14.7	Σφάλμα πολυανακλάσεως ή σφάλμα πολυκλαδικών παρεμβολών. ....	242
14.8	Γεωμετρία δορυφορικού σχηματισμού. Ευαισθησία αβεβαιότητας εντοπισμού. ....	242
14.9	Ισοδύναμη αβεβαιότητα στην απόσταση. ....	244
14.10	Προσδιορισμός ακρίβειας θέσεως δορυφορικού δέκτη. ....	244
14.11	Ακρίβεια θέσεως των συστημάτων GNSS. ....	245

### **Κεφάλαιο Δέκατο Πέμπτο** **Δορυφορικοί δεκτές GPS**

15.1	Ιστορική εξέλιξη και σημερινή κατάσταση των δεκτών GPS/GNSS. ....	247
15.2	Βασικές μονάδες ενός δέκτη GNSS. ....	248
15.3	Δέκτες GNSS λογισμικού. ....	251
15.4	Τεχνολογικές προκλήσεις των συγχρόνων δεκτών GNSS. ....	252
15.5	Κατηγορίες δεκτών GNSS. ....	254
15.6	Προοπτικές εξελίξεως δορυφορικών δεκτών. ....	257

### **Κεφάλαιο Δέκατο Έκτο** **Ναυτιλιακές χρήσεις των συστημάτων GNSS**

16.1	Ναυσιπλοΐα με το σύστημα GPS. ....	259
16.2	Βασικές δυνατότητες τυπικού ναυτιλιακού δέκτη GPS. ....	260
16.3	Επιπρόσθετες δυνατότητες επαγγελματικών ναυτιλιακών δεκτών GPS. ....	261
16.4	Βασικές ρυθμίσεις ναυτιλιακών δεκτών GPS. ....	261
16.5	Παραδείγματα αξιοποίησης δυνατοτήτων ναυτιλιακών δεκτών GPS. ....	262
16.5.1	Ασφάλεια αγκυροβολίας. ....	262
16.5.2	Τήρηση αποστάσεων ασφάλειας από συγκεκριμένους ναυτιλιακούς κινδύνους κατά τη διάρκεια του πλου. ....	263



16.5.3 Υπολογισμός πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας και ταχύτητας..	264
16.5.4 Υπολογισμός διευθύνσεως και εντάσεως θαλασσίου ρεύματος..	264
16.5.5 Μετατροπή συντεταγμένων..	265

### **Κεφάλαιο Δέκατο Έβδομο** **Το σύστημα Loran και eLoran**

17.1 Ιστορική εξέλιξη, σημερινή κατάσταση και προοπτικές του συστήματος Loran	267
17.2 Συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας.	269
17.2.1 Γενικές αρχές υπερβολικής ναυτιλίας.	269
17.2.2 Μέτρηση διαφοράς αποστάσεων με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου.	270
17.2.3 Μέτρηση διαφοράς αποστάσεων με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως.	273
17.2.4 Σύστημα ομοεσιών υπερβολών με σύγκριση φάσεως.	274
17.2.5 Η αβεβαιότητα διαύλου.	275
17.2.6 Ομάδες υπερβολών για τον προσδιορισμό του στίγματος.	276
17.2.7 Γεωμετρία υπερβολικών συστημάτων	276
17.3 Το σύστημα Loran-C.	278
17.3.1 Γενική περιγραφή του συστήματος Loran-C.	278
17.3.2 Εκπομπές σταθμών του συστήματος Loran-C.	278
17.3.3 Μέτρηση διαφοράς χρόνου στο σύστημα Loran-C.	279
17.3.4 Το πρόβλημα της αναμείξεως ουράνιου κύματος με κύμα εδάφους.	281
17.3.5 Σφάλματα και ακρίβεια του συστήματος Loran-C.	281
17.3.6 Γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες δεκτών Loran-C.	283
17.3.7 Τρόπος χρησιμοποίησης δέκτη Loran-C.	284
17.4 Το αναβαθμισμένο σύστημα eLoran.	286
17.4.1 Αρχές λειτουργίας και βασικές δυνατότητες του eLoran.	286
17.4.2 Δέκτες eLoran και GNSS	287
17.5 Περιοχές καλύψεως του Loran-C και του eLoran.	290

### **Κεφάλαιο Δέκατο Όγδοο** **Βασικές αρχές ναυσιπλοΐας με ηλεκτρονικούς χάρτες**

18.1 Ιστορική εξέλιξη μεθόδων ναυσιπλοΐας με ηλεκτρονικούς χάρτες.	293
18.2 Βασικές μονάδες ενός συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη.	294
18.3 Κατηγορίες συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη.	296
18.4 Κατηγορίες ηλεκτρονικών χαρτών.	297
18.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά χαρτών ψηφιδωτής μορφής.	297
18.4.2 Κατηγορίες και παραδείγματα χαρτών ψηφιδωτής μορφής.	298
18.4.3 Γενικά χαρακτηριστικά χαρτών διανυσματικής μορφής.	299
18.4.4 Κατηγορίες και παραδείγματα ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών διανυσματικής μορφής.	300
18.5 Σύγκριση χαρτών ψηφιδωτής και διανυσματικής μορφής.	303

### **Κεφάλαιο Δέκατο Ένατο** **Ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες (ENC)**

19.1 Γενικά χαρακτηριστικά και προδιαγραφές Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών (ENC).	305
19.1.1 Βασικές έννοιες και ορισμοί.	305

19.1.2	Κατηγορίες χρήσεως Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών.....	305
19.1.3	Προδιαγραφές εκδόσεως ENC. Τα πρότυπα S-57, S-100 και S-101 του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού .....	308
19.2	Δομή και περιεχόμενο των Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών.....	308
19.2.1	Χωρικά και περιγραφικά αντικείμενα .....	308
19.2.2	Τοπολογικό μοντέλο ENC. ....	310
19.3	Παραδείγματα εφαρμογής του τοπολογικού μοντέλου των ENC. ....	313
19.3.1	Περιγραφή και απεικόνιση σημειακών αντικειμένων (κύρια και δευτερεύοντα).....	313
19.3.2	Περιγραφή και απεικόνιση γραμμικών και επιφανειακών αντικειμένων.....	315
19.3.3	Συλλεκτικά περιγραφικά αντικείμενα.....	318
19.4	Διανομή και ενημέρωση ENC.....	320
19.5	Κρυπτογράφηση ENC.....	321

### Κεφάλαιο Εικοστό

#### Γενικά χαρακτηριστικά και βασικές λειτουργίες συστημάτων ECDIS

20.1	Νομικό καθεστώς ECDIS. ....	323
20.1.1	Βασικές αποφάσεις του IMO για το ECDIS. ....	323
20.1.2	Απαιτήσεις εκπαίδευσης στις μεθόδους ναυσιπλοΐας με το ECDIS. ....	324
20.2	Βασικοί ορισμοί των προδιαγραφών ECDIS του IMO. ....	325
20.3	Βασικές τεχνικές και λειτουργικές προδιαγραφές ECDIS. ....	326
20.4	Λειτουργία ECDIS για απεικόνιση RNC και άλλων ηλεκτρονικών χαρτών (σύστημα RCDS).....	326
20.5	Λειτουργικές – Ναυτιλιακές δυνατότητες ECDIS.....	327
20.6	Καταστάσεις λειτουργίας του ECDIS.....	328
20.7	Βάση Δεδομένων Ηλεκτρονικού Ναυτιλιακού Χάρτη Συστήματος SENC και Βάση δεδομένων Ναυτικών Χαρτών Ψηφιδωτής μορφής SRNC. ....	329
20.8	Βιβλιοθήκη χαρτογραφικών συμβόλων του ECDIS. ....	330
20.9	Κλίμακα απεικονιζόμενων Ηλεκτρονικών Χαρτών – Παράμετρος ελάχιστης κλίμακας SCAMIN. ....	332
20.10	Απεικόνιση αβαθών περιοχών. ....	334
20.11	Επιλογή πυκνότητας απεικονιζόμενων χαρτογραφικών πληροφοριών.....	334
20.11.1	Συνήθης απεικόνιση.....	335
20.11.2	Βασική απεικόνιση.....	335
20.11.3	Απεικόνιση άλλων πληροφοριών.....	335
20.12	Ρύθμιση οθόνης στις συνθήκες περιβάλλοντος φωτισμού.....	338
20.13	Απεικόνιση συμπληρωματικών πληροφοριών της βάσεως δεδομένων SENC. ....	338
20.14	Συμβολισμός περιοχών ειδικών συνθηκών.....	339
20.15	Εκτέλεση διαδικασιών κλασικής ναυτιλίας με το ECDIS.....	340
20.15.1	Σχεδίαση γραμμών θέσεως και χειρωνακτική υποτύπωση στίγματος στο ECDIS. ....	341
20.15.2	Σχεδίαση διοπεύσεων ασφαλείας και οριοθέτηση επικινδύνων περιοχών στο ECDIS. .	341
20.15.3	Αναγραφή ιδιοχείρων σημειώσεων στον ηλεκτρονικό χάρτη του ECDIS. ....	341
20.16	Ενδείξεις καταστάσεως και σήματα κινδύνου. ....	345

### Κεφάλαιο Εικοστό Πρώτο

#### Προετοιμασία και σχεδίαση πλου με το ECDIS

21.1	Βασικές διαδικασίες προετοιμασίας πλου με το ECDIS.....	349
------	---	-----

21.1.1 Καταχώρηση στοιχείων σκάφους στο ECDIS. ....	349
21.1.2 Έλεγχος και συμπλήρωση της βάσεως δεδομένων Ηλεκτρονικού Χάρτη SENC. ....	350
21.2 Προμήθεια, εγκατάσταση και διόρθωση Ηλεκτρονικών Χαρτών στο ECDIS. ....	350
21.2.1 Ενημέρωση των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών (ENC) στο ECDIS. ....	351
21.2.2 Εγκατάσταση και διόρθωση ναυτικών χαρτών ψηφιδωτής μορφής RNC. ....	353
21.3 Σχεδίαση δρομολογίου πλου με το ECDIS. ....	354
21.4 Έλεγχος και επικύρωση σχεδιασθέντος δρομολογίου. ....	358
21.5 Καθορισμός σημείων στροφής πηδαλίου. ....	359
21.6 Σχεδίαση πλου μεγάλων αποστάσεων και υπολογισμός στοιχείων λοξοδρομικού, ορθοδρομικού και μεικτού πλου στο ECDIS. ....	360

### **Κεφάλαιο Εικοστό Δεύτερο** **Εκτέλεση και υποτύπωση πλου με το ECDIS**

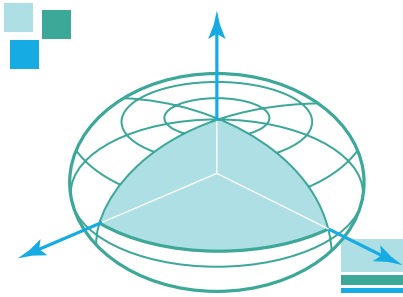
22.1 Δυνατότητες του ECDIS στην κατάσταση λειτουργίας «Παρακολούθηση Πλου».....	363
22.2 Προσανατολισμός ηλεκτρονικού χάρτη. ....	364
22.3 Απεικόνιση θέσεως και πορείας σκάφους.....	364
22.4 Απεικόνιση αληθούς ή σχετικής κινήσεως. ....	366
22.5 Απεικόνιση δρομολογίου πλου και θέσεων (στιγμάτων) του πλοίου. ....	367
22.6 Πρόβλεψη μελλοντικής θέσεως πλοίου και προσομοίωση χειρισμού. ....	369
22.7 Διασύνδεση του ECDIS με το σύστημα προσδιορισμού θέσεως.....	369
22.8 Διασύνδεση του ECDIS με τη γυροπυξίδα και το δρομόμετρο.....	370
22.9 Διασύνδεση του ECDIS με το ναυτιλιακό Radar και το σύστημα αυτόματης υποτύπωσης στόχων (ARPA).....	371
22.10 Διασύνδεση ECDIS με το AIS.....	373
22.11 Απεικόνιση πληροφοριών μεταβλητού ή και προσωρινού χαρακτήρα. ....	375
22.12 Εκτέλεση ναυτιλίας αναμετρήσεως στο ECDIS. ....	375
22.13 Προειδοποιήσεις και σήματα κινδύνου. ....	377
22.14 Καταγραφή και ανάκτηση στοιχείων πλου στο ECDIS. ....	378
22.15 Εφεδρικό σύστημα ασφαλείας ECDIS. ....	380

### **Κεφάλαιο Εικοστό Τρίτο** **Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας και Ολοκληρωμένα Συστήματα Γέφυρας**

23.1 Η εξέλιξη στις μεθόδους ναυσιπλοΐας. ....	383
23.2 Ολοκληρωμένα συστήματα ναυτιλίας. ....	385
23.2.1 ECDIS και Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας.....	385
23.2.2 Αύξηση του βαθμού ολοκλήρωσεως – Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και το πλεονέκτημα του επιχειρησιακού συστήματος ναυτιλίας. ....	386
23.3 Ολοκληρωμένα συστήματα γέφυρας.....	394
23.3.1 Μετάβαση από τα ολοκληρωμένα συστήματα ναυτιλίας στα ολοκληρωμένα συστήματα γέφυρας. ....	394
23.3.2 Βασικές αρχές χρήσεως των ολοκληρωμένων συστημάτων γέφυρας. ....	396
23.3.3 Ακρίβεια των παρεχομένων στοιχείων.....	396
23.3.4 Τακτική και στρατηγική αξιοποίηση του ολοκληρωμένου συστήματος γέφυρας.....	397
23.3.5 Οι επιπτώσεις της λανθασμένης χρήσεως της οθόνης εργασίας.....	400
23.4 Ναυτιλιακά πρωτόκολλα ανταλλαγής δεδομένων. ....	401

23.4.1 Γενικά περί πρωτοκόλλων ανταλλαγής δεδομένων. ....	401
23.4.2 Γενικά περί πρωτοκόλλων NMEA. ....	401
23.4.3 Πρωτόκολλο NMEA 0183. ....	402
23.4.4 Μετάβαση από το πρωτόκολλο NMEA 0183, στο πρωτόκολλο NMEA 2000. ....	402
23.4.5 Το πρωτόκολλο NMEA 2000. ....	406
23.4.6 Πλεονεκτήματα εφαρμογών απλής επικοινωνίας σε σχέση με εφαρμογές δικτυακής επικοινωνίας. ....	410
23.4.7 Δικτυοκεντρική οργάνωση των συσκευών του πλοίου και μέλλον. ....	413
23.5 Τυπικό ολοκληρωμένο σύστημα γέφυρας. ....	413
23.6 Το Σύστημα Συναγερμού Φυλακής Γεφύρας (BNWAS). ....	416
23.7 Γενικά συμπεράσματα και διδάγματα. ....	418





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

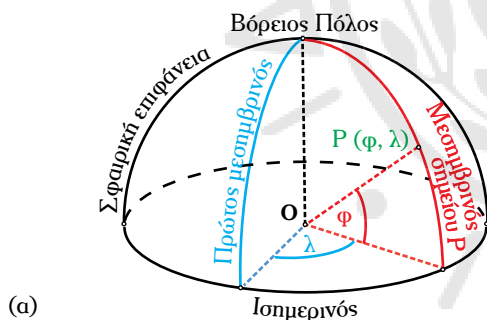
### Συστήματα συντεταγμένων ηλεκτρονικής ναυτιλίας

#### 1.1 Εισαγωγή στα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς.

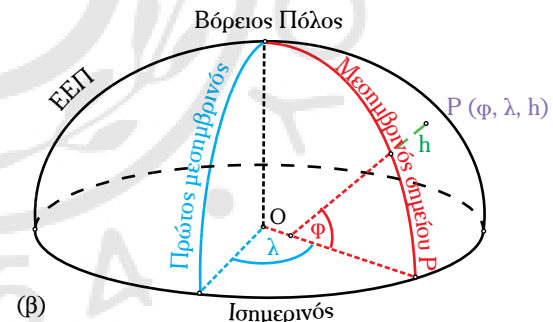
Για να είναι σε θέση ο αξιωματικός φυλακής γέφυρας και ο πλοίαρχος να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες της μεγάλης ακρίβειας των δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσεως και των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη, πρέπει να γνωρίζουν να χρησιμοποιούν σωστά το κατά περίπτωση κατάλληλο **Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς** (ΓΣΑ) (Geodetic Datum). Τα ΓΣΑ είναι συστήματα γεωγραφικών συντεταγμένων, τα οποία στηρίζονται στο ελλειψοειδές σχήμα της Γης και όχι στην προσέγγισή του με την επιφάνεια της σφαίρας που χρησιμοποιείται στην κλασική ναυτιλία. Εν τούτοις, όταν η χρήση των ΓΣΑ δεν γίνεται με τον σωστό τρόπο, αντί να βελτιώσει την ακρίβεια των μεθόδων της κλασικής

ναυτιλίας, ενδέχεται να οδηγήσει στο ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα, δημιουργώντας πολύ μεγαλύτερο σφάλμα θέσεως, το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να ξεπεράσει και το ένα χιλιόμετρο.

Στις μεθόδους της κλασικής ναυτιλίας, η θέση ενός σημείου στη γήινη επιφάνεια προσδιορίζεται με τις (σφαιρικές) γεωγραφικές συντεταγμένες  $(\varphi, \lambda)$ , οι οποίες βασίζονται στην παραδοχή ότι η επιφάνεια της Γης προσεγγίζεται ως μία σφαίρα [σχ. 1.1(a)]. Η απλοποιημένη αυτή προσέγγιση του σχήματος της Γης με την επιφάνεια μιας σφαίρας, αντί της ακριβέστερης προσεγγίσεως με την επιφάνεια ενός **Ελλειψοειδούς εκ Περιστροφής** (ΕΕΠ), παρέχει το πλεονέκτημα της ευκολότερης επίλυσης των προβλημάτων υπολογισμού διευθύνσεων και αποστάσεων, και του προσδιορισμού θέσεως (γεωγραφικού



(α)



(β)

#### Πλεονεκτήματα:

- Απλός και εύκολος προσδιορισμός θέσεως με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος  $(\varphi, \lambda)$ , που ορίζονται στην επιφάνεια της σφαίρας.
- Χρησιμοποίηση απλής επιφάνειας αναφοράς (σφαίρας) για την εύκολη επίλυση προβλημάτων υπολογισμού αποστάσεων και διευθύνσεων.

#### Μειονέκτημα:

- Μειωμένη ακρίβεια υπολογισμού αποστάσεων και διευθύνσεων, καθώς και γεωγραφικών συντεταγμένων  $(\varphi, \lambda)$  σε σχέση με τους αντίστοιχους υπολογισμούς στην επιφάνεια του ΕΕΠ.

#### Πλεονεκτήματα:

- Ακριβέστερη προσέγγιση του πραγματικού σχήματος της Γης.
- Πολύ μεγάλη ακρίβεια υπολογισμού αποστάσεων, διευθύνσεων και γεωδαιτικών συντεταγμένων  $(\varphi, \lambda, h)$ .

#### Μειονεκτήματα:

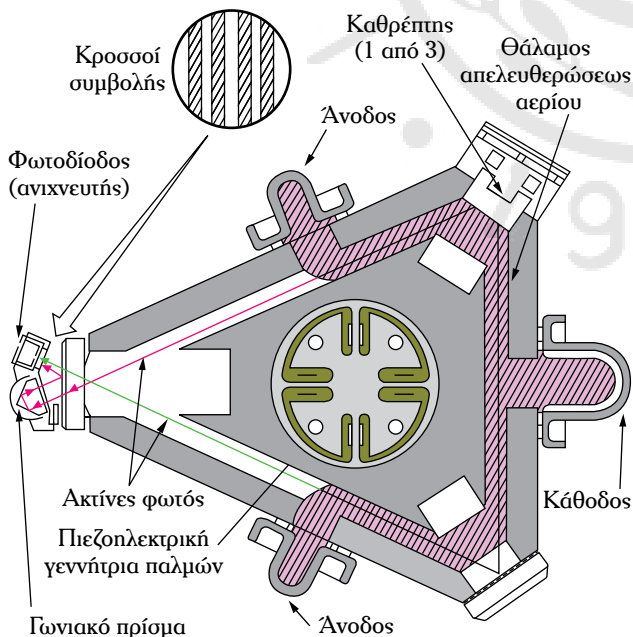
- Χρησιμοποίηση σύνθετης επιφάνειας αναφοράς (ΕΕΠ με μεταβαλλόμενη καμπυλότητα).
- Εκτέλεση συνθέτων και πολυπλόκων υπολογισμών.
- Κίνδυνος δημιουργίας πολύ μεγάλου σφάλματος θέσεως αν δεν χρησιμοποιηθούν οι σωστές παράμετροι του χρησιμοποιούμενου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς.

Σχ. 1.1

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της προσεγγίσεως της επιφάνειας της Γης (α) ως σφαίρα και (β) ως Ελλειψοειδές εκ Περιστροφής (ΕΕΠ).

χνότητες από τις δύο αντιθέτως κινούμενες δέσμες είναι ίδιες. Όταν όμως ο δακτύλιος laser (άρα και το πλοίο) περιστραφεί γύρω από άξονα κάθετο στο επίπεδό του, τότε παράγεται μια διαφορά συχνότητας μεταξύ των δύο δεσμών φωτός. Μικρή ποσότητα φωτός από τις δύο δέσμες laser, περνάει μέσα από το ένα από τα τρία κάτοπτρα, το οποίο είναι ημιπερατό από το φως (ποσοστό λιγότερο του 0,2%). Οι συχνότητες από τις δύο δέσμες συνδυάζονται (συμβάλλουν) και παράγουν μια συχνότητα συμβολής, η οποία παρουσιάζεται με τη μορφή **κροσσών συμβολής** (fringe pattern), όπως διακρίνουμε στο σχήμα 2.3ζ. Όταν οι συχνότητες των δύο δεσμών φωτός διαφέρουν, δημιουργούνται κροσσοί συμβολής από διαδοχικές σκούρες και φωτεινές λωρίδες. Μία **φωτοδίοδος** (readout detector) «αισθάνεται» (δηλ. καταγράφει) τον βαθμό και την κατεύθυνση της κίνησης των κροσσών συμβολής. Τα στοιχεία αυτά δείχνουν το μέγεθος και τη διεύθυνση της περιστροφής του δακτυλίου laser.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια πολύ χαμηλών ρυθμών περιστροφής (χαμηλών γωνιακών ταχυτήτων, δηλ. όταν για παράδειγμα διατηρούμε για μεγάλο χρονικό διάστημα την ίδια κατεύθυνση), παρατηρείται σύζευξη των δύο δεσμών φωτός, εξαιτίας της πολύ μικρής διαφοράς στις συχνότητές τους. Στην περίπτωση αυτή «κλειδώνουν» οι δύο συχνότητες σε μία συχνότητα λανθασμένης τιμής, κατά συνέπεια θα



**Σχ. 2.3ζ**

Αναλυτική παρουσίαση του γυροσκοπίου με εξαναγκασμένη εκπομπή φωτός.

μπορούσε να πει κάποιος ότι το γυροσκόπιο μεταπίπτει σε ένα είδος «λήθαργου». Για την εξουδετέρωση του φαινομένου αυτού, τοποθετείται ένας κινητήρας ή μηχανισμός πιεζοηλεκτρικού τύπου στο κέντρο του δακτυλίου laser, με σκοπό να δονεί περιστροφικά το γυροσκόπιο, ούτως ώστε αυτό να βρίσκεται έξω από την περιοχή της συζεύξεως των δεσμών laser. Η συνολική έξοδος του συστήματος από τον περιστροφικό αυτό κραδασμό είναι μηδέν, ούτως ώστε να μην επηρεάζει την κανονική λειτουργία του αισθητήρα. Η λειτουργία του πιεζοηλεκτρικού αυτού κινητήρα γίνεται αντιληπτή σαν ένας πολύ απαλός βόμβος.

Συνοπτικά, οι γυροπυξίδες laser διαθέτουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις αντίστοιχες ηλεκτρομηχανικές:

- 1) Υψηλή ακρίβεια.
- 2) Αυξημένη σταθερότητα λειτουργίας σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- 3) Αυξημένη σταθερότητα λειτουργίας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.
- 4) Μεγάλο μέσο χρόνο μεταξύ βλαβών.
- 5) Χαμηλή ευαισθησία σε περιβαλλοντικούς παράγοντες (κραδασμοί, δονήσεις, κλυδωνισμοί, επιταχύνσεις κ.λπ.).

## 2.4 Γυροσκόπιο μαγνητικού συντονισμού πυρήνα.

### 2.4.1 Περιγραφή και ιδιότητες.

Από τη μελέτη των μηχανισμών τόσο του ηλεκτρομηχανικού γυροσκοπίου, όσο και του γυροσκοπίου laser, εξάγεται το συμπέρασμα ότι όλοι οι αισθητήρες που προσδιορίζουν την κατεύθυνση ενός πλοίου προκύπτουν με βάση μια κοινή λογική. Σύμφωνα με τη λογική αυτή, ένα τμήμα εντός της συσκευής περιστρέφεται, με μια ιδιότητά του να παραμένει σταθερή. Όταν όμως περιστραφεί και το πλαίσιο εντός του οποίου βρίσκεται η συσκευή, η ιδιότητα αυτή μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την περιστροφή του πλαισίου. Η ανίχνευση της μεταβολής της ιδιότητας οδηγεί στην αποκάλυψη της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του.

Στην περίπτωση του γυροσκοπίου μαγνητικού συντονισμού πυρήνα, ο πυρήνας ενός περιστρεφόμενου ατόμου λειτουργεί ακριβώς όπως ο σφόνδυλος στο μηχανικό γυροσκόπιο. Εμφανίζοντας (λόγω της περιστροφής ηλεκτρικού φορτίου γύρω από άξονα) ιδιότητες μαγνήτη, διατηρείται με τη βοήθεια ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου, προσανατολισμέ-

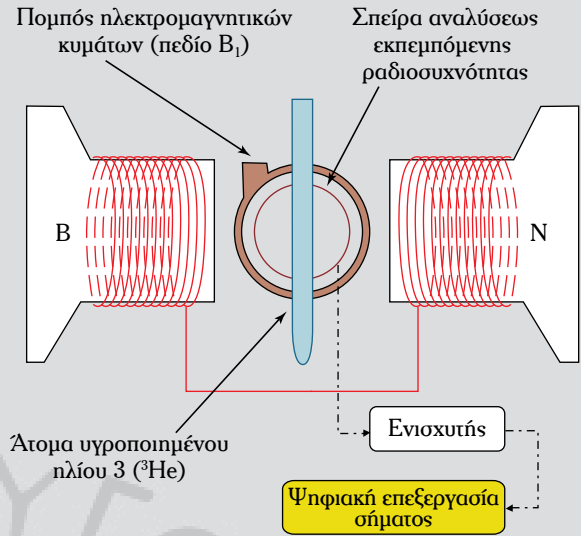
τον πυρήνα δεν ισούται πλέον με  $\omega_0$ , αλλά με:

$$\omega_{obs} = \omega_0 \pm \Omega. \quad (2.35)$$

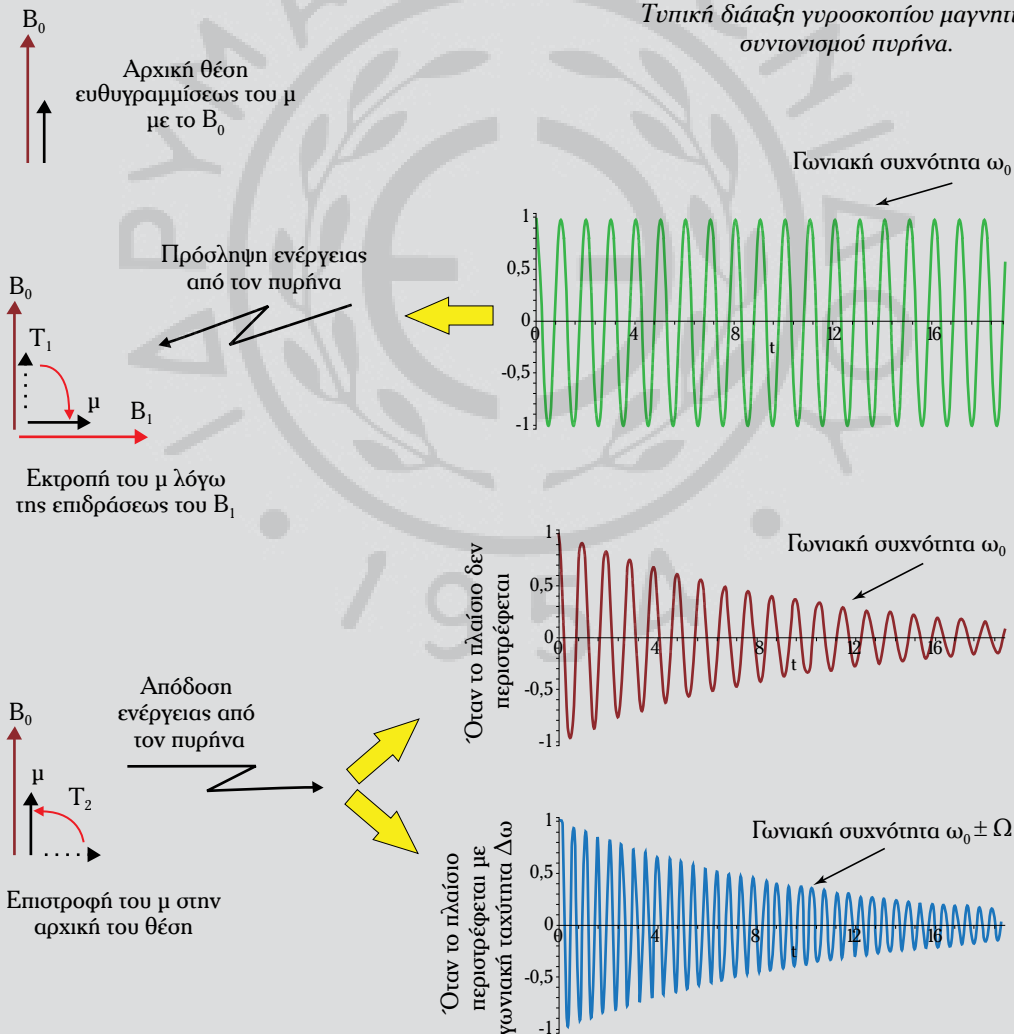
Επομένως, γνωρίζοντας τη συχνότητα του ραδιοκύματος που εκπέμφθηκε και συγκρίνοντάς την με την αντίστοιχη που λαμβάνεται, προκύπτει η  $\Omega$ . Στον επόμενο κύκλο λειτουργίας της συσκευής, το μαγνητικό πεδίο  $B_1$  θα φέρει και πάλι τον πυρήνα σε κατάσταση μεταπτώσεως προσδίδοντάς του ενέργεια, στη συνέχεια θα διακοπεί ώστε ο πυρήνας να επανέλθει στην κατακόρυφη θέση αποδίδοντας ενέργεια, θα μετρηθεί και πάλι η γωνιακή συχνότητα του εκπεμπόμενου από τον πυρήνα σήματος κ.ο.κ..

Η τυπική διάταξη ενός σύγχρονου γυροσκοπίου μαγνητικού συντονισμού πυρήνα παρουσιάζεται στο σχήμα 2.4ε.

Επί πλέον, στο σχήμα 2.4στ απεικονίζονται οι διάφορες φάσεις της λειτουργίας του γυροσκοπίου μαγνητικού συντονισμού πυρήνα. Αρχικά και πριν την επίδραση του ραδιοπαλμού, τα διανύσματα του μαγνητικού πεδίου  $B_0$  και της μαγνητικής ροπής  $\mu$  είναι παράλληλα μεταξύ τους. Στη συνέχεια, με την επίδραση του δεύτερου μαγνητικού πεδίου



**Σχ. 2.4ε**  
Τυπική διάταξη γυροσκοπίου μαγνητικού συντονισμού πυρήνα.



**Σχ. 2.4στ**  
Φάσεις λειτουργίας γυροσκοπίου μαγνητικού συντονισμού πυρήνα.

συνεχώς συγκρίνει την επιθυμητή πορεία με την πραγματική που τηρείται από το πλοίο, όπως αυτή παρέχεται από τη διασυνδεδεμένη πυξίδα, αδυνατεί να λειτουργήσει χωρίς την πληροφορία αυτή. Στο σχήμα 2.5ε, φαίνεται μία σύγχρονη κονσόλα πηδαλιουχίας. Δίπλα από τον σύγχρονο εξοπλισμό, είναι τοποθετημένη σε κεντρική θέση, μπροστά από

το πηδάλιο, η μαγνητική πυξίδα, ως ο πλέον παραδοσιακός αλλά και αξιόπιστος σύμμαχος του ναυτικού κατά την εκτέλεση του πλου.

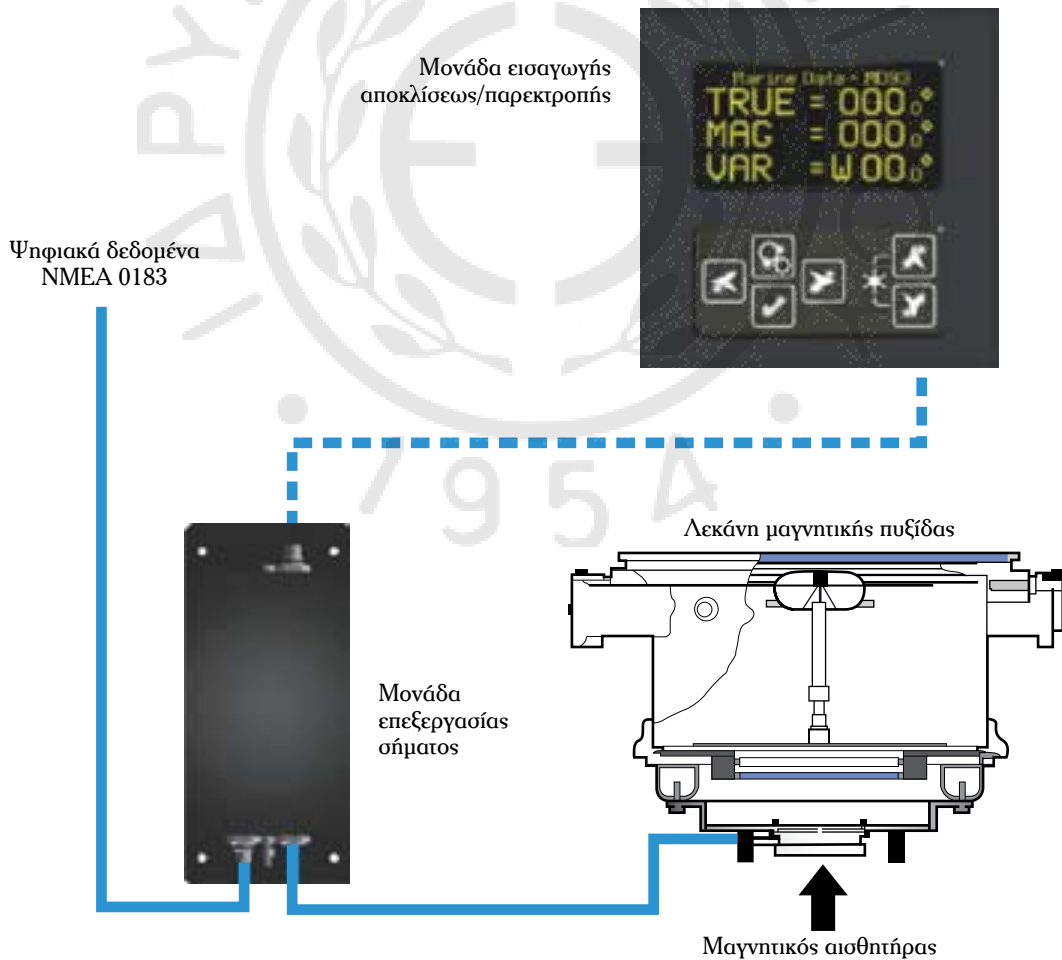
Προκειμένου να μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα η πληροφορία της πορείας που παρέχει η μαγνητική πυξίδα, τα σύγχρονα πλοία διαθέτουν διατάξεις όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.5στ.

Μαγνητική πυξίδα



**Σχ. 2.5ε**

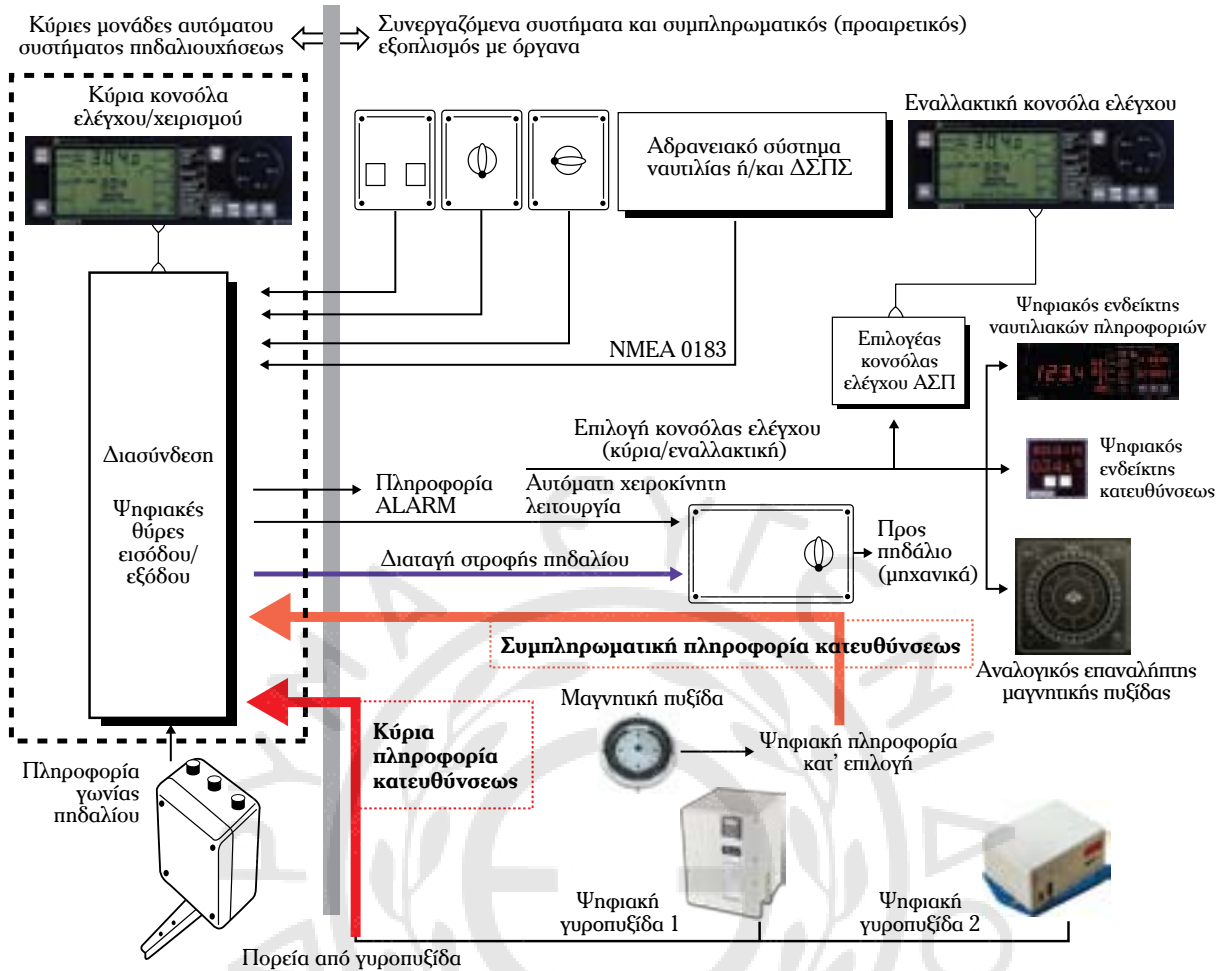
Σύγχρονη κονσόλα πηδαλιουχίας με τη μαγνητική πυξίδα σε κεντρική θέση.



**Σχ. 2.5στ**

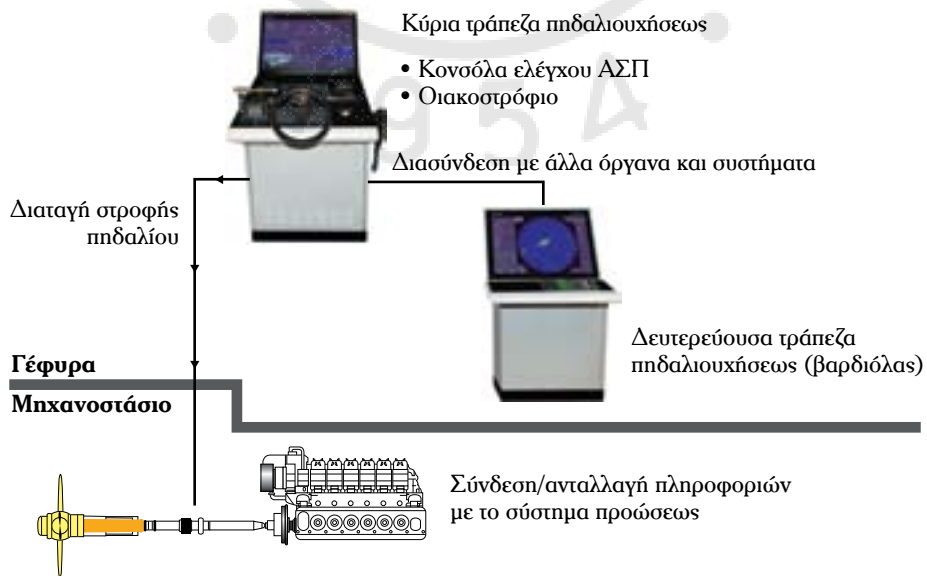
Τυπική διάταξη σύγχρονης μαγνητικής πυξίδας.





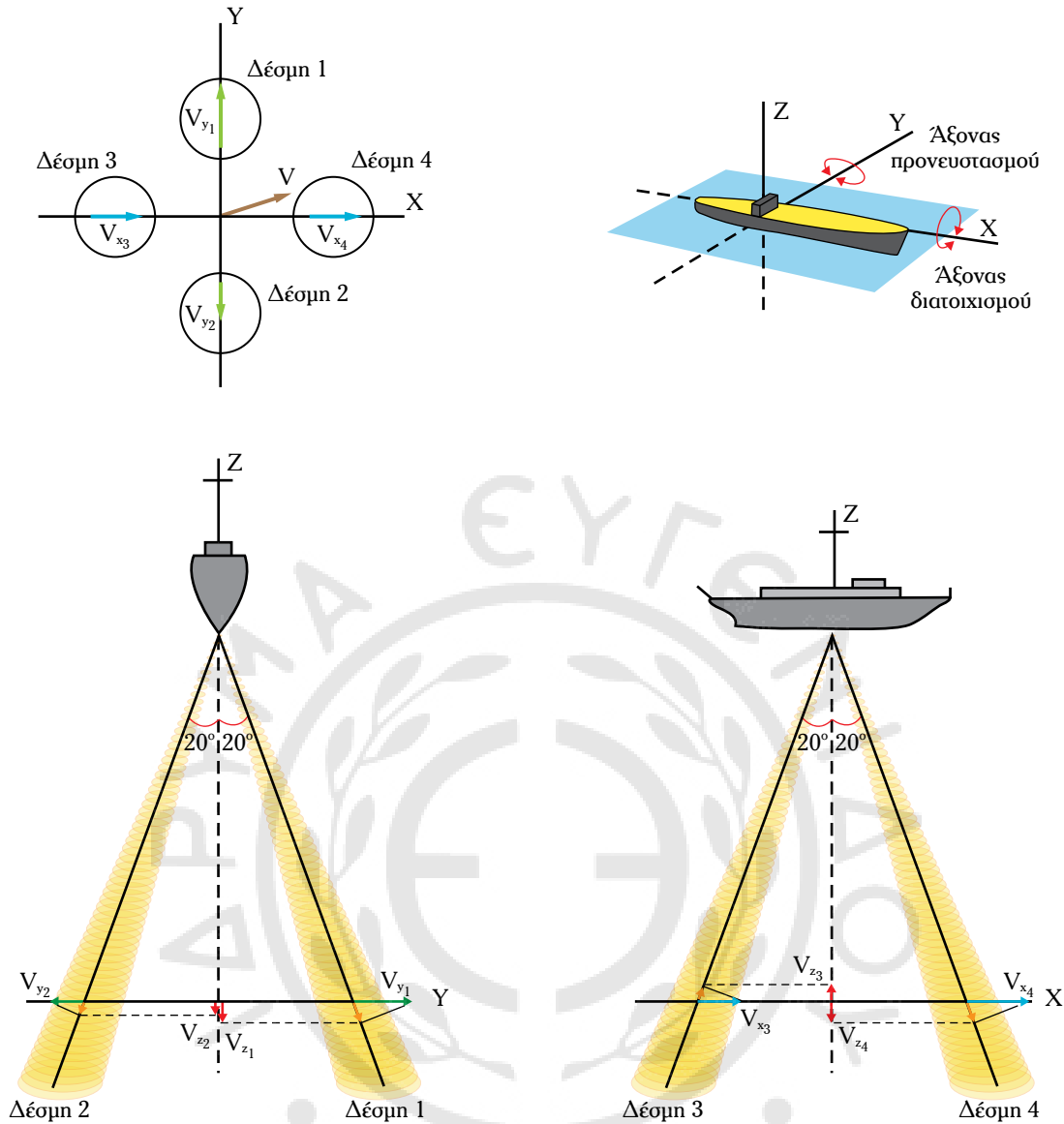
**Σχ. 3.16**

*Ψηφιακό ΑΣΠ και διασύνδεσή του με άλλα συστήματα και ΝΗΟ.*



**Σχ. 3.1ε**

*Ψηφιακό προσαρμόσιμο ΑΣΠ και διασύνδεσή του σε δίκτυο ανταλλαγής δεδομένων/πληροφοριών.*



Σχ. 4.6ε

Γεωμετρική διάταξη δεσμών εκπομπής δρομομέτρου Doppler και απεικόνιση της γεωμετρικής μεθόδου υπολογισμού των συνιστωσών της ταχύτητας στο τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων.

της ακρίβειας της μετρήσεως. Οι μετρήσεις δηλαδή θα πρέπει να παρέχουν την ίδια ή σχεδόν την ίδια συνιστώσα ταχύτητας  $V_z$ , μ' ένα συγκεκριμένο όριο ανοχής σφάλματος. Αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, τότε η μέτρηση της ταχύτητας κατά το συγκεκριμένο κύκλο λειτουργίας της συσκευής απορρίπτεται. Το σφάλμα στη μέτρηση μπορεί να οφείλεται είτε σε ανομοιογένειες στο νερό (π.χ. διαφορετική κίνηση των αιωρουμένων σωματιδίων κάτω από κάθε εκπνευόμενη δέσμη της συσκευής), είτε σε κακή λειτουργία της συσκευής (π.χ. κακή γεωμετρία δεσμών, έλλειψη συγχρονισμένης εκπομπής δεσμών κ.λπ.).

#### 4.6.4 Βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων με στατιστικές μεθόδους.

Όπως προαναφέρθηκε, προϋπόθεση για την ορθή λειτουργία της συσκευής αποτελεί η ομοιογένεια του νερού, σε ό,τι αφορά στην κίνηση των αιωρουμένων σ' αυτό σωματιδίων. Όπως βέβαια είναι φυσικό, κάτι τέτοιο δεν ισχύει απόλυτα στην πράξη. Διαφορετικές ομάδες σωματιδίων εμφανίζουν κατά διαστήματα σημαντικές διαφορές στην ταχύτητά τους. Επί πλέον, όπως ακριβώς συμβαίνει και με την περίπτωση του Radar, κάθε επιστρεφόμενο σήμα μπορεί να περιλαμβάνει ανακλάσεις από περισσότερες ομάδες σωματιδίων (σχ. 4.6στ).

και του ρυθμού στροφής του πλοίου. Οι δυνατότητες αυτές καθιστούν τα σύγχρονα δρομόμετρα πολύ σημαντικά εργαλεία, ιδιαίτερα κατά την εκτέλεση χειρισμών ακριβείας (π.χ απάρσεις, παραβολές, αγκυροβολίες), ιδιαίτερα όταν οι πληροφορίες που παρέχουν τα δρομόμετρα συνδυάζονται με εκείνες που εξάγονται από τα λοιπά ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα (GPS, ανεμόμετρο, γυροπυξίδα, ECDIS κ.λπ.) σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα ναυτιλίας INS, ή σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα γέφυρας IBS. Για τον σκοπό αυτό, ένας σύγχρονος ενδείκτης δρομομέτρου εκφεύγει πλέον από την κλασική μορφή απλής ενδείξεως της αριθμητικής τιμής της ταχύτητας (σχ. 4.8α), και προσλαμβάνει μορφή αντίστοιχη του σχήματος 4.8β, όπου αναλύεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια η εξέλιξη της τροχιάς του πλοίου, υπό την επίδραση του ανέμου και του ρεύματος.

Οι σύγχρονοι ενδείκτες δρομομέτρων είναι προγραμματιζόμενοι και διαθέτουν αριθμό επιλεγόμε-



**Σχ. 4.8α**

*Κλασικός ενδείκτης δρομομέτρου.*



**Σχ. 4.8β**

*Σύγχρονος ενδείκτης δρομομέτρου.*

νων «παραθύρων» με διαφορετικές απεικονιζόμενες πληροφορίες κατά περίπτωση. Παρέχεται έτσι η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει από το πιο απλό παράθυρο, με τις ελάχιστες δυνατές πληροφορίες, έως το πιο σύνθετο που παρέχει την πλήρη εικόνα της εξέλιξης της τροχιάς του πλοίου. Στο σχήμα 4.8γ εικονίζονται δύο απλοί τύποι παραθύρων/ενδεικτών, ενώ στο σχήμα 4.8δ ένα σύνθετο παράθυρο με το σύνολο των πληροφοριών που απαιτούνται π.χ. κατά την εκτέλεση παραβολής ή απάρσεως.

Η συνδιαχείριση της πληροφορίας των δρομομέτρων με τις πληροφορίες τήρησης θέσεως και κατευθύνσεως των λοιπών ηλεκτρονικών οργάνων και συστημάτων, όπως αυτή υλοποιείται με τη μορφή ολοκληρωμένων συστημάτων ναυτιλίας και γέφυρας, παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 23.



**Σχ. 4.8γ**

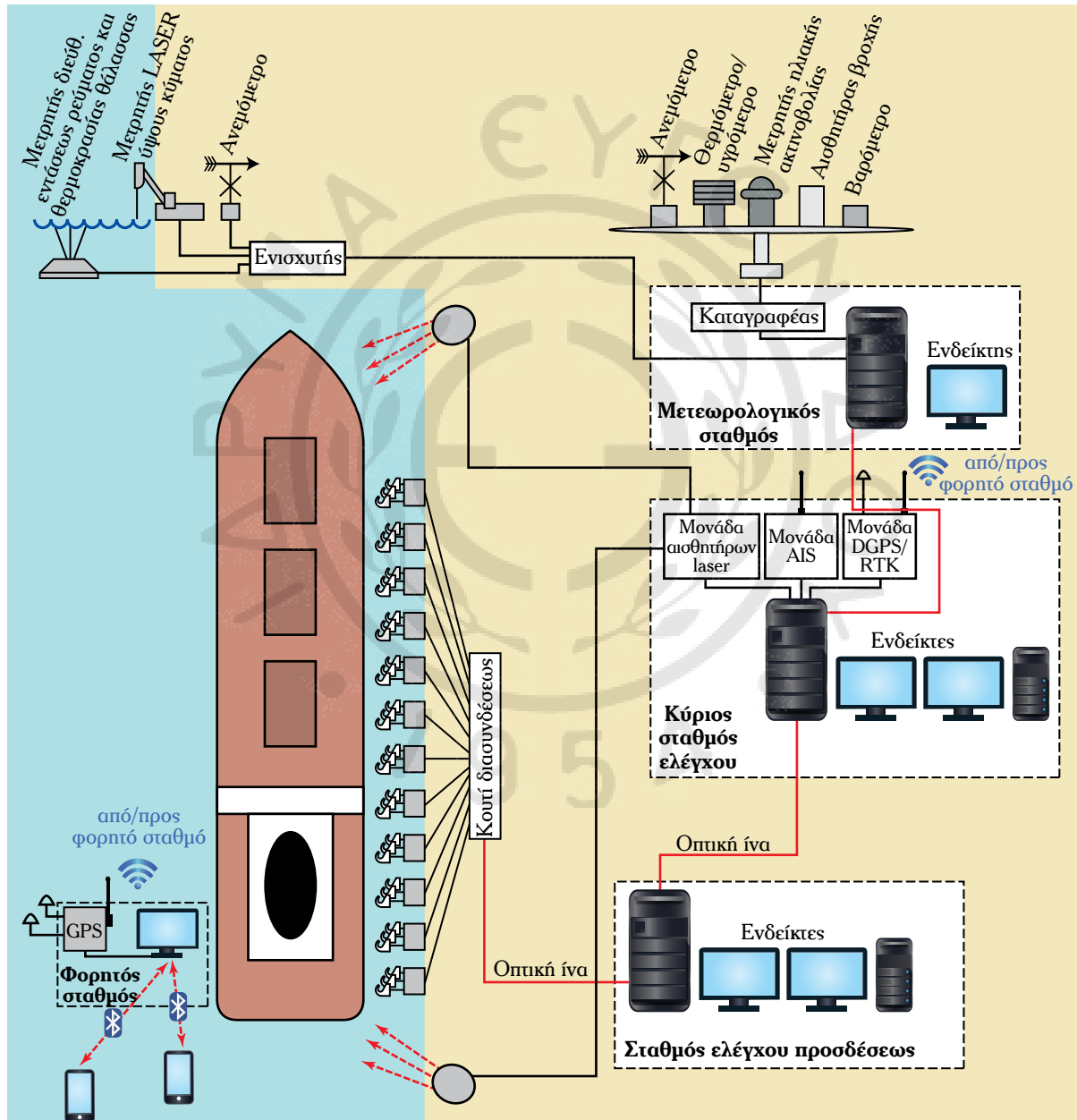
*Διάφοροι τύποι παραθύρων που επιλέγονται απ' τον χρήστη.*

Άμεση τηλεπικοινωνιακή διασύνδεση μέσω οπτικής ίνας, μίας θέσεως ασφαλείας επί του πλοίου με τον σταθμό ελέγχου προσδέσεως. Οι πληροφορίες κάθε επιμέρους σταθμού αφενός καταγράφονται σε ψηφιακό μέσο, αφετέρου διοχετεύονται στον τοπικό εξυπηρετητή (server) του σταθμού. Ακολούθως οι πληροφορίες αυτές γνωστοποιούνται στον κεντρικό εξυπηρετητή του κυρίου σταθμού ελέγχου, ο οποίος ελέγχει την ορθή και απρόσκοπτη λειτουργία του δικτύου σε όλη την έκτασή του.

Στη συνέχεια θα αναλυθεί η λειτουργία του κάθε σταθμού και ο εξοπλισμός που πρέπει να διαθέτει, ώστε να λειτουργήσει ικανοποιητικά.

### 6.3.1 Μετεωρολογικός σταθμός ελέγχου.

Ο σταθμός αυτός διαθέτει όλα εκείνα τα όργανα που του επιτρέπουν να μετρήσει με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια την επίδραση του περιβάλλοντος στο προσεγγίζον πλοίο. Ως τέτοια νοείται η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου και του ρεύματος, η θερμοκρασία



Σχ. 6.3α

Χωροταξική διάταξη συστήματος υποβοήθησης πλευρίσεως.

Απεικονίζονται οι διάφοροι σταθμοί, ο εξοπλισμός τους και η μεταξύ τους τηλεπικοινωνιακή διασύνδεση.

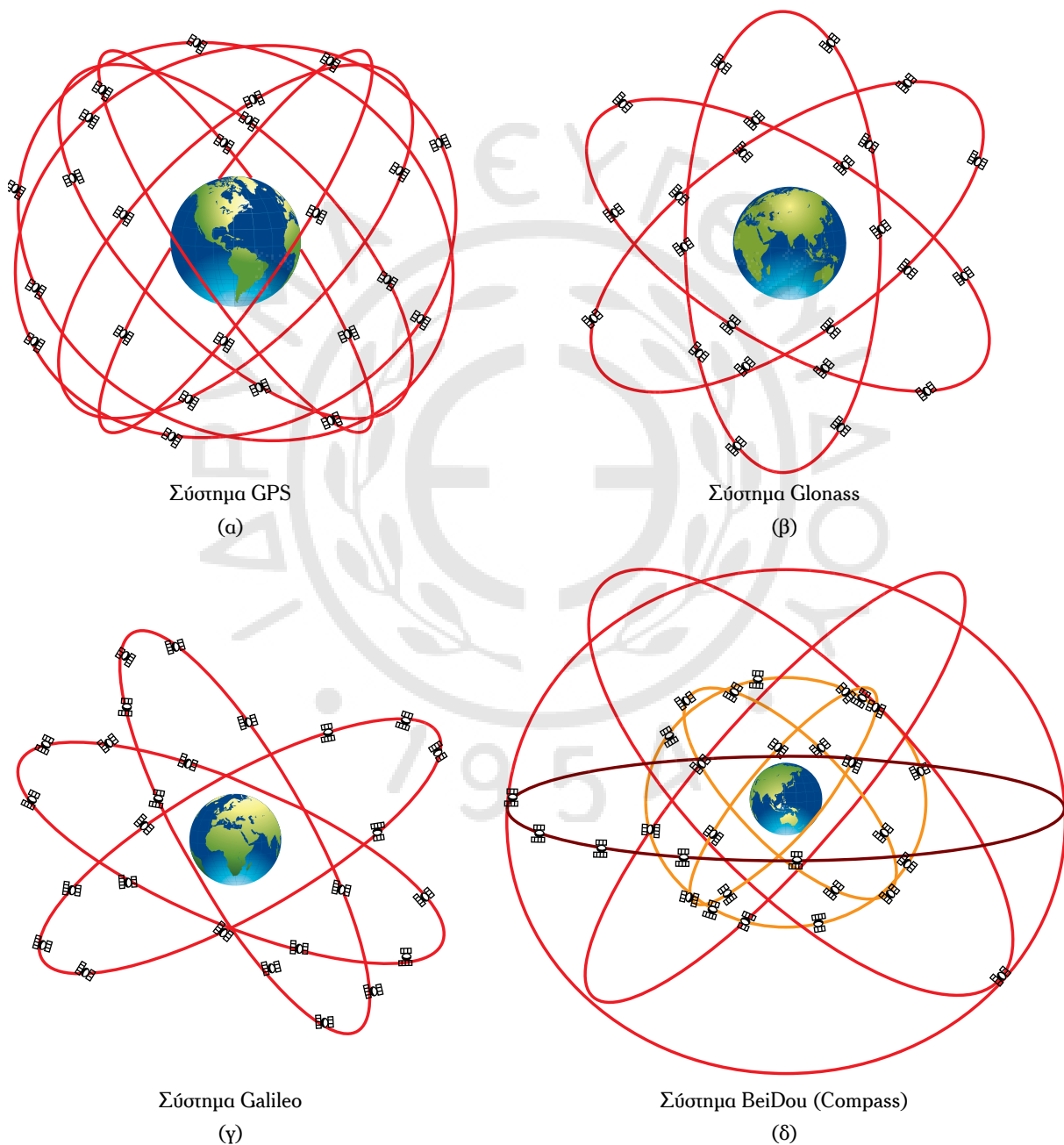
από τους δορυφόρους του συστήματος (βλ. παράγρ. 9.3.1).

2) Το τμήμα ελέγχου, το οποίο αποτελείται από ένα δίκτυο επιγείων σταθμών (βλ. παράγρ. 9.3.2).

3) Το τμήμα χρηστών, το οποίο αποτελείται από όλους τους δέκτες του συστήματος που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα πολιτικών και στρατιωτικών εφαρμογών (βλ. παράγρ. 9.3.3).

### 9.3.1 Δορυφορικό τμήμα συστημάτων GNSS.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 9.2, για τον προσδιορισμό της θέσεως του δορυφορικού δέκτη, τα δορυφορικά συστήματα ναυτιλίας GNSS διαθέτουν ένα δίκτυο δορυφόρων, οι οποίοι εκπέμπουν κωδικοποιημένα σήματα που περιέχουν πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται από



**Σχ. 9.3β**  
 Σύγκριση δορυφορικών σχηματισμών συγχρόνων συστημάτων GNSS.

### 10.5.4 Τμήμα χρηστών του συστήματος BeiDou – Παρεχόμενες υπηρεσίες.

Το **τμήμα χρηστών** (User Segment) του Compass αποτελείται από τους δέκτες, οι οποίοι λαμβάνουν τα μηνύματα που εκπέμπονται από τους δορυφόρους του συστήματος, προσδιορίζουν τις ψευδοαποστάσεις και επιλύουν τις εξισώσεις προκειμένου να εξαγάγουν τη θέση του χρήστη, την ταχύτητα του και τον ακριβή χρόνο (PVT). Το σύστημα BeiDou παρέχει δύο ειδών υπηρεσίες στους χρήστες: Την **υπηρεσία ανοικτής προσβάσεως** (open service) και την **υπηρεσία εξουσιοδοτημένης προσβάσεως** (authorized service). Η υπηρεσία ανοικτής προσβάσεως παρέχει σε κάθε χρήστη άνευ χρέωσης πληροφορίες θέσεως, ταχύτητας και χρόνου, με ακρίβεια προσδιορισμού θέσεως καλύτερη από 10 m, ακρίβεια προσδιορισμού ταχύτητας καλύτερη από 0,2 m/s και ακρίβεια χρονισμού καλύτερη από 20ns. Τα ανωτέρω στοιχεία είναι πολύ βελτιωμένα για την υπηρεσία εξουσιοδοτημένης προσβάσεως, η οποία παρέχει επί πλέον υπηρεσίες ελέγχου ορθής λειτουργίας (integrity) του συστήματος.

### 10.6 Το δορυφορικό σύστημα επαυξήσεως EGNOS της Ευρωπαϊκής Ενώσεως.

Το σύστημα EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) είναι το πρώτο ευρωπαϊκό πρόγραμμα δορυφορικής ναυτιλίας, αποτελώντας παράλληλα και τον πρόδρομο του Ευρωπαϊκού συστήματος Galileo. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε ως συμπληρωματικό των δύο πρώτων συστημάτων GNSS του GPS και του Glonass, με σκοπό την επαύξηση των υπηρεσιών υψηλής ακρίβειας θέσεως, σε εφαρμογές ασφαλείας, έκτακτης ανάγκης και στην

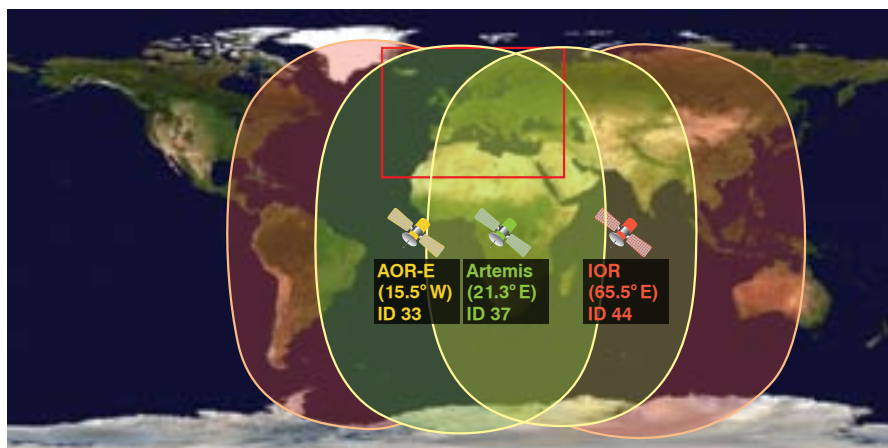
ασφάλεια των αεροπορικών πτήσεων. Σήμερα, η διαθεσιμότητά του σε φθηνούς εμπορικούς δέκτες, καθιστά δυνατή την εκμετάλλευσή του στη ναυσιπλοΐα, αεροπλοΐα και στις χερσαίες μεταφορές. Επί πλέον, έχει προβλεφθεί η συμβατότητά του με τους δέκτες Galileo, Glonass και BeiDou.

#### 10.6.1 Διαστημικό τμήμα του EGNOS.

Το Διαστημικό Τμήμα του συστήματος, αποτελείται από τρεις (3) γεωστατικούς δορυφόρους, που βρίσκονται στο επίπεδο του Ισημερινού σε μηδενικό γεωγραφικό πλάτος. Απ' αυτούς, οι δύο είναι δορυφόροι Inmarsat-3 και βρίσκονται, ο ένας πάνω από τον ανατολικό μέρος του Ατλαντικού Ωκεανού και ο άλλος, πάνω από τον Ινδικό Ωκεανό. Ο τρίτος δορυφόρος, ο Artemis, είναι της ESA και βρίσκεται πάνω από την Αφρική. Οι δορυφόροι αυτοί διαθέτουν μικρή γωνία κλίσης για την περιοχή της Ευρώπης, με αποτέλεσμα η ακρίβεια που παρέχει το EGNOS να υποβαθμίζεται τόσο στις μεγάλες αστικές πόλεις, όσο και σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους. Το EGNOS επιτυγχάνει πλήρη γεωγραφική κάλυψη όλων των ευρωπαϊκών κρατών, με δυνατότητα επεκτάσεως και σε άλλες περιοχές, όπως η Ανατολική Αμερική, η Αφρική και η Ασία. Στο σχήμα 10.6 εικονίζεται η γεωγραφική κάλυψη του συστήματος. Το σύστημα EGNOS προβλέπεται μελλοντικά, με επέκταση του δικτύου επιγείων σταθμών, να καλύψει και άλλες ευρείες γεωγραφικές περιοχές όπως Αφρική, Ν Αμερική και Ασία.

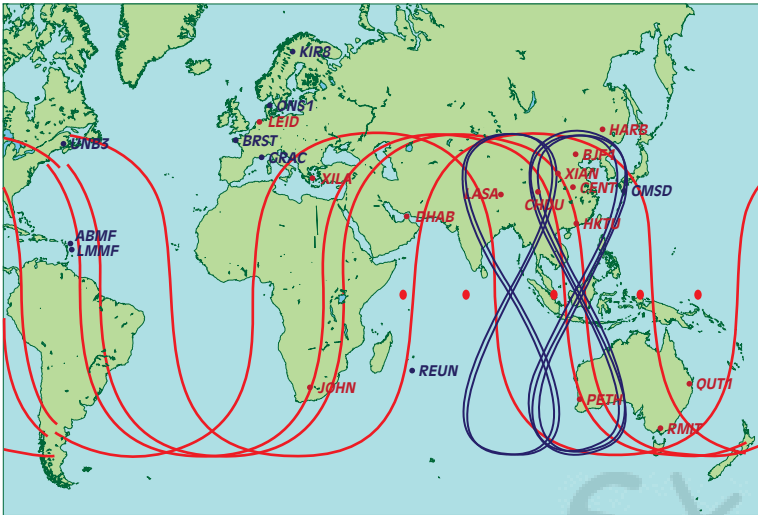
#### 10.6.2 Επίγειο τμήμα ελέγχου του EGNOS.

Το Επίγειο τμήμα Ελέγχου του συστήματος EGNOS αποτελείται από ένα δίκτυο σταθμών για



**Σχ. 10.6**

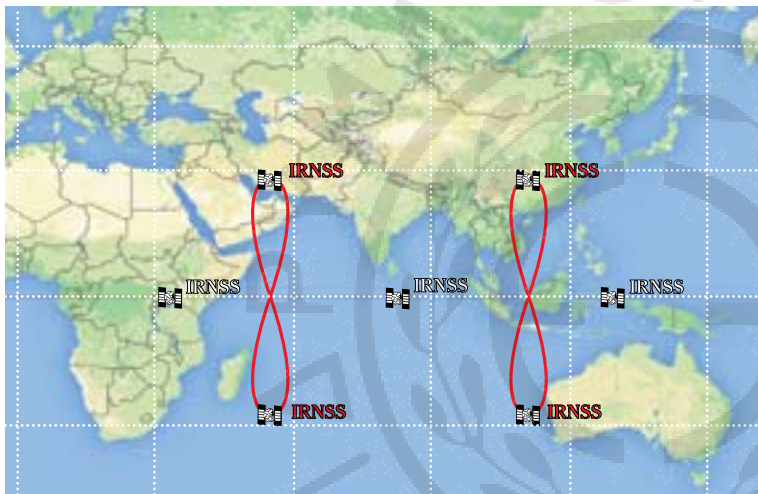
Περιοχές που καλύπτονται από τους τέσσερις γεωστατικούς δορυφόρους του συστήματος EGNOS.



Τα επίγεια ίχνη των δορυφόρων μέσης τροχιάς MEO απεικονίζονται με τις κόκκινες ημιτονοειδείς καμπύλες. Τα επίγεια ίχνη των δορυφόρων επικλινούς γεωσύγχρονης τροχιάς IGSO απεικονίζονται με τις μπλε κλειστές καμπύλες σχήματος «οκτώ». Οι γεωστατικοί δορυφόροι GEO βρίσκονται πάντα επάνω από συγκεκριμένα σημεία του Ισημερινού (κόκκινα σημεία).

**Σχ. 11.6γ**

*Επίγεια ίχνη δορυφόρων του συστήματος BeiDou.*



**Σχ. 11.6δ**

*Επίγεια ίχνη δορυφόρων επικλινούς γεωσύγχρονης τροχιάς του IRNSS.*

και γ) Indian Regional Navigation Satellite System –IRNSS της Ινδίας. (σχ. 11.6δ).

Στις γεωστατικές τροχιές, κάθε δορυφόρος κατά την περιστροφή του γύρω από τη Γη βρίσκεται συνεχώς επάνω από συγκεκριμένο σημείο του Ισημερινού χωρίς να διαγράφει κάποιο επίγειο ίχνος.

### 11.7 Γεωμετρία δορυφορικού σχηματισμού και ακρίβεια θέσεως δορυφορικού δέκτη.

Οι δορυφορικές τροχιές των συγχρόνων GNSS σχεδιάζονται έτσι, ώστε να παρέχουν την καλύτερη δυνατή γεωμετρία του δορυφορικού σχηματισμού για την παροχή της βέλτιστης δυνατής ακρίβειας θέσεως του δορυφορικού δέκτη. Για την τυπική περίπτωση κατά την οποία η θέση του δορυφορικού δέκτη προκύπτει με μετρήσεις ψευδοαποστάσεων από τέσσερις δορυφόρους, η ακρίβεια θέσεως εξαρτάται από την γεωμετρία του τετραέδρου που σχηματίζεται από

τους τέσσερις δορυφόρους και τον δέκτη. Το ακριβέστερο στίγμα προκύπτει όταν στο τετράεδρο αυτό ο ένας δορυφόρος βρίσκεται επάνω από τη θέση του δέκτη (στο ζηνίθ) και οι άλλοι τρεις είναι συμμετρικά καταναμημένοι στον ορίζοντα (ανά  $120^\circ$ ) με όσο το δυνατό χαμηλότερη γωνία ύψους (σχ. 11.7).

Στα δορυφορικά συστήματα ναυτιλίας παγκόσμιας καλύψεως, η συνθήκη βέλτιστης γεωμετρίας θέσεως του σχήματος 11.7 καλύπτεται ικανοποιητικά με δορυφορικούς σχηματισμούς, οι οποίοι αποτελούνται από δορυφόρους μέσης γήινης τροχιάς (MEO) με μεγάλη γωνία κλίσεως των τροχιακών επιπέδων ως προς το επίπεδο του Ισημερινού, όπως στους δορυφορικούς σχηματισμούς των συστημάτων GPS, Glonass και Galileo (σχ. 9.3β).

Στα περιφερειακά συστήματα ναυτιλίας, τα οποία καλύπτουν συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, η συνθήκη βέλτιστης γεωμετρίας δορυφόρων του

#### 14.4 Σφάλμα επιλεκτικής διαθεσιμότητας.

Τα Σφάλματα Επιλεκτικής Διαθεσιμότητας (Selective Availability – SA) αποτελεί την σκόπιμη τεχνητή υποβάθμιση της ακρίβειας του σήματος GPS για λόγους εθνικής ασφαλείας των ΗΠΑ. Όπως αναφέρθηκε αναλυτικότερα στην παράγραφο 10.2.4(6), από το 2000, οι ΗΠΑ σταμάτησαν την εφαρμογή της επιλεκτικής διαθεσιμότητας. Εν τούτοις, όπως διευκρινίστηκε στην σχετική επίσημη ανακοίνωση η επιλεκτική διαθεσιμότητα ενδέχεται να εφαρμοστεί και πάλι εάν αυτό επιβληθεί για λόγους εθνικής ασφαλείας των ΗΠΑ.

#### 14.5 Σφάλματα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα.

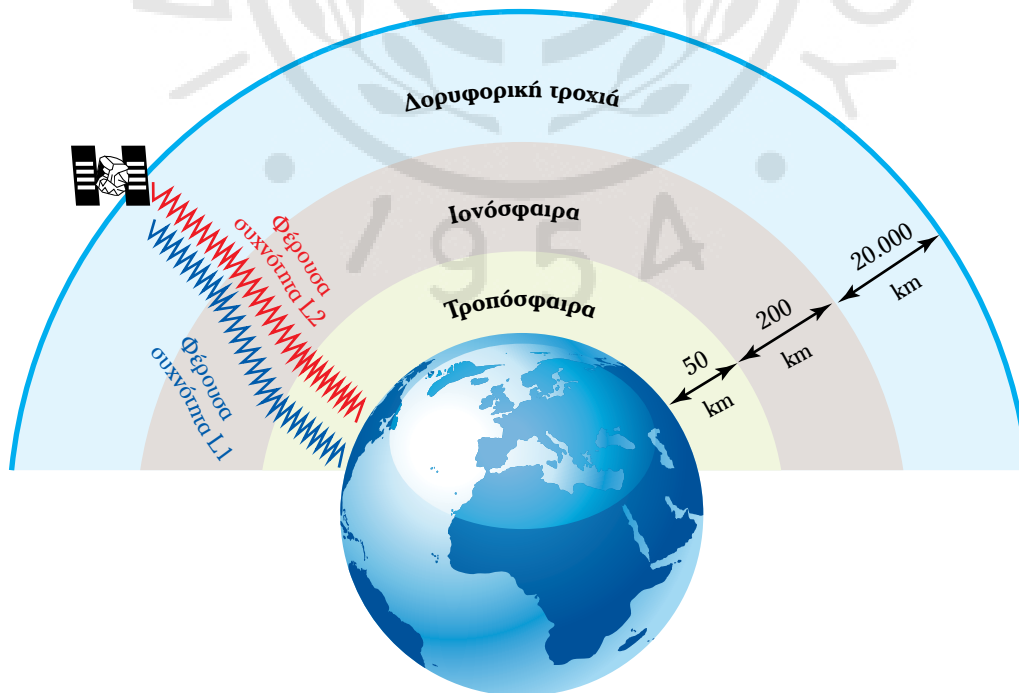
Λόγω της διαθλάσεώς τους, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά τη διέλευσή τους από τα διάφορα στρώματα της ιονόσφαιρας διανύουν διαδρομές που αποκλίνουν από την ευθύγραμμη διάδοση, με αποτέλεσμα οι αποστάσεις των δορυφόρων, οι οποίες προσδιορίζονται με βάση τον μετρούμενο χρόνο, να περιέχουν σφάλμα (σχ. 14.5).

Το σφάλμα, το οποίο οφείλεται στη διάθλαση των ραδιοκυμάτων στην ιονόσφαιρα δεν είναι πολύ σημαντικό και λαμβάνει αμελητέες τιμές, όταν το γωνιακό ύψος των δορυφόρων είναι μεγαλύτερο από  $5^\circ$ . Για τον λόγο αυτόν το σημαντικότερο σφάλμα που

δημιουργείται κατά τη διάδοση των δορυφορικών σημάτων στην ιονόσφαιρα, δεν είναι το σφάλμα διαθλάσεως, αλλά το σφάλμα που οφείλεται στη μεταβολή της ταχύτητας διαδόσεως των ραδιοκυμάτων (σφάλμα ιονοσφαιρικών καθυστερήσεων).

Τα σφάλματα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα, εξαρτώνται από τις διακυμάνσεις της δομής της ιονόσφαιρας και το γωνιακό ύψος του δορυφόρου επάνω από τον ορίζοντα. Τα σφάλματα αυτά κυμαίνονται από 6 m κατά τη διάρκεια της νύκτας μέχρι 30 m κατά τη διάρκεια της ημέρας. Όταν το γωνιακό ύψος του δορυφόρου είναι μικρότερο των  $5^\circ$ , τα σφάλματα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα αυξάνονται ραγδαία και είναι δυνατόν ακόμα και να τριπλασιαστούν.

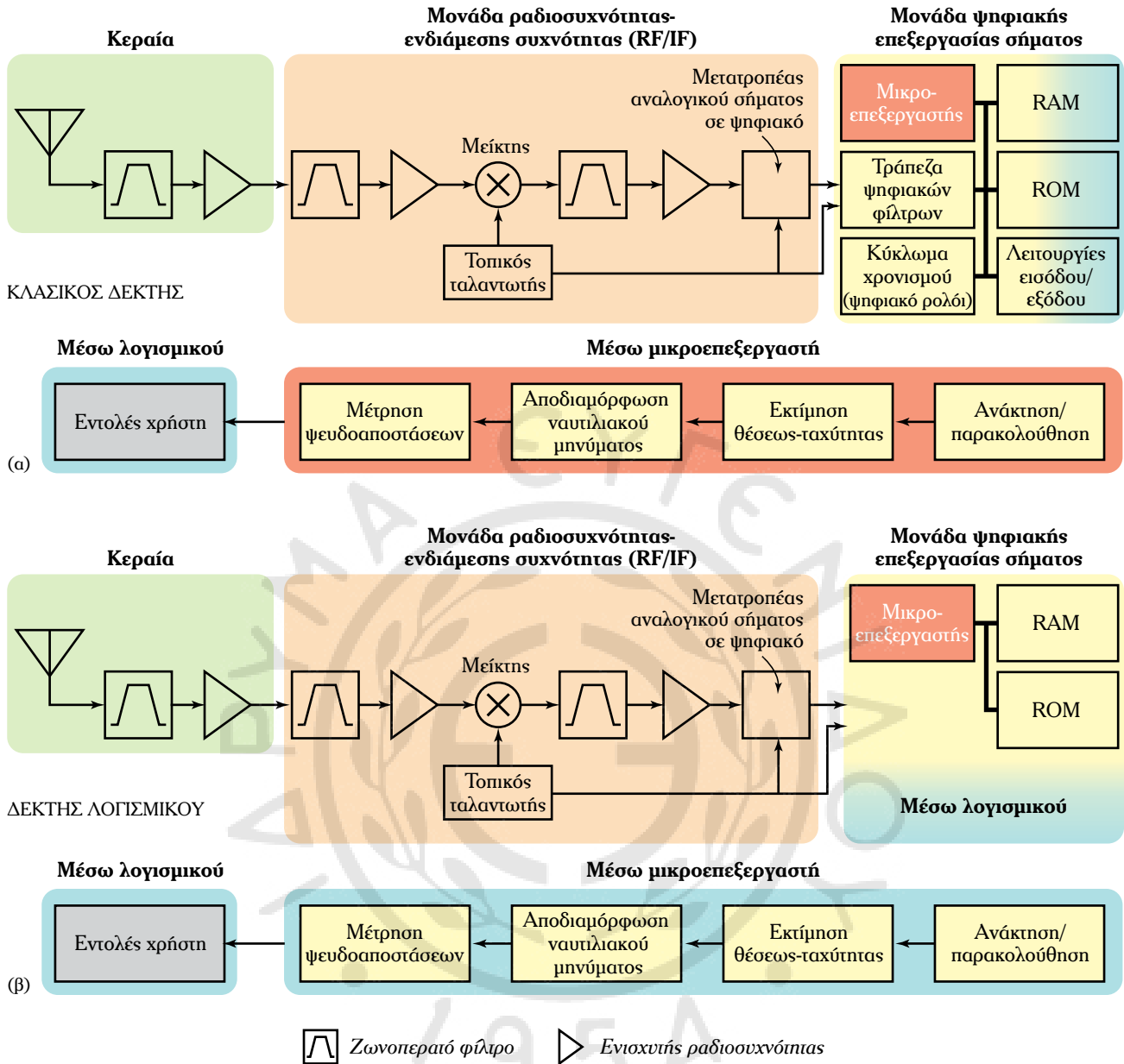
Για τον περιορισμό του σφάλματος των ιονοσφαιρικών καθυστερήσεων, ο ενσωματωμένος στον δέκτη μικροϋπολογιστής χρησιμοποιεί διάφορα μαθηματικά μοντέλα, με τα οποία εξαλείφεται μέχρι και το 75% του σφάλματος αυτού. Το υπολειπόμενο μετά τη χρησιμοποίηση των μαθηματικών μοντέλων σφάλμα ιονοσφαιρικής καθυστέρησης εξαλείφεται από τον δέκτη με εκτίμηση της απαιτούμενης διορθώσεως με τη σύγκριση των μετρήσεων των δορυφορικών σημάτων στις δύο συχνότητες εκπομπής (L1 και L2). Μετά και από τη διόρθωση αυτή, η οποία μπορεί να γίνει από δέκτες που λαμβάνουν



Σχ. 14.5

Σφάλμα GPS λόγω διαδόσεως στην ιονόσφαιρα και τροπόσφαιρα.





**Σχ. 15.3**  
 Σύγκριση (α) κλασικού δέκτη GNSS και (β) δέκτη λογισμικού.

του προγράμματος του μικροεπεξεργαστή.

### 15.4 Τεχνολογικές προκλήσεις των συγχρόνων δεκτών GNSS.

Οι σύγχρονοι δέκτες GNSS πρέπει να μπορούν να ανταποκριθούν σε μια σειρά από τεχνολογικές προκλήσεις. Η πρώτη αναφέρεται στην ανάγκη λειτουργίας των δεκτών με περισσότερα του ενός διαφορετικά GNSS. Ενώ παλαιότερα το GPS αποτελούσε την αποκλειστική επιλογή δορυφορικού

συστήματος προσδιορισμού θέσεως, σήμερα διατίθενται για τον σκοπό αυτόν επί πλέον τα συστήματα Glonass, Galileo, BeiDou και IRNSS, άλλα περισσότερο και άλλα λιγότερο καταξιωμένα για την ώρα. Το βέβαιο είναι ότι σε κάθε θέση επί της γης, έχει αυξηθεί κατακόρυφα ο αριθμός των δορυφόρων συνολικά, ανεξαρτήτως συστήματος, που διατίθενται για την εξαγωγή σήματος. Είναι λοιπόν αυτονόητο ότι ένας σύγχρονος δέκτης θα μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητά του, εάν μπορέσει να επεξεργαστεί σήματα από περισσότερες της μίας συχνότητες και

2) Τις συντεταγμένες του πραγματικού σημείου αγκυροβολίας ως το τελικό σημείο (σημείο Α).

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.

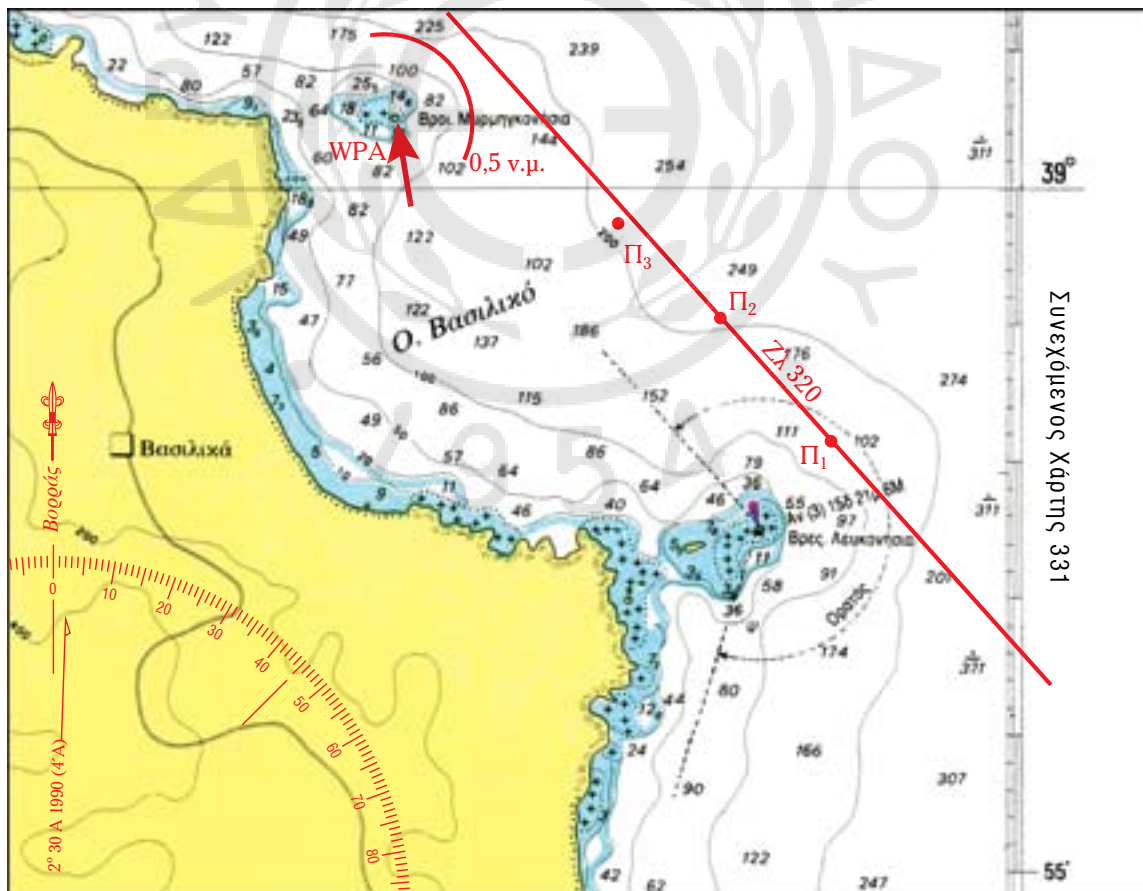
Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να γίνει με οποιονδήποτε φορητό απλό ναυτιλιακό δέκτη GPS. Οι επαγγελματικοί ναυτιλιακοί δέκτες (φορητοί ή μη), παρέχουν την επιπρόσθετη δυνατότητα καταχώρησης στη μνήμη του δέκτη συγκεκριμένης αποστάσεως ασφάλειας από το σημείο πλου, το οποίο χρησιμοποιείται ως πραγματικό σημείο αγκυροβολίας. Με την καταχώρηση της παραπάνω αποστάσεως ασφάλειας σε έναν επαγγελματικό ναυτιλιακό δέκτη, παρέχεται αυτόματα ηχητική ειδοποίηση, όταν η υπο-

λογιζόμενη 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 ασφάλειας αγκυροβολίου).

### 16.5.2 Τήρηση αποστάσεων ασφάλειας από συγκεκριμένους ναυτιλιακούς κινδύνους κατά τη διάρκεια του πλου.

Η διαδικασία τηρήσεως αποστάσεως ασφάλειας από ένα ναυτιλιακό κίνδυνο, π.χ. από τους βράχους Μυρμηγκονήσια του χάρτη του σχήματος 16.5β, 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 [way point A]. Η καταχώρηση γίνεται με πληκτρολόγηση στον δέκτη των γεωγραφικών (γε-



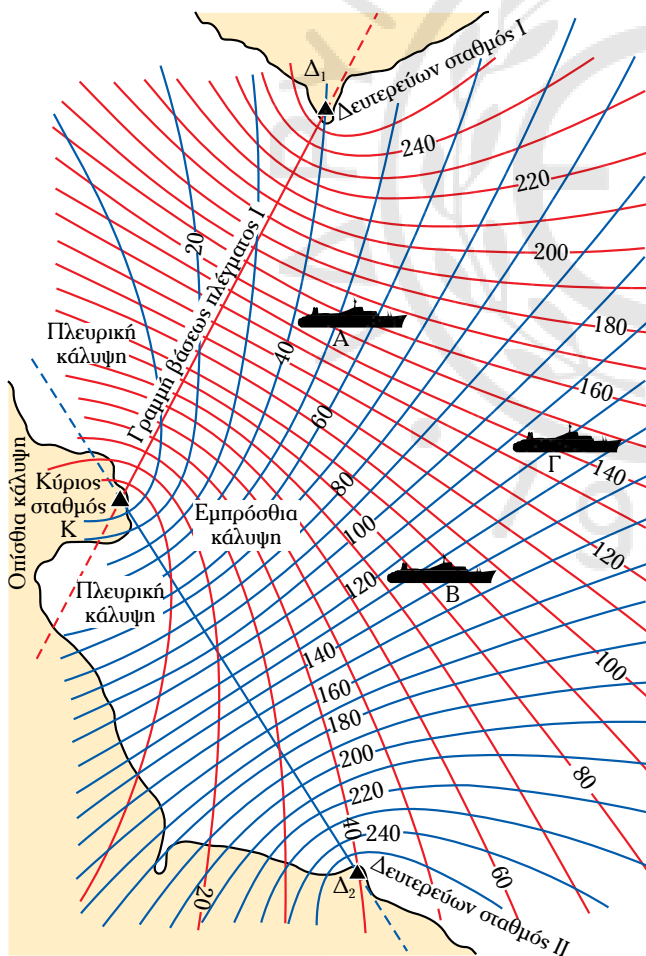
Σχ. 16.5β

Τήρηση αποστάσεων ασφάλειας με δέκτη GPS.

ψηφιακή οθόνη, με τη βοήθεια των οποίων είναι δυνατή, όχι μόνο η άμεση (σε πραγματικό χρόνο) ένδειξη του σίγματος με τις γεωγραφικές συντεταγμένες, χωρίς να απαιτείται η χειροκίνητη υποτύπωσή του σε χάρτες υπερβολικής ναυτιλίας, αλλά και η επίλυση διαφόρων ναυτιλιακών προβλημάτων, π.χ. ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, απόσταση και διόπτευση μεταξύ διαφόρων σημείων, επίλυση προβλημάτων λοξοδρομικού πλου, υπολογισμός πραγματικής ως προς το βυθό πορείας και ταχύτητας κ.λπ.).

Κατά την δεκαετία '90 το σύστημα Loran, καθώς και τα άλλα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας εξελίχθηκαν σε πολύ υψηλότερο επίπεδο απ' ό,τι τις προηγούμενες δεκαετίες και η πιο εξελιγμένη μορφή του συστήματος Loran, κατά την περίοδο αυτή είναι το Loran-C, το οποίο εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα σε ορισμένες περιοχές.

Ένα υπερβολικό σύστημα ανάλογο με το σύστη-



Σχ. 17.1β

Δίκτυο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

μα Loran-C είναι το ρωσικό σύστημα CHAYKA. Τα συστήματα CHAYKA και Loran-C λειτουργούν με τις ίδιες αρχές λειτουργίας και οι επιχειρησιακές τους δυνατότητες είναι περίπου ίδιες.

Μετά την ολοκλήρωση του συστήματος GPS (δεκαετία '90) και την ανάπτυξη άλλων αυτονόμων, ή/και συμπληρωματικών συστημάτων GNSS, άρχισε η σταδιακή αντικατάσταση της χρήσεως του συστήματος Loran-C από τα νεότερα δορυφορικά GNSS (GPS, GLONASS, κ.λπ.). Σήμερα (2015), τα GNSS έχουν καταργήσει τη χρήση των συστημάτων υπερβολικής ναυτιλίας, εκτός απ' τα συστήματα Loran-C και CHAYKA τα οποία χρησιμοποιούνται ακόμη μόνο σε ορισμένες γεωγραφικές περιοχές.

Από το έτος 2007, το σύστημα Loran-C βρίσκεται στη φάση μίας σημαντικότητας αναβαθμίσεως, με την οποία είναι δυνατός ο προσδιορισμός της θέσεως με τη μέτρηση ψευδοαποστάσεων από τους επίγειους σταθμούς εκπομπής των σημάτων Loran, κατά τρόπο ανάλογο της μετρήσεως των ψευδοαποστάσεων ενός δορυφορικού δέκτη GNSS από τους δορυφόρους (σχ. 17.1γ). Η νέα αυτή αναβαθμισμένη μορφή του συστήματος Loran είναι γνωστή ως enhanced Loran (eLoran) και σήμερα (2015) έχει ήδη ολοκληρωθεί σε ορισμένες περιοχές, ενώ βρίσκεται σε εξέλιξη σε άλλες.

Η ακρίβεια θέσεως που παρέχει το eLoran είναι της τάξεως των 20 m, δηλαδή ελαφρώς μικρότερη από την ακρίβεια θέσεως των δορυφορικών συστημάτων ναυτιλίας GNSS.

Εν τούτοις, η ακρίβεια του eLoran μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά σε παράκτιες περιοχές και να φθάσει τα 5 m με την εγκατάσταση δικτύου διαφορικών σταθμών για τον υπολογισμό και την μετάδοση διορθώσεων προς τους χρήστες (με τρόπο ανάλογο του διαφορικού GPS).

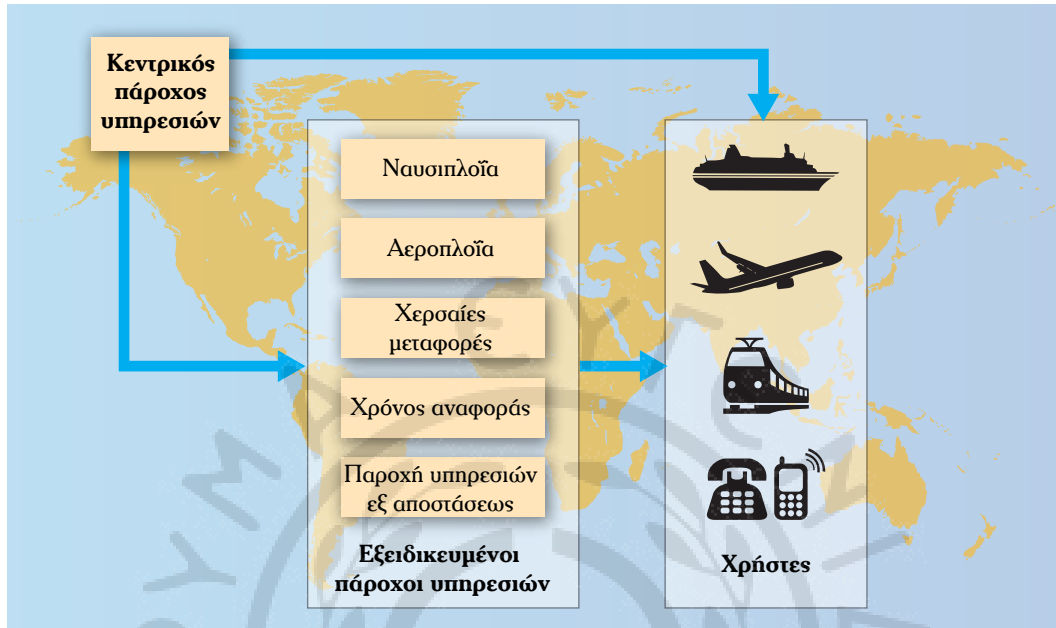
Το βασικό πλεονέκτημα του eLoran, είναι ότι μπορεί να λειτουργεί ως συμπληρωματικό-εφεδρικό επίγειο σύστημα των παγκοσμίων δορυφορικών συστημάτων ναυτιλίας GNSS. Η δημιουργία ενός επίγειου συστήματος προσδιορισμού θέσεως, το οποίο θα λειτουργεί ως συμπληρωματικό/εφεδρικό των GNSS, έχει διεθνώς αναγνωριστεί ως αναγκαία και επιβεβλημένη, λόγω:

1) Της μεγάλης ανθεκτικότητας των σημάτων του Loran (τα οποία εκπέμπονται στις συχνότητες LF) σε εξασθενήσεις και σε εκούσιες ή ακούσιες παρεμβολές.

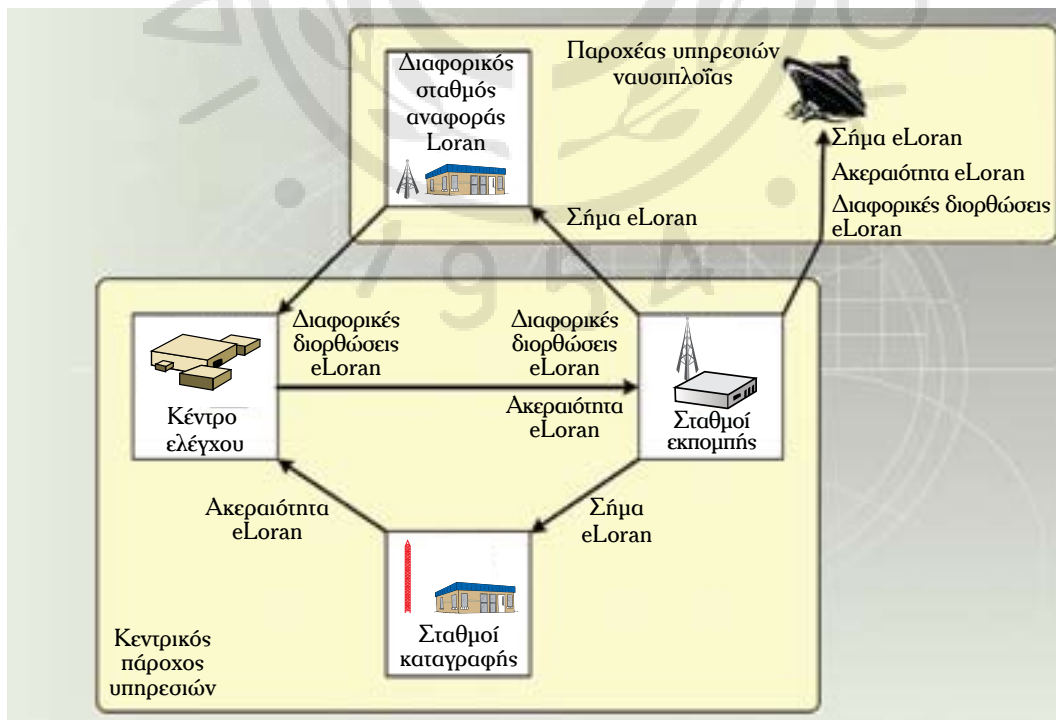
2) Της τρωτότητας των GNSS, η οποία οφείλεται

τρηση των ψευδοαποστάσεων ενός δορυφορικού δέκτη GNSS από τους δορυφόρους (βλ. κεφ. 9)]. Με τον τρόπο αυτό, η θέση του δέκτη eLoran προσδιορίζεται στην τομή των κυκλικών γραμμών θέσεως, οι οποίες αντιστοιχούν στις αποστάσεις του δέκτη από

οποιοσδήποτε σταθμούς εκπομπής (σχ. 17.4ε(α)]. Στους δέκτες Loran-C, η θέση προσδιορίζεται στην τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως με τη λήψη σημάτων απ' τους σταθμούς μίας αλυσίδας της περιοχής [σχ. 17.4ε(β)].



**Σχ. 17.4γ**  
*Παροχή υπηρεσιών eLoran σε μια γεωγραφική περιοχή.*



**Σχ. 17.4δ**  
*Μοντέλο παροχής υπηρεσιών ναυσιπλοΐας του eLoran.*

του τοπολογικού μοντέλου διαύλου-κόμβων φαίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ένα χωρικό αντικείμενο, το οποίο καταγράφεται μόνο μία φορά για πολλαπλές χρήσεις όπως η γραμμή  $\Gamma_2$ , η οποία χρησιμοποιείται για:

1) Την απεικόνιση τμήματος της φυσικής αμμώδους ακτογραμμής αριστερά του κρηπίδωματος και εντός της απαγορευμένης στην ναυσιπλοΐα θαλάσσιας περιοχής.

2) Την απεικόνιση τμήματος ορίου κερσαίας περιοχής.

3) Την απεικόνιση τμήματος ορίου απαγορευμένης στην ναυσιπλοΐα θαλάσσιας περιοχής.

Η κωδικοποίηση των χωρικών αντικειμένων του τοπολογικού μοντέλου διαύλου-κόμβων του σχήματος 19.3γ με τις κατάλληλες κλάσεις περιγραφικών αντικειμένων του προτύπου S-57 φαίνεται στο σχήμα 19.3δ. Τα κυριότερα **περιγραφικά αντικείμενα** (feature objects) που χρησιμοποιούνται στην κωδικοποίηση αυτή είναι τα παρακάτω.

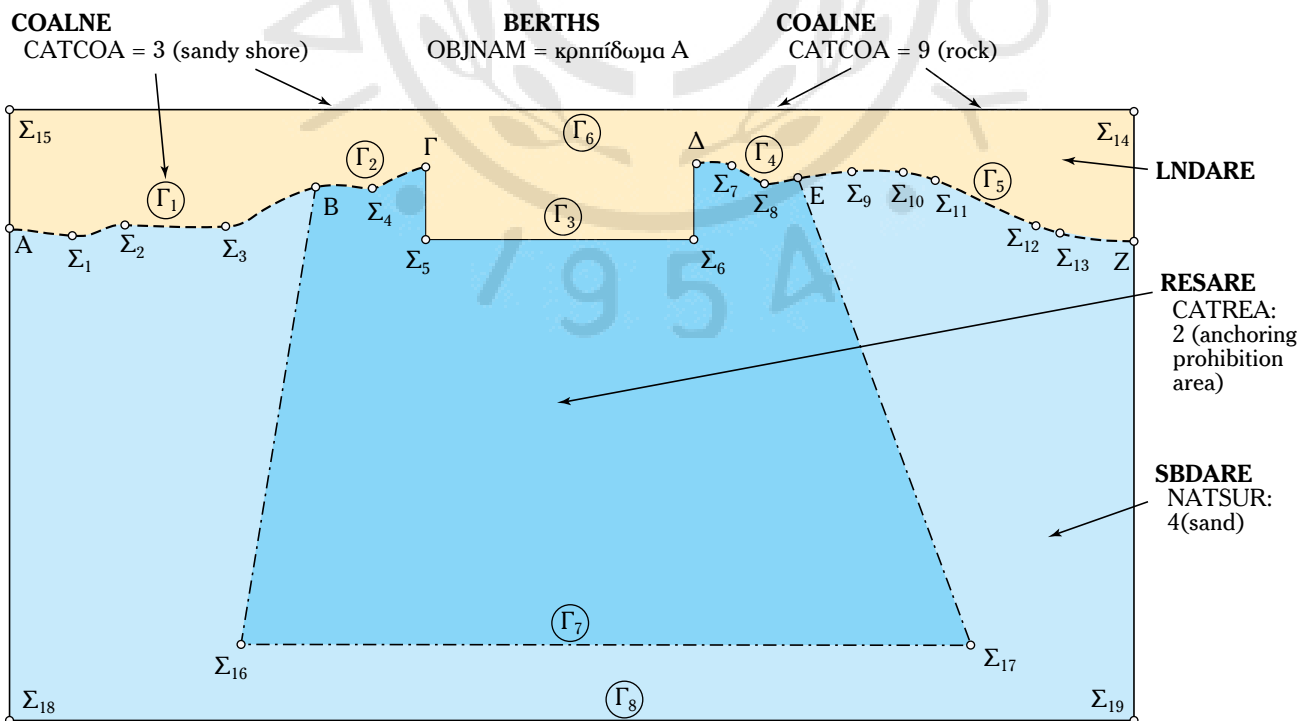
1) Το αντικείμενο **COALNE (Coastline)**, για τα διάφορα τμήματα της ακτογραμμής με την καταχώρηση των κατάλληλων τιμών των αντιστοίχων χαρακτηριστικών, κυρίως δε του χαρακτηριστικού CATCOA (Category of Coastline):

Χαρακτηριστικό	Τιμές – περιγραφή	
CATCOA (Category of coastline)	1 steep coast 2 flat coast 3 sandy shore 4 stony shore 5 shingly shore 6 glacier (sea-ward end)	7 mangrove shore 8 marshy shore 9 coral reef 10 ice coast
CONRAD (Conspicuous, Radar)	.....	
.....	.....	

2) Το αντικείμενο **SBDARE (Seabed area)**, για τη θαλάσσια περιοχή με την κατάλληλη τιμή των αντιστοίχων χαρακτηριστικών, κυρίως δε του χαρακτηριστικού NATSUR (Nature of surface):

Χαρακτηριστικό	Τιμές – περιγραφή	
NATSUR (Nature of surface)	1 mud 2 clay 3 silt 4 sand	5 stone 6 gravel 7 pebbles 8 cobbles

(συνεχίζεται)



Σχ. 19.3δ

Κωδικοποίηση αντικειμένων τοπογραφικού μοντέλου διαύλου – κόμβων σχήματος 19.3γ.

γάνων, αισθητήρων και συστημάτων του πλοίου, με αναφορά στα πρωτόκολλα NMEA 0183 και NMEA 2000. Τέλος, θα αναφερθούμε σ' ένα αντιπροσωπευτικό ολοκληρωμένο σύστημα γέφυρας.

## 23.2 Ολοκληρωμένα συστήματα ναυτιλίας.

### 23.2.1 ECDIS και Ολοκληρωμένα Συστήματα Ναυτιλίας.

Η εκμετάλλευση της δυνατότητας παροχής συνεχούς πληροφορίας θέσεως από το GPS επί απεικόνισης με φόντο τον ηλεκτρονικό χάρτη, αποτέλεσε την απαραίτητη αναδείξεις πλήθους νέων δυνατοτήτων χρησιμοποιήσεώς 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.

Στα κεφάλαια 21 και 22 διαπιστώσαμε τη χρησιμότητα και την άμεση κατανόηση που απορρέουν από την εκμετάλλευση του ECDIS, μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη εμφάνιση σε κοινό απεικονιστικό μέσο:

1) Της πληροφορίας θέσεως του GPS επί του ηλεκτρονικού χάρτη.

2) Της επικαλύψεως της εικόνας του Radar επί του ηλεκτρονικού χάρτη (Radar overlay).

3) Της επί πλέον εμφανίσεως στην ίδια οθόνη των στόχων του συστήματος Radar/ARPA.

4) Της επί πλέον εμφανίσεως στην ίδια οθόνη των στόχων του συστήματος AIS.

Όπως είδαμε, το ECDIS εκτελεί δύο κατηγορίες λειτουργιών:

1) **Σχεδίαση πλου** (route planning), με τη δυνατότητα σχεδιάσεως του πλου διά μέσου διαδοχικών σημείων πορείας (waypoints) και αποθηκείσεώς του σε βάση δεδομένων πλδων.

2) **Παρακολούθηση πλου** (route monitoring), με τη συνεχή απεικόνιση της κινήσεως του πλοίου επί του ηλεκτρονικού χάρτη, λήψη διοπεύσεων/αποστάσεων, ανάγνωση/επεξήγηση ναυτιλιακών πληροφοριών ή κινδύνων, ταυτόχρονα με την απεικόνιση της κινήσεως των στόχων. Επί πλέον, πραγματοποιείται **αποφυγή συγκρούσεως/προσαράξεως** (grounding/collision avoidance), με ενδεικτικά ή/και ηχητικά προειδοποιητικά σήματα/σήματα κινδύνου (warnings/alarms), για τις περιπτώσεις της εκτροπής από την προκαθορισμένη πορεία, της εμφανίσεως μικρού CPA στόχου κ.λπ..

Στο σχήμα 23.2α παρουσιάζονται οι αισθητήρες,



Η κεντρική μονάδα του ηλεκτρονικού υπολογιστή, λειτουργεί ως σύστημα επεξεργασίας/συντήξεως (fusion) των δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

**Σχ. 23.2α**

Όργανα, αισθητήρες και συστήματα προσδιορισμού θέσεως που συγκροτούν το ECDIS.

Συνειδητοποιώντας τα προαναφερόμενα, τα ολοκληρωμένα συστήματα γέφυρας αποτελούν το αμέσως υψηλότερο επίπεδο ολοκλήρωσης, πάνω από τα ολοκληρωμένα συστήματα ναυτιλίας. Σύμφωνα με τον IMO, «*το ολοκληρωμένο σύστημα γέφυρας αποτελεί έναν συνδυασμό συστημάτων, τα οποία διασυνδέονται κατά τρόπον ώστε να επιτρέπεται η κεντρική πρόσβαση στις πληροφορίες των αισθητήρων και στα μέσα διοικήσεως και ελέγχου, με σκοπό την αύξηση της ασφάλειας και τη βελτίωση της αποτελεσματικής διαχειρίσεως του πλοίου, από προσωπικό που διαθέτει κατάλληλα επαγγελματικά προσόντα*».

Η προσαύξηση της ολοκλήρωσης στα ολοκληρωμένα συστήματα γέφυρας χαρακτηρίζεται από την πληροφοριακή σύζευξη, πέραν των συνεργαζομένων ηλεκτρονικών συστημάτων ναυτιλίας, των ακολουθών συστημάτων, συσκευών και υποσυστημάτων:

1) Συσκευές τηλεπικοινωνιών, όπως συσκευές VHF και ασύρματες δορυφορικές τηλεπικοινωνίες με απλή τηλεφωνία ή/και υπηρεσίες δικτύου, όπως πλοήγηση ιστοσελίδων, ανταλλαγή ηλεκτρονικών σημάτων ή μηνυμάτων κ.λπ..

2) Σύστημα ελέγχου μηχανών, ηλεκτρομηχανών, σύστημα ασφάλειας.

3) Αυτόματο πιλότο ή στα πιο σύγχρονα πλοία αυτοματοποιημένο σύστημα τηρήσεως θέσεως και κατευθύνσεως.

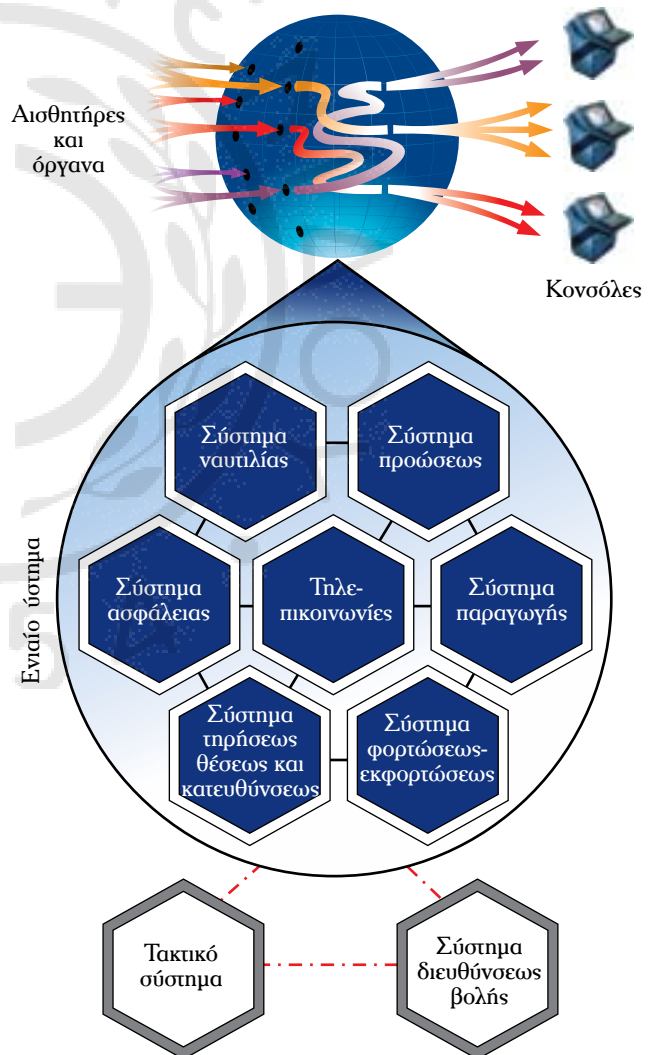
4) Σύστημα φορτώσεως, εκφορτώσεως και παρακολουθήσεως φορτίου κατά τον πλου για τα φορτηγά πλοία και τα δεξαμενόπλοια.

5) Άλλες συσκευές επιτηρήσεως, όπως θερμικές κάμερες (Forward Looking Infra-Red: FLIR), νυκτοσκόπια, ηλεκτρονικές διόπτρες κ.λπ..

6) Άλλα συστήματα όπως το **τακτικό σύστημα** και το **σύστημα διευθύνσεως βολής** (μέσω του τακτικού συστήματος ή/και απευθείας) για τα πολεμικά πλοία.

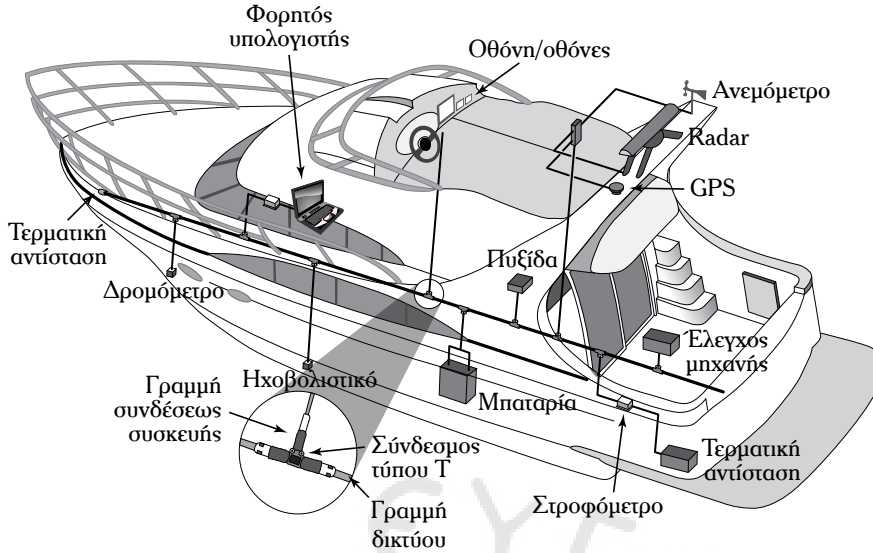
Συνοψίζοντας, στα ολοκληρωμένα συστήματα γέφυρας, μέσω τόσο της διασταυρώσεως κοινής πληροφορίας όσο και της επιχειρησιακής συζεύξεως διαφορετικών μορφών πληροφορίας, επιτυγχάνεται ποιοτική αναβάθμιση της εικόνας του ναυτιλιακού περιβάλλοντος, καθώς και άμεση συναίσθηση της αποκρίσεως του πλοίου στις εντολές που δόθηκαν. Το πλεονέκτημα που προκύπτει είναι πολλαπλάσιο της αθροιστικής συνεισφοράς του κάθε συστήματος χωριστά και οφείλεται στην αποτελεσματικότερη, οικονομικότερη και φιλικότερη προς τον χρήστη αξιοποίηση της πληροφορίας, όταν αυτή δεν αντιμετωπίζεται τμηματικά, αλλά συγκροτούμενη από συν-

θετικά στοιχεία που απαρτίζουν ένα ενιαίο σύνολο. Ας αναλογισθούμε τις δυνατότητες του συστήματος μέσω ενός παραλληλισμού με το ανθρώπινο σώμα. Το ανθρώπινο σώμα, αποτελεί αξιοθαύμαστη κατασκευή όχι τόσο για τις εξαιρετικές δυνατότητες των επιμέρους οργάνων που διαθέτει, αλλά κυρίως για το πώς συμπεριφέρεται ως ενιαίος μηχανισμός. Αντίστοιχα, το ολοκληρωμένο σύστημα γέφυρας αποτελεί έναν νέο συμπαγή και ενιαίο μηχανισμό (σχ. 23.3β) (ένα ρομπότι, σε μία απλοποιημένη έκφραση ενός συστήματος τεχνητής νοημοσύνης), που χαρακτηρίζεται από την αποδοτικότητα του συνολικά, με τη σημείωση όμως ότι δεν αποφασίζει αυτόνομα αλλά μέσω της διαρκούς αλληλεπιδράσεώς του με τον χειριστή. Στοιχεία εισόδου στο σύστημα αποτελούν οι πληροφορίες που προέρχονται από τους αισθητήρες



**Σχ. 23.3β**

Νοητική απεικόνιση του ολοκληρωμένου συστήματος γέφυρας ως ενιαίου μηχανισμού.



**Σχ. 23.48**

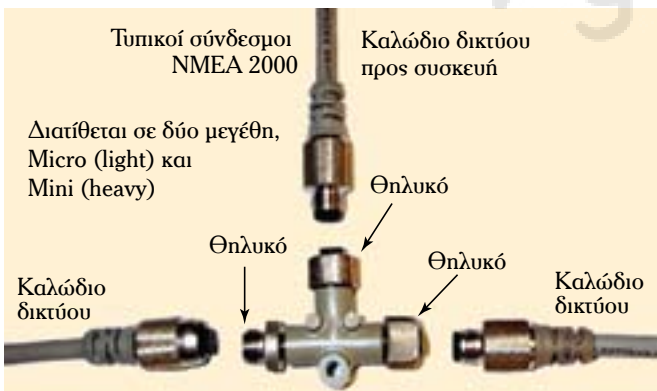
Διασύνδεση συσκευών πλοίου με πρωτόκολλο NMEA 2000.

κές συσκευές/όργανα του πλοίου, μ' ένα μόνο καλώδιο διασυνδέσεως (single channel parallel bus), (σχ. 23.48). Τα καλώδια διασυνδέσεως και οι σύνδεσμοι είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στοιχεία, αδιάβροχα και με ιδιαίτερη μηχανική αντοχή. Τυπικοί σύνδεσμοι NMEA 2000 παρουσιάζονται στο σχήμα 23.4ε. Η διάταξη του κοινού αγωγίμου διαύλου με τις διασυνδεδεμένες συσκευές απεικονίζεται στο σχήμα 23.4στ.

**2) Δομή της πληροφορίας στο πρωτόκολλο NMEA 2000.**

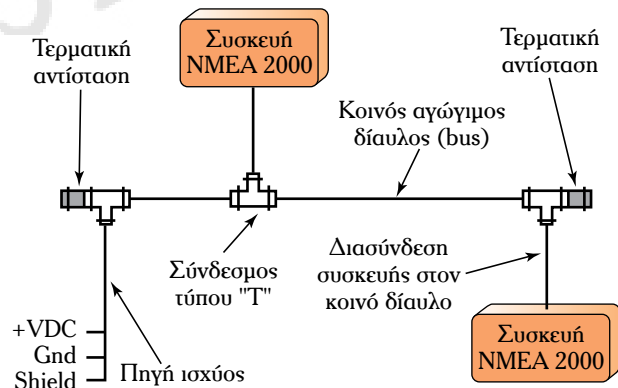
Στο πρωτόκολλο NMEA 2000, η πληροφορία οργανώνεται σε μία σειρά πεδίων ψηφιακών δεδομένων, όμοια μ' αυτήν του πρωτοκόλλου CAN. Όπως προαναφέραμε η σύσταση του πρωτοκόλλου προέ-

κυψε, κατ' ανάλογο τρόπο με τους προβληματισμούς στο χώρο της ναυτιλίας, από την ανάγκη της ικανοποίησης των διαρκώς αυξανόμενων απαιτήσεων αποδοτικής διασυνδέσεως συστημάτων και υποσυστημάτων του αυτοκινήτου (όργανα ενδείξεων, σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου κινητήρα, σύστημα ABS, σύστημα αντισπιναρίσματος, σύστημα κλιματισμού, κεντρικό κλείδωμα θυρών κ.λπ.). Η πρακτική που ακολουθούσαν πριν την εμφάνιση του πρωτοκόλλου CAN, αντιστοιχούσε σε εκείνη του πρωτοκόλλου NMEA 0183 στη ναυτιλία, δηλαδή η διασύνδεση των επιμέρους συστημάτων υλοποιούνταν με τη μονοδρομική μετάδοση δεδομένων από τα επιμέρους συστήματα σε κεντρικό εγκέφαλο-επεξεργαστή, μέσω αποκλειστικών ζεύξεων-γραμμών.



**Σχ. 23.4ε**

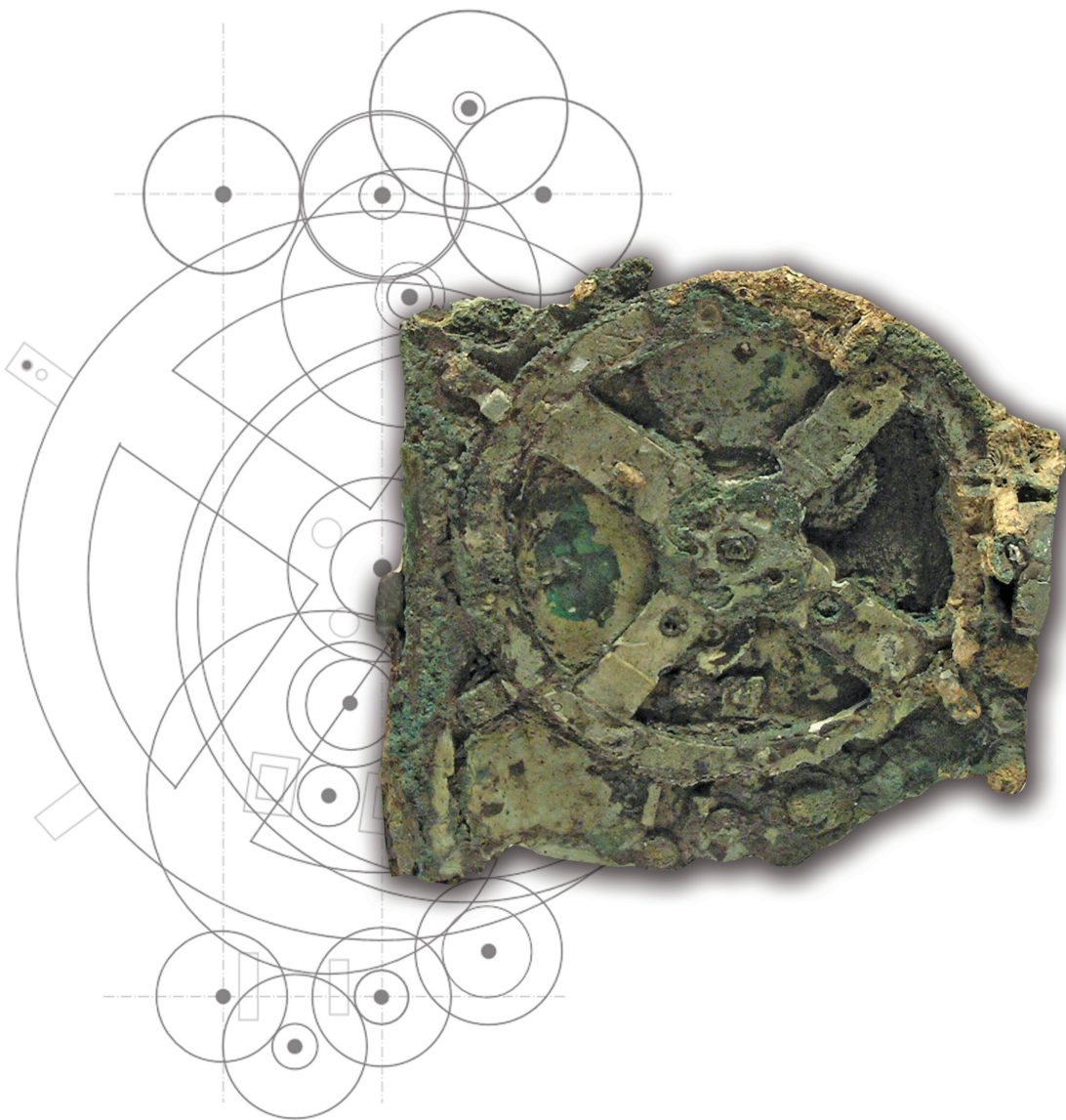
Τυπικοί σύνδεσμοι του πρωτοκόλλου NMEA 2000.



**Σχ. 23.4στ**

Συνδεομολογία συσκευών και εξαρτημάτων στο πρωτόκολλο NMEA 2000.





*Θραύσμα του μηχανισμού των Αντικυθήρων (2ος αι. π.Χ.),  
του αρχαιότερου οργάνου-αναλογικού υπολογιστή.  
Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.*

Κωδικός Βιβλίου: 0-24-0456  
ISBN 978-960-337-086-4

ITYE

"ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ"



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΕΚΔΟΣΕΩΝ



(01) 000000 0 24 0456 1